İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM ALANINDA PROJE ESASLI ÇALIŞAN FİRMALARDA ÜRÜN GELİŞTİRME SÜREÇLERİNDEKİ BOZUCU ETMENLERİN MODELLENMESİ VE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Nermin SÖKMEN

İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

İşletme Mühendisliği Programı

EKİM 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM ALANINDA PROJE ESASLI ÇALIŞAN FİRMALARDA ÜRÜN GELİŞTİRME SÜREÇLERİNDEKİ BOZUCU ETMENLERİN MODELLENMESİ VE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Nermin SÖKMEN
(507032005)

İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

İşletme Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ

EKİM 2011

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507032005 numaralı Doktora Öğrencisi **Nermin SÖKMEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"BİLİŞİM ALANINDA PROJE ESASLI ÇALIŞAN FİRMALARDA ÜRÜN GELİŞTİRME SÜREÇLERİNDEKİ BOZUCU ETMENLERİN MODELLENMESİ VE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Eş Danışman :	**Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Demet BAYRAKTAR** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. M. Mutlu YENİSEY İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. Bülent ÖRENCİK TÜBİTAK BİLGEM	.....
	Prof. Dr. Oya KALIPSIZ Yıldız Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **14 Şubat 2011**
Savunma Tarihi : **26 Ekim 2011**

Anneme,

ÖNSÖZ

Bilişim alanında ürün geliştiren firmalar, ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca çok farklı zorluklarla karşı karşıya gelir. Ürün gereksinimlerine, ürün geliştirme stratejisine, ürünün yenilik düzeyine, teknik çevreye, proje yöneticisinin ve ekibin yetkinlik düzeylerine, müşteri bağımlılıklarına ve dış çevre bağımlılıklarına bağlı olarak karşılaşılan zorlukların niteliği ve etkisi de farklı olmaktadır. Etkin bir ürün geliştirme süreç modelinin oluşturulabilmesi için süreci olumsuz yönde etkileyen tüm unsurların etki düzeyleriyle birlikte tanımlanmış olması gerekir.

Bu doktora tezi, bilişim alanında ürün geliştiren organizasyonların ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca karşı karşıya kaldıkları sıkıntıları inceler, bu sıkıntıların neden olduğu takvim ve işgücü sapmalarını ortaya çıkartarak süreç performans modellerini oluşturur. Bu araştırmada 44 adet bilişim firmasıyla ve üç adet bilişim enstitüsüyle kapsamlı bir çalışma yürütülmüş, toplam 75 adet proje bilgisine ulaşılmıştır. Ürün geliştirme süreci üzerinde etkili olan bozucu etmenler istatistiksel yöntemlerle ortaya çıkarılmış; bozucu etmenlerin süreç performansını nasıl etkilediği ise çoklu regresyon ve karar ağaçları yöntemleriyle modellenmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi sırasında değerli fikirlerini benimle paylaşarak çalışmama yön veren Sayın Hocam, Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ ve Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ'ye;

Çalışma boyunca desteğini ve görüşlerini esirgemeyen tez izleme jüri üyelerine;

Bu araştırmaya destek olan, emeğini ve bilgisini paylaşan başta Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve REGA yazılım firması olmak üzere EK A'da adı geçen tüm firmaların ve araştırma kurumlarının yöneticilerine;

Birlikte çalıştığımız proje yöneticilerine ve proje ekiplerine;

Doktora yapmam konusunda beni teşvik eden Prof. Dr. Ersin TULUNAY'a;

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında yanımda duran, destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Şubat 2011

Nermin Sökmen
Elektronik ve Haberleşme
Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ 1
1.1 Tezin Amacı 2
1.2 Kapsam 3
1.3 Araştırmanın Katkısı 4
1.4 Araştırmanın Akışı 7
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 9
2.1 Ürün Geliştirme Sıkıntıları 9
2.2 Bozucu Etmen Tanımı 10
2.3 Bilişim Alanında Ürün Geliştirmenin Sıkıntıları 11
2.4 Yazılım Projelerinde Kestirim Yöntemleri 24
2.5 Çalışmanın Literatürdeki Modellerden Farklılığı 28
3. BOZUCU ETMEN MODELLERİ 31
3.1 Ürün Geliştirme Süreç Performansı 32
3.2 Bozucu Etmenlere Genel Bir Bakış 34
3.3 Ürün Gereksinimlerinin Neden Olduğu Sıkıntılar 35
3.3.1 Mevcut gereksinimlerden kaynaklanan problemler 37
3.3.2 Yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan problemler 39
3.3.3 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi 41
3.3.4 Gereksinim kaynaklı sıkıntıların performans üzerindeki etkileri 44
3.4 Müşterinin ya da Son Kullanıcıların Süreç Üzerindeki Etkileri 44
3.5 Teknik Nedenlerden Kaynaklanan Bozucu Etmenler 48
3.5.1 Teknik özelliklerin yerine getirilmesi 48
3.5.2 Geliştirme ortamı ve araçları 52
3.5.3 Genel teknik problemlerin proje performansı üzerindeki etkileri 54
3.6 İnsan kaynaklarının neden olduğu bozucu etmenler 57
3.7 Dış Çevreden Kaynaklanan Bozucu Etmenler 62
3.7.1 Satın alma 63
3.7.2 Alt yükleniciler ve proje ortakları 65
3.8 Proje Ekibinin ve Proje Yöneticisinin Yetkinlik Düzeyleri 69
3.8.1 Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri 72
3.8.2 Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri 73
3.9 Ürünün Yenilik ve Ar-Ge Özellikleri 74
3.9.1 Ürünün yenilik yönü 74
3.9.2 Ürünün Ar-Ge yönü 78
3.10 Ön Hazırlık Çalışmaları, Yeniden Kullanım ve Referans Alınan Yapılar 79
3.10.1 Ön hazırlık çalışmaları 79
3.10.2 Yeniden kullanım 80
3.10.3 Referans alınan yapılar 81
3.11 Tüm Etmenlerin Birlikte Değerlendirilmesi 83
4. MODELLEME YÖNTEMLERİ 85
4.1 Verilerden Bilgi Keşfetme Yaklaşımı 85

4.2 Çok Değişkenli Regresyon Yöntemi 87
4.3 Karar Ağaçları 91
5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ 95
5.1 Örneklemdeki Projelerin Seçimi 95
5.2 Çalışmanın Yürütülmesi 97
5.3 Verilerin Değerlendirilmesi 98
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 101
6.1 Ürünün Yenilik Düzeyi ve Ar-Ge Düzeyi 101
6.2 Ürün Gereksinimleri Sayısı 102
6.3 Temel Bozucu Etmenlerin Sıklığı 105
6.3.1 Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması (GA) 107
6.3.2 Yeni gelen gereksinimlerle ilgili problemler 109
6.3.3 Genel teknik özelliklerle ilgili problemler 110
6.3.4 Müşteri kaynaklı problemler 113
6.3.5 İnsan kaynaklarının neden olduğu problemler 113
6.3.6 Alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu problemler 116
6.3.7 Satın Alma faaliyetlerinden kaynaklanan sıkıntılar 118
6.4 Proje Performansı 120
6.4.1 Proje süre sapması 120
6.4.2 Toplam proje iş gücü sapması 125
6.5 Temel Bozucu Etmenler ve Etkileri 129
6.5.1 Gereksinimlerin anlaşılamaması (GA) ve etkileri 130
6.5.2 Yeni gelen gereksinimler (YGG) ve etkileri 134
6.5.3 Genel teknik problemler (GTP) ve etkileri 136
6.5.4 Müşteri kaynaklı sıkıntılar ve etkileri 140
6.5.5 İnsan kaynakları problemleri (IKP) ve etkileri 142
6.5.6 Satın alma sıkıntıları ve etkileri 144
6.5.7 Alt yükleniciler ya da proje ortakları (AYPO) ve etkileri 146
7. ÖNSAV SINAMALARI 149
7.1 Süre Sapmaları ile Temel Bozucu Etmenler 149
7.1.1 Temel bozucu etmenlerin genel görünümü 149
7.1.2 Temel bozucu etmenlerin önsav sınamaları 150
7.1.3 Alt etmenlerin temel bozucu etmenler üzerindeki etkileri 155
7.1.4 Temel bozucu etmenlerin ilişki şemaları 157
7.2 Süre Sapmaları ile Dolaylı Etmenler 159
7.2.1 Proje ekibinin yetkinliği 160
7.2.1.1 Veri yapıları 160
7.2.1.2 Ekip yetkinliği önsav sınamaları 162
7.2.1.3 Ekip yetkinliği ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişkiler 164
7.2.2 Proje yöneticisinin (PY) yetkinliği 165
7.2.2.1 PY yetkinliği ile süre sapmaları 165
7.2.2.2 PY yetkinlik düzeyleri ile temel bozucu etmenler 167
7.2.2.3 PY grupları arasındaki karşılaştırmalar 169
7.2.3 Yetkinlik düzeylerinin temel bozucu etmenler üzerindeki etkisi 175
7.2.4 Ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumları 176
7.2.4.1 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile süre sapmaları 176
7.2.4.2 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile temel bozucu etmenler 178
7.2.4.3 Gereksinim tanımlamaları arasındaki karşılaştırmalar 180
7.2.4.4 Gereksinim tanımlarının bozucu etmenler üzerindeki etkisi 186
7.2.5 İnsan kaynakları koordinasyonu ve eğitimi 186

7.2.6 Müşteri desteği 188
7.2.6.1 Müşteri desteği ile süre sapmaları 188
7.2.6.2 Müşteri desteği ile temel bozucu etmenler 189
7.2.7 Projenin Ar-Ge yönü 191
7.2.7.1 Ar-Ge düzeyleri ile süre sapmaları 191
7.2.7.2 Ar-Ge düzeyleri ile temel bozucu etmenler 194
7.2.8 Ürünün yenilik yönü 198
7.2.8.1 Yenilik düzeyleri ile süre sapmaları 199
7.2.8.2 Yenilik düzeyleri ile temel bozucu etmenler 202
7.2.9 Proje ön hazırlık çalışmaları 205
7.2.10 Yeniden kullanım 210
7.2.11 Referans alınan ürünler ya da yapılar 212
7.2.12 Ön hazırlık, yeniden kullanım ve referans yapılar 215
7.2.13 Geliştirilen ürünün niteliği 216
7.3 İş Gücü Sapma Değerlerinin Önsav Sınamaları 218
7.3.1 Temel bozucu etmenler ile iş gücü sapmaları 219
7.3.2 İş gücü sapmaları ile dolaylı etmenler 224
7.3.3 Proje ekibinin yetkinliği ile iş gücü sapmaları 225
7.3.4 Proje yönetisinin yetkinliği ile iş gücü sapmaları 226
7.3.5 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapmaları 228
7.3.6 İnsan kaynakları koordinasyonu ve eğitimi 230
7.3.7 Müşteri desteği ile iş gücü sapmaları 231
7.3.8 Ürünün Ar-Ge yönü ile iş gücü sapmaları 232
7.3.9 Ürünün yenilik yönü ile iş gücü sapmaları 233
7.3.10 Proje ön hazırlık çalışmaları ile iş gücü sapmaları 235
7.3.11 Yeniden kullanım ile iş gücü sapmaları 236
7.3.12 Referans alınan yapılar ile iş gücü sapmaları 237
7.3.13 Geliştirilen ürünün niteliği ile iş gücü sapmaları 238
7.4 Bozucu Etmenler ile Süre ve İş Gücü Sapmaları 239
8. REGRESYON ANALİZİ YÖNTEMİYLE MODELLEME 241
8.1 Tahmin Modelleri için Doğrusallık Sınamaları 241
8.1.1 Sapma miktarları tahmin modeli için doğrusallık sınaması 241
8.1.2 Sapma oranları tahmin modeli için doğrusallık sınaması 244
8.2 Model 1- Sapma Miktarı Regresyon Modeli 246
8.2.1 Model oluşturma 246
8.2.2 Model 1'in doğrulanması 247
8.2.2.1 Katsayıların anlamlılığı 247
8.2.2.2 Çoklu doğrusal bağlantı 248
8.2.2.3 Regresyon hataları 249
8.2.2.4 Sabit varyans 251
8.2.2.5 Etkili vakalar 252
8.3 Yeni Model 1- Sapma Miktarı Regresyon Modeli 252
8.3.1 Model oluşturma ve katsayıların anlamlılığı 252
8.3.1.1 Çoklu doğrusal bağlantı 254
8.3.1.2 Regresyon hataları 255
8.3.1.3 Sabit Varyans 255
8.4 Model 2- Sapma Oranları Regresyon Modeli 256
8.4.1 Model oluşturma 256
8.4.2 Model 2'nin doğrulanması 259
8.4.2.1 Katsayıların anlamlılığı 259

8.4.2.2 Çoklu doğrusal bağlantı 259
8.4.2.3 Regresyon hataları 260
8.4.2.4 Sabit varyans 262
8.4.2.5 Etkili vakalar 262
8.5 Yeni Model 2- Sapma Oranı Regresyon Modeli 263
8.5.1 Model oluşturma ve katsayıların anlamlılığı 263
8.5.2 Çoklu doğrusal bağlantı 265
8.5.3 Regresyon hataları 266
8.5.4 Sabit Varyans 266
8.6 Gölge Değişkenlere Göre Sapma Regresyon Modelleri 267
8.6.1 Gölge değişkenlerin seçimi 267
8.6.2 Model 3- Referans yapıların kullanılma durumu 271
8.6.2.1 Model oluşturma 271
8.6.2.2 Model 3'ün doğrulanması 273
8.6.3 Model 4-Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi 275
8.6.3.1 Model oluşturma 275
8.6.3.2 Model doğrulama 277
8.6.4 Model 5- Proje ön hazırlık çalışmaları 280
8.6.4.1 Model oluşturma 280
8.6.4.2 Model doğrulama 283
9. KARAR AĞACI YÖNTEMİYLE MODELLEME 287
9.1 Model Değişkenleri ve Ön Koşullar 287
9.2 Temel Bozucu Etmenlere Göre Süre Sapma Modelleri 288
9.2.1 Gereksinimlerin anlaşılamamasına göre süre sapma modeli 289
9.2.1.1 Karar modelini oluşturma 289
9.2.1.2 Karar modelini değerlendirme 289
9.2.1.3 Modelin doğrulanması 291
9.2.2 Yeni gelen gereksinimlere göre süre sapma modeli 296
9.2.2.1 Karar modelini oluşturma 296
9.2.2.2 Karar modelini değerlendirme 296
9.2.2.3 Modelin doğrulanması 298
9.3 Temel Bozucu Etmenlerin Modellenmesi 303
9.3.1 GA kaynaklı sapmaların modellenmesi 303
9.3.1.1 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyine göre GA Sapmaları 304
9.3.1.2 Proje ön hazırlık durumuna göre GA sapmaları 308
9.3.2 GTP kaynaklı sapmaların modellenmesi 313
9.3.2.1 Karar modelini oluşturma ve değerlendirme 313
9.3.2.2 Karar modelinin doğrulanması 315
9.3.3 YGG kaynaklı sapmaların modellenmesi 318
9.3.3.1 Karar modelini oluşturma ve değerlendirme 318
9.3.3.2 Karar modelinin doğrulanması 320
9.3.4 Satın alma kaynaklı sapmaların modellenmesi 323
9.3.4.1 Karar modelini oluşturma ve değerlendirme 323
9.3.4.2 Karar modelinin doğrulanması 325
9.4 Dolaylı Etmenlere Göre Süre Sapmalarının Modellenmesi 328
9.4.1 Karar modellerini oluşturma ve değerlendirme 328
9.4.1.1 PY yönetim yetkinliğine göre sapmaların modellenmesi 330
9.4.1.2 Gereksinim durumuna göre sapmaların modellenmesi 331
9.4.2 Modellerin doğrulanması 333
9.4.2.1 Tahmin ve gerçek değerlerinin karşılaştırılması 333

9.4.2.2 Kazanç ve kaldıraç değerleri: 336
10. SONUÇ VE ÖNERİLER 341
10.1 Temel Bozucu Etmenlere Göre Süre Sapmaları 342
10.1.1 Oluşma sıklığı 342
10.1.2 Etkileri 343
10.1.2.1 İlişki analizleri 343
10.1.2.2 Doğrusallık sınamaları 345
10.1.3 Temel bozucu etmenlerin bileşenleri 345
10.2 Temel Bozucu Etmenlere Göre İş Gücü Sapmaları 346
10.3 Dolaylı Etmenlerin Etkisi 347
10.3.1 Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri ve etkileri 347
10.3.2 Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri 348
10.3.3 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi 349
10.3.4 İnsan kaynakları koordinasyonu ve eğitimi 349
10.3.5 Müşteri katılımı ya da desteği 350
10.3.6 Ürünün Ar-Ge yönü 351
10.3.7 Ürünün yenilik yönü 351
10.3.8 Ön hazırlık çalışmaları 353
10.3.9 Yeniden kullanım 353
10.3.10 Referans alınan yapılar 355
10.3.11 Ürünün niteliği 355
10.4 Regresyon Modelleri 356
10.4.1 Süre sapma miktarı regresyon modeli 357
10.4.2 Süre sapma oranı regresyon modeli 357
10.4.3 Referans alınan yapılara göre regresyon modeli 357
10.4.4 Proje yöneticisinin tecrübesine göre regresyon modeli 358
10.4.5 Ön hazırlık çalışmalarına göre regresyon modeli 358
10.5 Karar Ağacı Modelleri 358
10.5.1 Süre sapmalarında temel bozucu etmenlerin etkisi 359
10.5.1.1 Karar modeli 1-GA'ya göre süre sapmaları 359
10.5.1.2 Karar modeli 2-YGG'ye göre süre sapmaları 360
10.5.2 Temel bozucu etmenleri etkileyen diğer unsurlar 360
10.5.2.1 Karar modeli 3- gereksinim tanımlarına göre GA modeli 360
10.5.2.2 Karar modeli 4- ön hazırlık çalışmalarına göre GA sapmaları 361
10.5.2.3 Karar modeli 5: GTP kaynaklı sapmalar 361
10.5.2.4 Karar modeli 6: YGG kaynaklı sapmalar 361
10.5.2.5 Karar modeli 7: satın alma kaynaklı sapmalar 362
10.5.3 Dolaylı etmenlere göre süre sapmalarının modellenmesi 362
10.5.3.1 Karar modeli 8: PY yönetim yetkinliğine göre sapma oranları 362
10.5.3.2 Karar modeli 9: gereksinim durumuna göre sapma oranları 363
10.6 Öneriler 364
KAYNAKLAR 365
EKLER 381
ÖZGEÇMİŞ 401

KISALTMALAR

Ar-Ge : Araştırma ve Geliştirme
AHP : Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarji Süreci)
Anl. : Anlamlılık
AYPO : Alt Yükleniciler ve Proje Ortakları
Bkz. : Bakınız
BKT : Bütün Kareler Toplamı
BT : Bilgi Teknolojileri
BTE : Bilişim Teknolojileri Enstitüsü
CART : Classification and Regression Tree (Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı)
CBR : Case Based Reasoning (Durum Tabanlı Çıkarsama)
CHAID : Chi-squared Automatic Interaction Detection (Otomatik Ki-kare Etkileşim Belirleme Analizi)
CI : Condition Index (Koşul Durumu)
COCOMO : Constructive Cost Model (Yapısal Maliyet Modeli)
DW : Durbin Watson
EBA : Effort Estimation by Analogy (Karşılaştırmaya Dayalı İş Gücü Kestirimi)
FN : Fonksiyon Nokta
FNA : Fonksiyon Nokta Analizi
GA : Gereksinimlerin Anlaşılamaması
GP : Genetic Programming (Genetik Programlama)
GT : Genel Teknik
GTD : Gereksinimlerin Tanımlanma Düzeyi
GTP : Genel Teknik Problemler
GUI : Graphical User Interface (Grafik Kullanıcı Arayüzü)
HKT : Hata Kareleri Toplamı
IBM-FSD : IBM Federal Systems Division
İK : İnsan Kaynakları
İKP : İnsan Kaynakları Problemleri
İS : İş gücü Sapma Miktarı
İSO : İş gücü Sapma Oranları
Kats. : Katsayı
KOBİ : Küçük, Orta ve Büyük Ölçekli İşletmeler
Kor. : Korelasyon
MART : Multiple Additive Regression Trees (Çoklu Toplamsal Regresyon Ağacı)
MTBF : Mean Time Between Failures (Arızalar Arası Geçen Süre)
MTTF : Mean Time to Repair (Arızayı Çözme Süresi)
PMI-ISSIG : Project Management Institute- Information Systems Specific Interest Group (Proje Yönetimi Enstitüsü-Bilgi Sistemleri Özel İlgi Grubu)
PNN : Probabilistic Neural Network (Probabilistik Sinir Ağları)
PY : Proje Yöneticisi
RKT : Regresyon Kareleri Toplamı

SA : Satın Alma
SaaS : Software As a Service (Hizmet Olarak Yazılım)
SAP : Satın Alma Problemleri
SDC : Systems Development Corporation (Sistem Geliştirme Şirketi)
SEER : Software Evaluation and Estimation of Resources (Yazılım Değerlendirme ve Kaynak Kestirimi)
SEI : Software Engineering Institute (Yazılım Mühendisliği Enstitüsü)
SLIM : Software Lifecycle Management (Yazılım Yaşam Döngüsü Yönetimi)
SLOC : Line of Source Code (Kaynak Kodu Satır Sayısı)
SPQR : Software Productivity Quality and Reliability (Yazılım Verimlilik Kalite ve Güvenilirlik)
SS : Süre Sapma Miktarı
SSO : Süre Sapma Oranları
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VBF : Verilerden Bilgi Keşfetme
VIF : Variance Inflation Factor (Varyans Şişirme Faktörü)
YGG : Yeni Gelen Gereksinimler
YGYD : Yazılım Geliştirme Yaşam Döngüsü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Müşteri ve gereksinim kaynaklı riskler. 20
Çizelge 2.2 : Tasarım, gerçekleştirme ve testlerle ilgili riskler. 21
Çizelge 2.3 : Ekip elemanlarından ve proje yönetiminden kaynaklanan riskler. 22
Çizelge 2.4 : Yazılım kestirim modelleri (Boehm ve Valerdi, 2008)..... 24
Çizelge 3.1 : Proje performansını etkileme durumlarına göre bozucu etmenler. 34
Çizelge 5.1 : Analizlerde kullanılan yöntemler. 99
Çizelge 6.1 : Salt yazılım projelerinde gereksinim sayıları ilişkileri (N=50). 104
Çizelge 6.2 : Sistem projelerinde gereksinim sayıları ilişkileri (N=25). 105
Çizelge 6.3 : AY ve PO etkileri. 117
Çizelge 6.4 : Teslimat sürelerindeki gecikmeler (n=31). 118
Çizelge 6.5 : Proje süreleri (n=75). 120
Çizelge 6.6 : Sapma değerlerinin ayrıntılı istatistik tablosu. 122
Çizelge 6.7 : Sapma değerlerinin normallik sınaması. 122
Çizelge 6.8 : Dönüştürülmüş süre sapma değerlerinin normallik sınaması..... 124
Çizelge 6.9 : Dönüştürülmüş değerlerin ayrıntılı istatistik tablosu. 125
Çizelge 6.10 : Projelerdeki toplam iş gücü (n=75). 126
Çizelge 6.11 : İş gücü sapmaları ayrıntılı istatistik tablosu. 127
Çizelge 6.12 : Dönüştürülmüş iş gücü değerlerinin normallik sınaması. 128
Çizelge 6.13 : Dönüştürülmüş iş gücü değerlerinin istatistik tablosu. 129
Çizelge 6.14 : GA etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu. 131
Çizelge 6.15 : Alt bileşenlerin GA üzerindeki etkileri. 133
Çizelge 6.16 : GA alt bileşenlerinin ayrıntılı istatistik tablosu..... 134
Çizelge 6.17 : YGG etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu..... 135
Çizelge 6.18 : GTP etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu..... 136
Çizelge 6.19 : GTP alt bileşenlerinin tetiklenme durumu. 138
Çizelge 6.20 : GTP alt bileşenlerinin sapma miktarları istatistik tablosu..... 139
Çizelge 6.21 : GTP alt bileşenlerinin sapma oranları istatistik tablosu. 140
Çizelge 6.22 : Müşteri etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu. 141
Çizelge 6.23 : İnsan kaynakları etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu. 142
Çizelge 6.24 : Süreksizlik ve temin etmenlerinin ayrıntılı istatistik tablosu. 143
Çizelge 6.25 : Alt bileşenlerin İK üzerindeki etkisi. 144
Çizelge 6.26 : Satın alma etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu. 145
Çizelge 6.27 : AYPO etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu. 146
Çizelge 7.1 : Temel bozucu etmenler ile süre sapma miktarları arasındaki ilişkiler. 151
Çizelge 7.2 : Sapma miktarları önsav sınamaları. 152
Çizelge 7.3 : Temel bozucu etmenler ile süre sapma oranları arasındaki ilişkiler[a]. 154
Çizelge 7.4 : Sapma oranları önsav sınamaları. 155
Çizelge 7.5 : Sapma miktarlarına göre alt bileşenlerle olan ilişkiler. 156
Çizelge 7.6 : Sapma oranlarına göre alt bileşenlerle olan ilişkiler. 156
Çizelge 7.7 : Ekip yetkinliği ayrıntılı istatistik tablosu. 162

Çizelge 7.8 : Ekip yetkinliği ile proje süreleri arasındaki ilişki. 163
Çizelge 7.9 : Ekip yetkinliği önsavlarının sınama sonuçları. 163
Çizelge 7.10 : Ekip yetkinliği ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişki. 164
Çizelge 7.11 : PY yetkinlik düzeyleri ile proje süreleri arasındaki ilişki. 166
Çizelge 7.12 : PY önsavlarının sınama sonuçları. 166
Çizelge 7.13 : PY yetkinlik düzeyleri ile temel bozucu etmenler. 167
Çizelge 7.14 : PY yönetim tecrübesi grupları arasındaki fark. 170
Çizelge 7.15 : PY yönetim tecrübesi ve süre sapmaları. 171
Çizelge 7.16 : PY alan uzmanlığı grupları arasındaki fark. 172
Çizelge 7.17 : PY alan uzmanlığı ve süre sapmaları. 173
Çizelge 7.18 : PY teknik tecrübe grupları arasındaki fark. 174
Çizelge 7.19 : PY teknik tecrübe ve süre sapmaları. 174
Çizelge 7.20 : Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile süre sapma değerleri. 177
Çizelge 7.21 : Süre sapmalarına göre gereksinim düzeyleri önsavları. 177
Çizelge 7.22 : Gereksinim düzeyleri ile temel bozucu etmenler. 178
Çizelge 7.23 : Operasyonel gereksinimlerin düzeyleri arasındaki fark. 181
Çizelge 7.24 : Operasyonel gereksinimlere göre süre sapmaları. 181
Çizelge 7.25 : İşlevsel gereksinimlerin düzeyleri arasındaki fark. 183
Çizelge 7.26 : İşlevsel gereksinimlere göre süre sapmaları. 183
Çizelge 7.27 : Tasarım gereksinimlerinin düzeyleri arasındaki fark. 185
Çizelge 7.28 : Tasarım gereksinimlerine göre süre sapmaları. 185
Çizelge 7.29 : Koordinasyon ve eğitim sıkıntılarının etkisi. 187
Çizelge 7.30 : Süre sapmalarına göre İK koordinasyonu ve eğitimi önsavları. 187
Çizelge 7.31 : Müşteri desteği ile süre sapmaları arasındaki ilişkiler. 188
Çizelge 7.32 : Müşteri desteğine göre süre sapma değerleri. 189
Çizelge 7.33 : Bozucu etmenlerin sapma miktarları ile müşteri desteği. 190
Çizelge 7.34 : Müşteri desteğine göre bozucu etmenlerin sapma değerleri. 191
Çizelge 7.35 : Süre sapmalarına göre Ar-Ge düzeyleri önsavları. 192
Çizelge 7.36 : Ar-Ge düzeyleri ile proje süreleri arasındaki ilişkiler. 193
Çizelge 7.37 : Ar-Ge düzeylerine göre proje süreleri. 194
Çizelge 7.38 : Ar-Ge düzeyleri ile temel bozucu etmenlerin ilişkisi-1. 195
Çizelge 7.39 : Ar-Ge gruplarına göre bozucu etmenlerin sapma miktarları. 196
Çizelge 7.40 : Ar-Ge düzeyleri ile temel bozucu etmenlerin ilişkisi-2. 197
Çizelge 7.41 : Ar-Ge gruplarına göre bozucu etmenlerin sapma oranları. 198
Çizelge 7.42 : Yenilik düzeylerine göre proje süreleri. 200
Çizelge 7.43 : Yenilik düzeylerinin proje süresi üzerindeki etkisi. 201
Çizelge 7.44 : Yenilik düzeyleri önsavlarının sınama sonuçları. 202
Çizelge 7.45 : Yenilik düzeylerinin bozucu etmenler üzerindeki etkisi. 202
Çizelge 7.46 : Yenilik grupları arasındaki ikili karşılaştırmalar. 204
Çizelge 7.47 : Yenilik düzeylerine göre bozucu etmenlerin süre sapmaları. 205
Çizelge 7.48 : Proje ön hazırlık önsavlarının sınama sonuçları. 206
Çizelge 7.49 : Ön hazırlık çalışmaları ile süre sapma miktarları. 207
Çizelge 7.50 : Ön hazırlık çalışmaları ile süre sapma oranları. 208
Çizelge 7.51 : Ön hazırlık durumlarına göre sapmaların büyüklüğü. 209
Çizelge 7.52 : Yeniden kullanım önsavlarının sınama sonuçları. 210
Çizelge 7.53 : Yeniden kullanım ile süre sapmaları arasındaki ilişki. 211
Çizelge 7.54 : Yeniden kullanıma göre süre sapma değerleri. 212
Çizelge 7.55 : Referans yapı önsavlarının sınama sonuçları. 213
Çizelge 7.56 : Referans yapılar ile süre sapmaları arasındaki ilişki. 214
Çizelge 7.57 : Referans alınan yapılara göre süre sapmaları. 215

Çizelge 7.58 : Proje sürelerine göre ürün niteliği grupları arasındaki fark. 217
Çizelge 7.59 : Ürün niteliğine göre süre sapmaları. 218
Çizelge 7.60 : Süre ve iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler. 219
Çizelge 7.61 : İş gücü sapma miktarlarına göre bozucu etmenlerin etkisi. 220
Çizelge 7.62 : İş gücü sapma oranlarına göre bozucu etmenlerin etkisi. 221
Çizelge 7.63 : İş gücü sapmalarında bozucu etmenlerin etkisi önsavları. 222
Çizelge 7.64 : Temel bozucu etmenlere göre iş gücü sapma değerleri. 224
Çizelge 7.65 : Ekip yetkinliği ile iş gücü sapmaları arasındaki ilişkiler. 225
Çizelge 7.66 : İş gücü sapmalarına göre ekip yetkinliği önsavları. 226
Çizelge 7.67 : PY yetkinliği ile iş gücü sapmaları arasındaki ilişkiler. 227
Çizelge 7.68 : İş gücü sapmalarına göre PY önsavları. 227
Çizelge 7.69 : Gereksinim düzeyleri ile iş gücü ilişkileri. 228
Çizelge 7.70 : Gereksinim düzeylerine göre iş gücü sapmaları. 229
Çizelge 7.71 : İş gücü sapmalarına göre gereksinimlerin tanımlanma düzeyi önsavları. 229
Çizelge 7.72 : İş gücü sapmalarında koordinasyon ve eğitim sıkıntılarının etkisi. . 230
Çizelge 7.73 : İş gücü değerlerine göre İK koordinasyonu ve eğitimi önsavları. ... 230
Çizelge 7.74 : Müşteri desteği ile iş gücü değerleri arasındaki ilişkiler. 231
Çizelge 7.75 : Müşteri desteğine göre iş gücü sapma değerleri. 231
Çizelge 7.76 : Ar-Ge düzeylerine göre iş gücü değerlerinin anlamlılığı. 232
Çizelge 7.77 : Ar-Ge düzeylerine göre iş gücü değerleri. 233
Çizelge 7.78 : Ar-Ge düzeylerine göre iş gücü sapmaları önsavları. 233
Çizelge 7.79 : Yenilik düzeylerine göre iş gücü değerleri. 233
Çizelge 7.80 : Yenilik düzeylerine göre iş gücü değerleri. 234
Çizelge 7.81 : Yenilik düzeylerine göre iş gücü sapmaları önsavları. 234
Çizelge 7.82 : Ön hazırlık çalışmaları ile iş gücü arasındaki ilişki. 235
Çizelge 7.83 : Ön hazırlık çalışmalarına göre iş gücü değerleri önsavları. 235
Çizelge 7.84 : Ön hazırlık çalışmalarına göre iş gücü sapmaları. 236
Çizelge 7.85 : Yeniden kullanım ile iş gücü değerleri arasındaki ilişki. 236
Çizelge 7.86 : Yeniden kullanım durumuna göre iş gücü değerleri. 237
Çizelge 7.87 : Yeniden kullanım durumuna göre iş gücü sapmaları önsavları. 237
Çizelge 7.88 : Referans alınan yapılar ile iş gücü değerleri arasındaki ilişki. 238
Çizelge 7.89 : Referans yapılara göre iş gücü sapmaları önsavları. 238
Çizelge 7.90 : Ürün niteliğine göre iş gücü değerleri. 238
Çizelge 7.91 : Bozucu etmenler ile süre ve iş gücü değerleri. 239
Çizelge 8.1 : Sapma miktarlarının tahmin modeli için doğrusallık sınaması. 242
Çizelge 8.2 : Sapma oranlarının tahmin modeli için doğrusallık sınaması. 244
Çizelge 8.3 : Model 1'in Anova tablosu. 246
Çizelge 8.4 : Model 1'in anlamlılık sınaması. 246
Çizelge 8.5 : Model 1'in regresyon katsayıları. 247
Çizelge 8.6 : Model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1 248
Çizelge 8.7 : Model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2 249
Çizelge 8.8 : Model 1 için hataların normallik sınaması. 249
Çizelge 8.9 : Model 1'deki hata durumları. 250
Çizelge 8.10 : Yeni model 1'in regresyon katsayıları. 253
Çizelge 8.11 : Yeni model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1. 254
Çizelge 8.12 : Yeni model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2. 255
Çizelge 8.13 : Yeni model 1 için hataların normallik sınaması. 255
Çizelge 8.14 : Yeni model 1'in değişen varyans sınaması. 255
Çizelge 8.15 : Model 2 regresyonu için Anova tablosu 256

Çizelge 8.16 : Model 2'nin anlamlılık sınaması. 257
Çizelge 8.17 : Model 2'nin regresyon katsayıları. 257
Çizelge 8.18 : Model 2 için adım adım regresyon uygulaması. 259
Çizelge 8.19 : Model 2'nin çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1. 260
Çizelge 8.20 : Model 2'nin çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2. 260
Çizelge 8.21 : Model 2 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması. 261
Çizelge 8.22 : Model 2'deki uç değerler tablosu. 261
Çizelge 8.23 : Model-2 için Değişen Varyans Sınaması 262
Çizelge 8.24 : Yeni model 2'nin Anova Tablosu. 263
Çizelge 8.25 : Yeni model 2'nin anlamlılık sınaması**.** 263
Çizelge 8.26 : Yeni model 2'nin regresyon katsayıları. 264
Çizelge 8.27 : Yeni model 2'nin çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1. 265
Çizelge 8.28 : Yeni model 2'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2. 265
Çizelge 8.29 : Yeni Model 2'nin hata terimlerinin normallik sınaması. 266
Çizelge 8.30 : Yeni model 2 için değişen varyans sınaması. 267
Çizelge 8.31 : Olası gölge değişkenleri listesi. 268
Çizelge 8.32 : Kategorik değişkenlerde varyans ve ortalama eşitliği. 269
Çizelge 8.33 : Model 3 regresyonu için Anova tablosu[b]. 271
Çizelge 8.34 : Model 3'ün anlamlılık sınaması. 272
Çizelge 8.35 : Model 3'ün regresyon katsayıları. 272
Çizelge 8.36 : Model-3'ün çoklu doğrusal bağlantı tablosu. 274
Çizelge 8.37 : Model 3 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması. 274
Çizelge 8.38 : Model 4'ün anlamlılık sınaması. 276
Çizelge 8.39 : Model 4'ün Anova tablosu. 276
Çizelge 8.40 : Model 4'ün regresyon katsayıları. 276
Çizelge 8.41 : Model-4'ün çoklu doğrusal bağlantı tablosu. 278
Çizelge 8.42 : Model 4 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması. 278
Çizelge 8.43 : Model 5'in anlamlılık sınaması. 280
Çizelge 8.44 : Model 5'in Anova tablosu. 281
Çizelge 8.45 : Model 5'in regresyon katsayıları. 281
Çizelge 8.46 : Model 5'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu. 283
Çizelge 8.47 : Model 5 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması. 284
Çizelge 9.1 : Hedef değişkenlerin tanımı. 288
Çizelge 9.2 : Model 1'in girdi parametreleri. 289
Çizelge 9.3 : Karar modeli 1-genel karşılaştırma. 292
Çizelge 9.4 : Karar modeli 1-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. . 292
Çizelge 9.5 : Karar modeli 1-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 293
Çizelge 9.6 : Karar modeli 2-genel karşılaştırma. 298
Çizelge 9.7 : Karar modeli 2-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. . 298
Çizelge 9.8 : Karar modeli 2-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 299
Çizelge 9.9 : Model 3 ve model 4'ün girdi parametreleri. 303
Çizelge 9.10 : Karar modeli 3-genel karşılaştırma. 305
Çizelge 9.11 : Karar modeli 3-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. 305
Çizelge 9.12 : Karar modeli 3-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 306
Çizelge 9.13 : Karar modeli 4-genel karşılaştırma. 310
Çizelge 9.14 : Karar modeli 4-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. 310
Çizelge 9.15 : Karar modeli 4-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 311
Çizelge 9.16 : Model 5'in girdi parametreleri. 314
Çizelge 9.17 : Karar modeli 5-genel karşılaştırma. 316
Çizelge 9.18 : Karar modeli 5-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. 316

Çizelge 9.19 : Karar modeli 5-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 316
Çizelge 9.20 : Model 6-genel karşılaştırma tablosu. 320
Çizelge 9.21 : Karar modeli 6-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. 320
Çizelge 9.22 : Model 6-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 321
Çizelge 9.23 : Model 7'nin girdi parametreleri. 323
Çizelge 9.24 : Karar modeli 7-genel karşılaştırma tablosu..... 325
Çizelge 9.25 : Karar modeli 7-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. 325
Çizelge 9.26 : Karar modeli 7-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 326
Çizelge 9.27 : Karar modeli 8'in girdi parametreleri. 329
Çizelge 9.28 : Karar modeli 9'un girdi parametreleri..... 329
Çizelge 9.29 : Karar modeli 8- genel karşılaştırma tablosu..... 333
Çizelge 9.30 : Karar modeli 9- genel karşılaştırma tablosu..... 333
Çizelge 9.31 : Karar modeli 8-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. 334
Çizelge 9.32 : Karar modeli 9-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri. 334
Çizelge 9.33 : Karar modeli 8-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 335
Çizelge 9.34 : Karar modeli 9-gerçek ve tahmin değerleri tablosu. 335
Çizelge A.1 : Çalışmaya katılan firmalar. 382
Çizelge B.1 : Proje ve dış çevre bağımlılıklarıyla ilgili riskler. 384
Çizelge C.1 : Genel proje bilgileri..... 385
Çizelge C.2 : Gereksinim kaynaklı sıkıntılar. 386
Çizelge C.3 : Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi..... 387
Çizelge C.4 : Müşterilerin ya da son kullanıcıların etkileri..... 388
Çizelge C.5 : Genel teknik zorlukların neden olduğu sıkıntılar. 389
Çizelge C.6 : Çalışma ortamı sıkıntıları. 390
Çizelge C.7 : İnsan kaynakları sıkıntıları. 391
Çizelge C.8 : Satın alma sıkıntıları. 392
Çizelge C.9 : AYPO sıkıntıları. 393
Çizelge C.10 : Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri. 394
Çizelge C.11 : Ürün özellikleri. 395
Çizelge C.12 : Türetilmiş değişkenler. 396

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Araştırmanın akışı. 8
Şekil 3.1 : Gereksinim kaynaklı sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkileri**.** .. 44
Şekil 3.2 :Müşterilerin proje performansı üzerindeki etkisi. 48
Şekil 3.3 : Teknik özelliklerin yerine getirilmesi ile ilgili sıkıntılar ve sapmalar. 52
Şekil 3.4 : Genel teknik sıkıntılar ve sapmalar. 55
Şekil 3.5 : İnsan kaynaklarının proje performansı üzerindeki etkisi. 61
Şekil 3.6 : Satın alma sıkıntılarının proje performansı üzerindeki etkisi. 65
Şekil 3.7 : Alt yüklenicilerin ve proje ortaklarının proje performansı üzerindeki etkisi..... 69
Şekil 3.8 : Bozucu etmenlerin proje performansı üzerindeki etkisi..... 84
Şekil 5.1 : Proje özelliği (a) alanlar (b) ürün niteliği (c) proje niteliği. 96
Şekil 6.1 : Ar-Ge ve yenilik düzeyleri (a) Ar-Ge düzeyleri (b) yenilik düzeyleri... 101
Şekil 6.2 : Gereksinim sayıları (a) müşteri (b) sistem (c) yazılım (d) donanım. 103
Şekil 6.3 : Temel bozucu etmenler**.** 106
Şekil 6.4 : Gereksinimlerin anlaşılamamasının nedenleri. 108
Şekil 6.5 : Yeni gereksinimlerin gelme aşaması..... 110
Şekil 6.6 : Genel teknik problemlerin alt sınıfları. 111
Şekil 6.7 : Çalışma ortamıyla ilgili sıkıntılar..... 112
Şekil 6.8 : İnsan kaynakları problemlerinin nedenleri..... 114
Şekil 6.9 : İnsan kaynaklarının süreksizliği ve etkileri..... 114
Şekil 6.10 : İnsan kaynaklarının temininde yaşanan sıkıntılar. 115
Şekil 6.11 : İnsan kaynakları problemlerinin etkisi. 116
Şekil 6.12 : AY ve PO kaynaklı sıkıntılar. 116
Şekil 6.13 : Alt yüklenicilerin etki durumu. 117
Şekil 6.14 : Proje ortaklarının etki durumu. 118
Şekil 6.15: Ürün tedarikinde yaşanan sıkıntılar (a) donanım (b) yazılım..... 119
Şekil 6.16 : Tedarik kaynağına göre satın alma sıkıntıları. 119
Şekil 6.17 : Proje sürelerinin dağılımı. 120
Şekil 6.18 : Süre sapma değerlerinin dağılımı (a) miktar (b) oran. 121
Şekil 6.19 : Sapma değerlerinin kutu gösterimi (a) miktar (b) oran. 123
Şekil 6.20 : Dönüştürülmüş süre değerleri (a) toplam proje süresi (b) sapma miktarı (c) sapma oranı. 124
Şekil 6.21 : İş gücü sapmaları (a) sapma miktarı (b) sapma oranı. 126
Şekil 6.22 : Dönüştürülmüş iş gücü değerlerinin dağılımı (a) iş gücü (b) sapma miktarı (c) sapma oranı. 128
Şekil 6.23 : Tüm örneklemdeki GA dağılımları (a) miktar (b) oran. 132
Şekil 6.24 : GA alt bileşenleri (a) sapma süresi (b) sapma oranı. 132
Şekil 6.25 : YGG kaynaklı sapmaların dağılımı (a) miktar (b) oran. 136
Şekil 6.26 : GTP kaynaklı sapmaların dağılımı (a) miktar (b) oran. 137
Şekil 6.27 : GTP ve alt bileşenlerin kutu gösterimi (a) miktar (b) oran. 138
Şekil 6.28 : Müşteri kaynaklı sapmaların dağılımı (a) miktar (b) oran. 141

Şekil 6.29 : İnsan kaynakları sapmalarının dağılımı (a) miktar (b) oran. 143
Şekil 6.30 : Satın alma sapmalarının dağılımı (a) miktar (b) oran. 146
Şekil 6.31 : AYPO süre sapma dağılımları (a) miktar (b) oran. 147
Şekil 7.1 : Temel bozucu etmenlerin süre sapma miktarları..... 149
Şekil 7.2 : Temel bozucu etmenlerin süre sapma oranları. 150
Şekil 7.3 : GA, YGG ve müşteri sapmalarının etkileri**.** 158
Şekil 7.4 : GTP sapmaları ve bunları etkileyen etmenler. 158
Şekil 7.5 : İK, SA ve AYPO sapmalarının etkileri. 159
Şekil 7.6 : Ekip yetkinliği (a) alan uzmanlığı (b) teknik deneyim (c) proje deneyimi. 161
Şekil 7.7 : PY yönetim tecrübesi gruplarının kutu gösterimi**.** 170
Şekil 7.8 : PY alan uzmanlığı gruplarının kutu gösterimi. 172
Şekil 7.9 : PY teknik tecrübe gruplarının kutu gösterimi. 173
Şekil 7.10 : PY ve ekip yetkinlik düzeyleri ve temel bozucu etmenler. 176
Şekil 7.11 : Operasyonel gereksinimlere göre süre sapmaları (a) miktar (b) oran .. 180
Şekil 7.12 : İşlevsel gereksinimlere göre süre sapmaları (a) miktar (b) oran. 182
Şekil 7.13 : Tasarım gereksinimlerine göre süre sapmaları (a) miktar (b) oran. 184
Şekil 7.14 : Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile temel bozucu etmenler. 186
Şekil 7.15 : Ar-Ge düzeyi (a) toplam proje süresi (b) sapma miktarı (c) sapma oranı. 192
Şekil 7.16 : Yenilik düzeyi ile proje süreleri (a) toplam proje süresi (b) sapma miktarı (c) sapma oranı..... 200
Şekil 7.17 : Proje ön hazırlık çalışmaları ile süre sapmaları (a) miktar (b) oran. 206
Şekil 7.18 : Ön hazırlık, yeniden kullanım ve referans yapılar. 216
Şekil 8.1 : Sapma miktarları doğrusallık sınaması (a) GA (b) GTP (c) YGG (d) IKP (e) SAlma (f) müşteri (g) AYPO. 243
Şekil 8.2 : Sapma oranları doğrusallık sınaması (a) GA (b) YGG (c) GTP (d) IKP (e) SAlma (f) müşteri (g) AYPO. 245
Şekil 8.3 : Model 1'in standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık. 250
Şekil 8.4 : Sapma miktarlarına göre hatalar ve tahminler..... 251
Şekil 8.5 : Sapma miktarı modelini etkileyen projelerin bulunması..... 252
Şekil 8.6 : Yeni model 1'in hataları ve tahmin değerleri. 256
Şekil 8.7 : Sapma oranları modelinin standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık. 261
Şekil 8.8 : Model 2'nin hataları ve tahmin değerleri. 262
Şekil 8.9 : Model 2 için etkili gözlemlerin bulunması. 263
Şekil 8.10 : Yeni süre sapma oranları modelinin regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık. 266
Şekil 8.11 : Yeni model 2'nin hataları ve tahmin değerleri. 267
Şekil 8.12 : Model 3'ün standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık. 275
Şekil 8.13 : Model 3'ün tahmin hata karşılaştırması. 275
Şekil 8.14 : Model 4'ün standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık. 279
Şekil 8.15 : Model 4'ün tahmin hata karşılaştırması. 279
Şekil 8.16 : Model 5'in standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık. 284
Şekil 8.17 : Model 5'in tahmin hata karşılaştırması. 285
Şekil 9.1 : Karar modeli 1-GA'ya göre süre sapmaları. 290

Şekil 9.2 : Karar modeli 1-kategori 1'in kazanç değerleri. 293
Şekil 9.3 : Karar modeli 1-kategori 1'in kaldıraç değerleri. 294
Şekil 9.4 : Karar modeli 1-kategori 2'nin kazanç değerleri. 294
Şekil 9.5 : Karar modeli 1-kategori 2'nin kaldıraç değerleri. 295
Şekil 9.6 : Karar modeli 1-kategori 3'ün kazanç değerleri. 295
Şekil 9.7 : Karar modeli 1-kategori 3'ün kaldıraç değerleri. 296
Şekil 9.8 : Karar modeli 2: YGG'ye göre süre sapmaları. 297
Şekil 9.9 : Karar modeli 2-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 300
Şekil 9.10 : Karar modeli 2-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 301
Şekil 9.11 : Karar modeli 2-kategori 3'ün değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 302
Şekil 9.12 : Karar modeli 3-gereksinimlerin durumuna göre GA modeli. 304
Şekil 9.13 : Karar modeli 3-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 306
Şekil 9.14 : Karar modeli 3-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 307
Şekil 9.15 : Karar modeli 4-ön hazırlık çalışmalarına göre GA sapmaları. 309
Şekil 9.16 : Karar modeli 4-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 311
Şekil 9.17 : Karar modeli 4-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 312
Şekil 9.18 : Karar modeli 5: GTP kaynaklı sapmalar. 314
Şekil 9.19 : Karar modeli 5-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 317
Şekil 9.20 : Karar modeli 5-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 318
Şekil 9.21 : Karar modeli 6: YGG kaynaklı sapmalar. 319
Şekil 9.22 : Karar modeli 6-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 321
Şekil 9.23 : Karar modeli 6-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 322
Şekil 9.24 : Karar modeli 7: satın alma kaynaklı sapmalar. 324
Şekil 9.25 : Karar modeli 7-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 327
Şekil 9.26 : Karar modeli 7-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. 328
Şekil 9.27 : Karar modeli 8: PY yönetim yetkinliğine göre sapma oranları..... 331
Şekil 9.28 : Karar modeli 9: gereksinim durumuna göre sapma oranları. 332
Şekil 9.29 : Karar modeli 8 ve 9-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. ... 337
Şekil 9.30 : Karar modeli 8 ve 9-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. . 338
Şekil 9.31 : Karar modeli 8 ve 9-kategori 3'ün değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç. .. 339

BİLİŞİM ALANINDA PROJE ESASLI ÇALIŞAN FİRMALARDA ÜRÜN GELİŞTİRME SÜREÇLERİNDEKİ BOZUCU ETMENLERİN MODELLENMESİ VE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Etkin bir ürün geliştirme süreç modelinin oluşturulabilmesi için süreci olumsuz yönde etkileyen tüm unsurların etki düzeyleriyle birlikte tanımlanmış olması gerekir. Bu doktora tezi, bilişim alanında ürün geliştiren organizasyonların ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca karşı karşıya kaldıkları sıkıntıları inceler; bu sıkıntıların neden olduğu takvim ve iş gücü sapmalarını ortaya çıkararak en uygun süreç performans modellerini oluşturur.

Bu çalışmada ürün geliştirme süreç performansı, süre sapma miktarı, sapma oranı, iş gücü sapma miktarı ve iş gücü sapma oranıyla ölçülür. Ürün geliştirme yaşam döngüsünde süre sapmalarına neden olan tüm etmenler proje genelindeki sapma değerleriyle birlikte değerlendirilir. Yine bu etmenlerin üzerinde etkili olan diğer unsurlar belirlenir. İstatistiksel yöntemlerle ve karar ağaçları gibi veri madenciliği yöntemleriyle süre sapmasını etkileyen tüm etmenler tanımlanır. Ürün geliştirme sürecinde iş gücü sapmasına neden olan etmenler ise istatistiksel yöntemler kullanılarak ortaya çıkarılır.

Bu çalışmada ürün geliştirme süreci üzerinde etkili olan etmenler iki sınıf altında toplanır. Ürün geliştirme sürecini doğrudan etkileyen etmenler, proje süresinde belirli bir gecikme yaratabilen ve gecikme miktarları bir şekilde proje ekibinden ya da proje planından elde edilebilen etmenlerdir. Süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmenlerin yarattığı etki doğrudan proje planlarından ya da proje ekibinden elde edilemez. Bu etmenlerin etkileri istatistiksel yöntemlerle ortaya çıkarılır.

Yedi temel etmen sınıfı ürün geliştirme sürecini doğrudan etkiler. Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, müşteri kaynaklı problemler, insan kaynaklarının temininden ve süreksizliğinden kaynaklanan problemler, satın alma problemleri ve alt yükleniciler ya da proje ortaklarından gelen problemler proje genelinde takvim gecikmelerine neden olur.

Ürün geliştirme sürecini dolaylı bir şekilde etkileyen unsurlar ise on başlık altında incelenir. Geliştirilen ürünün araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) düzeyi, yenilik yönü, ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumu, müşteri katılımı (desteği), proje ön hazırlık çalışmaları, yeniden kullanım, referans alınan ürünler, proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri, ekip elemanlarının yetkinlik düzeyleri ve ekip içi koordinasyon ve eğitim etmenleri ürün geliştirme sürecini ve yedi temel etmen sınıfını etkileyen önemli unsurlardır.

75 adet biten proje üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda bu bozucu etmenlerin proje süresini nasıl etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Çalışmalarda geciken projelerin hangi etmenler nedeniyle geciktiği, bu etmenlerin proje süresini ne kadar uzattığı sorgulanmıştır. Bu çalışmada ürün geliştirme sürecini doğrudan veya dolaylı bir

şekilde etkileyen etmenlerle ilgili önsavlar oluşturulmuş, bu etmenlerin geliştirme süreci üzerindeki etkileri önsav sınamalarıyla ortaya çıkarılmıştır. Önsav sınamalarında Pearson, Kendall's tau_b, Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U yöntemleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada temel bozucu etmenler ile dolaylı etmenlerin bağımsız değişken olarak kullanıldığı beş adet regresyon modeli geliştirilmiştir. İlk regresyon modeli gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler, insan kaynakları ve satın alma sıkıntıları nedeniyle oluşan sapma miktarları üzerinden toplam süre sapma miktarını tahmin eder. Modeldeki süre sapma miktarlarındaki değişkenlik, bu beş bozucu etmeninin sapma miktarları tarafından %89.5 oranında açıklanır. İkinci regresyon modeli gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, satın alma sıkıntıları ve müşteri kaynaklı sıkıntılar üzerinden toplam süre sapma oranlarını tahmin eder. Süre sapma oranlarındaki değişkenlik, bu beş bozucu etmeninin sapma oranları tarafından %90.5 oranında açıklanır.

Üçüncü regresyon modeli, referans yapıların kullanılma durumunu gölge değişken olarak kullanır. Burada yeni gelen gereksinimlerin, genel teknik problemlerin ve müşterilerin neden olduğu sapmalar bağımsız değişken olarak kullanılır. Bu üç bozucu etmen modeldeki süre sapma oranlarındaki değişkenliğin %76.7'sini açıklar. Dördüncü regresyon modelinde proje yöneticisinin yönetim tecrübesi gölge değişken olarak seçilmiştir. Bu denklem gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve müşteri problemleri etmenlerini bağımsız değişken olarak kullanır. Süre sapmalarındaki değişkenlik, bu dört bozucu etmeninin sapma değerleri tarafından %91.6 oranında açıklanır.

Beşinci regresyon modelinde proje ön hazırlık çalışmaları gölge değişken olarak kullanılır. Oluşturulan regresyon modelinde yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, müşteri problemleri ve proje ekibinin alan uzmanlığı etmenleri bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Bağımlı değişkendeki değişiklik bu üç bozucu etmenin sapma oranları ve ekibin alan uzmanlığı tarafından %79.8 oranında açıklanır.

Çalışmanın son bölümünde karar ağaçları tekniklerinden biri olan otomatik ki-kare etkileşim belirleme analizi (CHAID-Chi-squared Automatic Interaction Detection) yöntemi kullanılmış ve projelerdeki süre sapma oranlarını etkileyen etmen sınıfları ortaya çıkarılmıştır. Karar ağaçları üç adımda oluşturulmuştur. İlk olarak süre sapma oranları bağımlı değişken, temel etmen sapmaları ve dolaylı etmenler ise bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Bu kapsamda iki karar modeli geliştirilmiştir.

İlk model gereksinimlerin anlaşılamaması etmenini ilk ayrışma noktasına yerleştirir. Bu model proje öncesinde ön hazırlık yapılma durumunu, ürünün yenilik düzeylerini, genel teknik sıkıntılara ve sapmalara göre toplam süre sapma oranlarının bir kestirimini verir. Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle geciken projelerde sapma oranları oldukça yüksektir. Burada proje öncesinde yürütülen çalışmalar ve ürünün yenilik özelliği ön plana çıkar. İkinci modelde ilk ayrışma noktası, yeni gelen gereksinimlerdir. Bu model yeni gelen gereksinimlerin kabul edilme durumunda proje performansının nasıl etkileneceğini ortaya koyar.

Daha sonra temel etmen sapmaları bağımlı değişken, süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmen sınıfları bağımsız değişken olarak seçilir. Bu kapsamda beş karar modeli geliştirilir. Çalışmanın üçüncü ve dördüncü modelleri, ürün gereksinimlerinin anlaşılamaması nedeniyle oluşan süre sapmalarını hedef değişken olarak seçer. Üçüncü karar modelinde ilk ayrıştırma noktası işlevsel gereksinimlerin tanımlanma

düzeyidir. Bu oldukça basit bir karar ağacı modelidir. Dördüncü modelin ilk ayrıştırma noktası ise proje ön hazırlık çalışmalarıdır. Proje ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projelerde gereksinim kaynaklı süre sapma oranları oldukça yüksektir. Bu modelde proje yöneticisinin alan uzmanlığı ve referans alınan yapılar ön plana çıkar.

Beşinci modelin hedef değişkeni genel teknik problemlerden kaynaklanan süre sapma oranlarıdır. Tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyi bu modelin ilk ayrıştırma noktasıdır. Bu modelde tasarım gereksinimlerinin tam ve doğru bir şekilde tanımlanması oldukça önemlidir. Tasarım gereksinimlerinin yeterli olmadığı durumda ekip elemanlarının teknik deneyimi ve becerisi ön plana çıkar.

Altıncı modelde yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan süre sapma oranları hedef değişken olarak seçilmiştir. Model ilk ayrıştırmayı bu gereksinimlerin kabul edilme durumuna göre yapar. Yeni gereksinimlerin kabul edilmesi durumunda geliştirilen ürünün yenilik düzeyi ön plana çıkar. Yedinci modelde satın alma sürecinin neden olduğu sapma durumları hedef değişken olarak seçilir. Bu modelde gecikme olasılığını ürünün Ar-Ge özelliği belirler.

Son aşamada süre sapma oranları bağımlı değişken ve süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmen sınıfları ise bağımsız değişken olarak seçilir. Sekizinci ve dokuzuncu modellerde projelerdeki süre sapma oranları ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumuna ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeylerine göre incelenir.

Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyini referans alan model, yönetim tecrübesinin çok iyi olduğu durumlarda yüksek gecikme oranlarına sık rastlanılmadığını gösterir. Bu kategorideki gecikmelerin neredeyse tamamı ürünün yenilik özelliğiyle ilgilidir. Model, ön hazırlık çalışması yapılmayan ve yetkin proje yöneticileri tarafından yönetilmeyen projelerin çoğunda süre sapma oranlarının çok yüksek olduğunu gösterir.

Gereksinimlerin tanımlı olma durumunu referans alan model, proje başlangıcında ürün gereksinimlerini tam ve doğru bir şekilde tanımlayan projelerde yüksek süre sapma oranlarına rastlanılmadığını gösterir. Gereksinimlerin tam olduğu durumda müşteriden kuvvetli bir destek gelirse, projelerin tamamı gecikmeye uğramadan ya da çok az bir gecikmeyle tamamlanır. Bu durumun geçerli olmadığı projelerde gecikmenin yüksek miktarda olması kaçınılmazdır. Model, ürün gereksinimlerinin tam olmadığı durumlarda proje yöneticisinin süreç üzerideki etkisini gösterir.

Özet olarak, geniş bir literatür taraması sonunda ürün geliştirme sürecinde etkili olan bozucu etmenler ortaya çıkartılmış ve bununla ilgili önsavlar oluşturulmuştur. Elde edilen gerçek proje bilgileri yardımıyla proje performansı üzerinde etkili olan etmenler, istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Yürütülen tüm sınamaların sonuçları ilişki diyagramlarında özetlenmiştir. Tespit edilen bozucu etmenlerin süreç performansını ne şekilde etkilediği çoklu regresyon ve karar ağaçları yöntemleriyle modellenmiştir. Çoklu regresyon modellerinde temel bozucu etmenlerle birlikte dolaylı etmenler de girdi değişkeni olarak seçilmiştir. Oluşturulan bu modeller girdi değişkenleri üzerinden süre sapma değerlerini tahmin eder. Bu çalışma, bozucu etmenlerin etkilerini oluşma olasılıkları ve sapma değerlerine göre de inceler. Bu incelemelerde karar ağacı yöntemi kullanılmıştır. Karar ağacı mekanizmaları yardımıyla bozucu etmenlerin hangi koşullarda tetiklendiği ve etkilerinin ne olacağı ortaya çıkarılmıştır.

MODELING DESTRUCTIVE FACTORS IN PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS OF PROJECT BASED COMPANIES IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND DETERMINING THEIR IMPACTS

SUMMARY

All the factors and their level of efficiency, which have a negative impact over the process, should be defined for the model of an efficient product development process. This doctorate thesis analyses the difficulties faced by the organizations developing product in the information technologies field during the product development lifecycle and creates the most appropriate performance models, uncovering the time and effort deviations coming from these difficulties.

In this work, the process performance of product development is measured by four basic deviation values: time deviation quantity, time deviation rates, effort deviation quantity and effort deviation rates. When the planned period is removed from the completion period of the project, the deviation quantity is reached. When the deviation quantity is divided by the planned project period, the deviation rate is found. Similarly, the effort deviation quantity is the difference between the actual and the planned project efforts. The effort deviation rate shows at what rate development effort calculated in the beginning of the project deviates.

All the factors causing time and effort deviations in the product development lifecycle are evaluated with their deviation rates and quantities in the total project and the elements having an impact on these factors are exposed.

There are seven basic factor classes having a direct impact over the product development process and cause the deviations from the plan in the project. The requirements coming from the users and clients make a start to the product development process. The problems or misinterpretation or deficient interpretation of the requirements have a negative impact over the development process during the requirement analysis. These factor classes gathered under the title of the understandability of requirements define the difficulties and deviations caused by the product requirements. The change of the requirements in the product development lifecycle is an inevitable situation. The difficulties of the changing requirements were analyzed under the title of new requirements.

In some projects, the environment, data, document and confirmation, which will be provided by the customer to go on the development process are needed. When the customer cannot provide this information on time, the process has difficulties. The situations rising from the clients are evaluated under the title of customer based difficulties.

Another important facility of the product development process is the implementation of the analyzed requirements. The difficulties appeared during the product development (difficulties rising from the technical features, development and test environments and devices) were evaluated as general technical difficulties.

The difficulties arising from the discontinuity of the human resources, the difficulties arising from the subcontractors and the project partners and the difficulties during the product supply were evaluated respectively under the name of human resources difficulties, subcontractor and project partner difficulties, and purchasing difficulties.

During the product development process, there are also some factors having an indirect impact over the process. These factors are the factors whose effect on project performance cannot be obtained directly from project plans or project team. Factors such as reusing strategy, preliminary preparation studies, the state of taking a product or a system as a reference, competence levels of team members, competence levels of project manager, innovation level of the product, Research and Development level (R&D) of the project, state of product requirements being identified and customer participation are included in this category.

The impacts of direct and indirect destructive factors over the project period and project effort were exposed with the works carried out on the 75 finished projects. Which factors have an impact over the delay of the projects and how much these delays prolong the project period (as quantity and rate) were analyzed. Similarly, the factors that could affect project effort and effort deviations are also studied.

All the hypotheses about all the factors having a direct or indirect impact over the product development process were composed in this work. With respect to their appearance frequency and magnitude, the effective factors over the process were uncovered after testing the hypotheses. The hypotheses were analyzed with the methods of Pearson, Kendall's tau_b, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U.

When the appearance frequency of the destructive factors and their level of affecting the process were evaluated, it was seen that the understandability of requirements and the general technical difficulties have a great effect over the product development process. These factors are followed by new requirements, client based difficulties, and human resources. Even when this order can change within itself, the general perspective does not change in time deviation rates. The correlation analyses carried out supports these findings.

The relations among the factors indirectly affecting the product development process, time deviation quantities, time deviation rates, effort deviation quantities and effort deviation rates are evaluated. It was revealed that there is a negative relationship between the management experience of the project manager and the time deviation values. This relationship is better at the groups having a perfect management experience. The similar results are reached when the domain expertise and technical skill of the project manager are compared with the time deviation values. Furthermore, there is a negative relationship between the competence levels of the project manager and effort deviation rates. On the other hand, there is no relationship between the domain expertise and management skill of the project manager and effort deviation quantity.

It is seen that there is a weak and negative relationship between the competence levels of the project team and time and effort deviation quantities. Conversely, there is no relationship between the project and technical experience of the team and time deviation rates. Furthermore, no relationship was found between the competence levels of the team and effort deviation rates. The competence levels of the team members are contrasted with the deviation rates rising from the basic destructive factors. It was seen that there is a negative relation between the domain expertise and the understandability of requirements and new requirements. Also, there is a negative

relation between the technical experience and general technical problems and purchasing difficulties.

Time deviations are influenced by preliminary preparation studies, the use of existing products, and the state of taking a product or a system as a reference. On the other hand, effort deviations are only influenced by preliminary preparation studies. It was understood that there are negative relationships between three basic factor classes (the understandability of requirements, new requirements and customer problems) and level of defining the operational, functional and design requirements. On the other hand, it is seen that the general technical problems are only related to levels of defining the functional and design requirements. Furthermore, effort deviations are influenced by level of defining the operational, functional and design requirements.

Although there is a difference among the R&D levels of the projects in terms of their quantities of time and effort deviation, there is no such difference in their rates of time and effort deviation. When the relation between the innovation levels of the product and time deviations of the project was analyzed, it was seen that there is a difference between the projects which have innovative features and which do not in terms of time deviation values. The similar results were found for the effort deviation quantities. On the other hand, it was revealed that there is no difference among the innovation levels of the products in terms of their effort deviation rates.

After a few tests carried out, the impacts of the all factors over the project time values were found and they were visualized with the correlation diagrams.

In the last two parts of the work, factor classes were uncovered with two different modelling methodologies, namely multiple regression analysis and decision tree techniques. Multiple regression analysis was used to analyze the relationship between the project time deviations and the basic factors having a direct impact over the product development process. A total of five regression models were composed in this study.

The understandability of requirements, new requirements, general technical difficulties, purchasing difficulties and human resources difficulties were selected as independent variables for the overall project deviation quantities model. Time deviation quantities of these basic factor classes were weighted by the regression analysis procedure to obtain best prediction model for the deviation quantities. The generated regression equation can explain 89.5% of the variance in the dependent variable.

The second regression model predicts the total time deviation rates based on the understandability of requirements, new requirements, general technical difficulties, purchasing difficulties and customer based difficulties. 90.5% of the variance in the time deviation rates can be explained by these five destructive factors.

The state of taking a product or a system as a reference is used as dummy variable to estimate the overall project deviation rate in the third regression model. The deviations rates caused by new requirements, general technical problems and customer based problems are the independent variables of the model. 76.7% of the variance in the time deviation rates can be explained by these three destructive factors.

The fourth regression model uses management experience of the project manager as a dummy variable. This model predicts the overall time deviation rates based on the understandability of requirements, new requirements, general technical difficulties

and customer based problems. %91.6 of the variance in the time deviation rates can be explained by this regression equation.

Furthermore, in the last regression model, the preliminary preparation studies are used as dummy variable to estimate the overall project deviation rate. The model uses new requirements, general technical difficulties, customer based difficulties and the domain experience of the team as independent variables. %79.8 of the variance in the time deviation rates can be explained by these three basic destructive factors and the domain experience of the team.

In the last part of the work, the factor classes which influence the rates of the project time deviation were uncovered, with CHAID, which is one of the decision tree techniques. The decision trees were composed in three steps. Two models were created at the first step. These models accept the total project time deviation rates as dependent variable and basic factor deviations and indirect factors as independent variable.

The first model assumes the factor of the understandability of requirements as the first decomposition point. This model estimates the total project time deviation rates according to the state of preliminary preparation studies, the innovation levels of the products, the general technical difficulties and deviations. If the requirements are not well understood, it is inevitable that the delay will be at high level. The state of preliminary preparations and the innovation level of the products come to the fore.

In the second model, the first decomposition point is the problems coming from the new requirements. This model uncovers how the new requirements will affect the project performance if they are accepted.

Five models were created at the second step. These models accept the basic factor deviations as dependent variable and the factor classes influencing the process indirectly as independent variable. The third and fourth models accept the time deviations originating from the understandability of requirements as the target variable. The third model is a very easy model. The state of functional requirements being identified is only one decomposition point in the model. The fourth model accepts the deviations rising from the understandability of requirements as the target variable and makes a start to decomposition with the preliminary preparation works carried out before the project. If systematic preliminary preparation studies have not been conducted, the deviation rates increase. Domain knowledge of the project manager and the state of taking a product as a reference come to the fore in this model.

In the fifth model, the time deviation values coming from the general technical problems are accepted as the target variable. The accurate definition of the design requirements is the first decomposition point in the generated decision tree.

In the sixth model, deviation states of the new coming requirement were chosen as the target variable. All elements having an impact over the deviations due to this factor were uncovered. In the seventh model, the delays resulting from the purchasing process were analyzed. The R&D level of the products determines the probability of delay.

Finally, two models which accept the total project time deviation rates as dependent variable and the indirect factor classes as independent variable were created. These models analyze the time deviation rates in terms of the state of requirement to being defined and the competence levels of project manager.

The model taking the competence levels of project manager as a reference shows that there are usually no significant delays at the groups having a perfect management experience. Almost all of the delays in this category are related to the innovation features of the product. The model taking the state of the requirements to be defined as a reference shows that there are not high rates of time deviation in the projects whose product requirements are defined completely and properly at the beginning of the project. The model shows how the other factors influence the process performance in case of the deficient product requirements.

In summary, the destructive factors having an impact over the product development process were completed after a wide research and the hypotheses were written. Seventy-five pieces of project information were reached after the studies were done over the finished projects. The impact of these factors (their frequency and magnitude) was exposed by the statistical methods executed on the real project information acquired. The result of all the tests carried out with the correlation analyses was summarized in correlation diagrams. The impact of the defined destructive factors over the process performance were modelled with the multiple regression analysis and decision trees techniques, and the interaction between the factors, which affect the process directly and indirectly was shown with these models. The decision models and regression equations mentioned in this thesis are the best models among other models in terms of the results of estimation.

1. GİRİŞ

Bir firma içinde bulunduğu çevrenin yarattığı her türlü olumlu ve olumsuz koşuldan doğrudan etkilenir. Çevre, bir firmanın yaşayabilmesi için gerekli olan tüm kaynakları (finansal, insan, fiziksel kaynaklar gibi) sunduğu gibi yarattığı olumsuz etkilerle onu zor duruma da düşürebilir. Ürün geliştiren organizasyonlar, diğer tüm firmalarda olduğu gibi, faaliyet gösterdiği çevreden ve kendi iç dinamiklerinden gelen bozucu etmenlerin etkisi altındadır. Salt yazılım ürünlerini ya da yazılım temelli sistemleri geliştiren firmalar standartlara ve direktiflere bağlı kalarak ürün geliştirse bile ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca çok farklı sıkıntılarla karşı karşıya gelir.

Bilişim firmalarının karşılaştıkları tehlikeler alt süreçlerin özelliklerine, yürütülmesi gereken faaliyetlere, süreç kısıtlarına, diğer organizasyonel süreçlerle olan etkileşime, oluşturulacak ürünün niteliğine ve ihtiyaç duyulan kaynaklara göre farklılık gösterir. Firmaların çoğu bu tehlikelerin yarattığı olumsuz durumlardan ya doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkilenir. Bozucu etmenlerin etkisi arttıkça kritik faaliyetlerin yerine getirilmesi zorlaşır, çoğu zaman ürün tamamlanmadan geliştirme süreci durdurulur. Sürecin başarısız olması ya da süreç faaliyetlerinin yarıda kesilmesi tüm organizasyonu etkiler. Sadece ürün geliştirmeye odaklanan organizasyonlarda bozucu etmenlerin etkisi çok daha fazla hissedilir. Bazen bu faaliyetler firma faaliyetlerini durduracak düzeyde etkili olur.

Bilişim alanında ürün geliştiren organizasyonlar, ürün geliştirme süreci boyunca çok çeşitli zorluklarla karşı karşıya gelir. Geliştirilen ürünün teknik zorluğu ya da karmaşıklığı, ürün geliştirme süresinin kısalığı ya da ürün geliştirme sürecinin yeterli olmaması gibi birçok problem nihai ürünün başarısını etkiler. Ürün ve ürün geliştirme süreci ile ilgili bir sıkıntının mevcut olmadığı durumlarda bile organizasyonlar ürün geliştirme faaliyetlerinde başarısız olabilir.

Bir sistem herhangi bir bozucu etki altında kaldığında o sistemin işleyişi doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkilenir. Ürün geliştirmenin kritik bir faaliyet olduğu

firmalarda, ürün geliştirme sürecinin ve nihai ürünün başarısı bozucu etmenlerin tam ve doğru bir şekilde modellenmesiyle mümkündür. Bunun için öncelikle, ürün geliştiren organizasyonlarda ürün geliştirme sürecinin maruz kalacağı her türlü olumsuz etkinin, kaybın ve bölünmelerin belirlenerek sınıflandırılması gerekir. Bu sınıflandırma esas alınarak olası bozucu etmenlerin ürün geliştirme yaşam döngüsünü nasıl etkilediği ortaya çıkarılmalıdır. Bozucu etmen modelinin oluşturulabilmesi için ürün geliştirme sürecindeki bozucu etmenlerin belirlenmesi ve bu etmenlerin süreç üzerindeki etkilerinin hesaplanması gerekir.

Firmalar, ürün geliştirme sürecinin başında olası bozucu etmenlerin süreç üzerindeki etkilerini önceden tahmin edebilmelidir. Böyle bir tahmin ancak süreç performansı ile bozucu etmenler arasındaki ilişkinin önceden kurulmasıyla mümkün olabilir. Bu doktora tezi, ürün geliştirme sürecindeki bozucu etmenleri neden oldukları gecikme değerlerine göre inceler, etmenlere dayalı süre sapma kestirim modellerini oluşturur.

1.1 Tezin Amacı

Bilişim firmaları ya salt yazılım ürünlerini ya da yazılım ve donanım bileşenlerinden oluşan sistemleri geliştirmekte; özel sipariş aldığı tek bir müşteriye ya da genel amaçlı ürünler için olası müşteri grubuna odaklanmaktadır. Piyasada genel amaçlı yazılım ürünü geliştiren firmaların sayısı oldukça düşüktür. Bilişim firmaları çoğunlukla yazılım geliştirme becerisi yanında, farklı alan uzmanlıklarına ihtiyaç duyulan ürünleri geliştirir. Bu ürünler teknik ve fiziksel özellikleri bakımından müşteriden müşteriye farklılık gösterir. Bu durum yazılım geliştiren organizasyonları oldukça kırılgan bir konuma getirir.

Bir bilişim firması standartları referans alarak ürün geliştirse bile ürün niteliği, müşteri beklentileri, kaynak kısıtları, kurumsal yapılanma ve diğer etmenler nedeniyle her zaman aynı başarıyı yakalayamaz. Çoğu KOBİ (Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler) ölçeğinde olan bilişim firmaları için ürün geliştirme sürecinin başarısı son derece önemdir. Öyle ki, bu başarı doğrudan firma performansını etkiler.

Bu araştırmanın amacı, bilişim alanında proje esaslı çalışan firmaların ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca karşılaşabileceği bozucu etmenlerin ürün geliştirme süreç performansları üzerindeki etkilerini modellemektir. Diğer bir

deyişle, bu çalışmanın amacı bilişim alanında ürün geliştiren işletmelere özel, bozucu etmenlere dayalı öngörü modelleri oluşturmaktır.

Sistemdeki bir değişimin etkisinin değerlendirilmesi için o sistemin etki analizinin yapılması gerekir (Pfleeger ve Bohner, 1990). Bir değişimin olası sonuçlarının belirlenmesi olarak tanımlanan etki analizi (Arnold ve Bohner, 1993) ürün geliştirme sisteminin davranışını modellenmede kullanılan en önemli yöntemlerden biridir. Bu doktora tezinde yürütülen etki analizi çalışmaları üç konuya odaklanır: Değişime neden olan etmenlerin tanımlanması, bu etmenlerin etkisinin ve olasılığının belirlenmesi, istatistik ve veri madenciliği yöntemleri kullanılarak etmenlere dayalı etki modellerinin oluşturulması.

Araştırmada ilk olarak bilişim firmalarının ürün geliştirme süreci boyunca karşılaştıkları tüm olumsuz durumlar ortaya çıkarılarak etmen sınıfları oluşturulur. Daha sonra örneklemdeki projeler üzerinde kapsamlı bir çalışma yürütülür. Ürün geliştirme sürecinin tüm aşamaları mercek altına alınır, süreç üzerinde etkili olan tüm olumsuz durumlar etki düzeylerine göre incelenir. Her bir bozucu etmenin süreci ne kadar geciktirdiği, proje performansını ne yönde etkilediği ve diğer etmenlerle olan ilişkilerinin nasıl olduğu hesaplanır. Elde edilen tüm bilgiler istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek etmenlerin süreç üzerindeki etkileri ortaya çıkarılır.

Araştırmanın son bölümünde, süreç üzerindeki etkileri belirlenen etmenler birlikte değerlendirilerek bozucu etmenlere dayalı modeller geliştirilir. Bu aşamada ilk olarak çoklu regresyon analizi yöntemi kullanılarak süreç performansını tahmin eden beş model oluşturulur. Daha sonra bozucu etmenlerin süreç performansı üzerindeki etkileri hiyerarşik ağaç yapılarıyla modellenir. Bu kapsamda dokuz farklı karar mekanizmaları oluşturulur.

1.2 Kapsam

Bu doktora tezinde salt yazılım ürünleri ile yazılım ve donanım bileşenlerinden oluşan sistemleri geliştiren projeler birlikte değerlendirilir. Çalışma biten projelere odaklanır; bir şekilde iptal edilen ya da ürünün tamamlanmasını beklemeden kapatılan projeler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Benzer şekilde, kullanıcı yahut müşteri gereksinimlerinin karşılanamaması nedeniyle iptal edilen projeler de kapsam dışı bırakılmıştır.

1.3 Araştırmanın Katkısı

Bu doktora tezinde bilişim alanında ürün geliştiren organizasyonların ürün geliştirme süreçleri iç ve dış dinamikler çerçevesinde incelenir, geliştirme sürecinde etkili olan etmenler istatistiksel yöntemlerle ortaya çıkartılır ve bu etmenlerin süreç performansı üzerindeki etkileri çoklu regresyon ve karar ağacı yöntemleriyle modellenir. Literatürde yazılım projelerindeki riskleri inceleyen çok fazla çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmı ürün geliştirme süreci boyunca karşılaşılan problemlere ya da risklere odaklanır, bu risklere nasıl öncelik verilmesi gerektiği ile ilgilenir. Bazı çalışmalar yazılım projelerindeki riskleri sınıflandırır, hangi risklerin daha etkili olduğunu ve bunların nasıl yönetilmesi gerektiğini sorgulanır. Yine bazı çalışmalarda belli risk etmenlerinin proje performansı üzerindeki etkileri analiz edilir. Bu tip çalışmalarda hem risk etmenleri hem de proje performansı parametreleri ad ya da sıralama ölçeğinde tanımlanmıştır. Bu doktora tezinin literatürdeki çalışmalardan farkı aşağıda özetlenmiştir.

- Bu çalışma, yazılım geliştirme sürecindeki etmenleri doğrudan ve dolaylı bir şekilde etkili olan etmenler olmak üzere iki başlık altında inceler. Bu çalışmada süreci doğrudan etkileyen etmenler (temel bozucu etmenler) ile proje performans değişkenleri (takvim ve iş gücü sapmaları) oran ölçeğinde tanımlanır. Süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler ise ad ya da Likert tipi beşli dereceleme ölçeğinde tanımlanır.
- Çalışma, yazılım temelli sistemlerin geliştirilmesi esnasında takvim gecikmelerine neden olan (süreci doğrudan etkileyen) etmenleri, gecikme miktarları ve gecikme oranlarıyla birlikte ortaya çıkarır.
- Çalışma, dolaylı etmenleri süre ve iş gücü sapma değerlerine göre istatistikî yöntemlerle analiz eder.
- Çalışma, süreci doğrudan ve dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler sınıfları arasındaki ilişkileri ortaya çıkarır.
- Çalışma, literatürde şu ana kadar işlenmemiş etmenlere odaklanır. Proje ön hazırlık çalışmaları, yeniden kullanım ve referans alınan yapılar etmenlerinin proje performansı ve temel bozucu etmenler üzerindeki etkilerini inceler.

- Çalışma, proje yönetiminin ve ekip elemanlarının yetkinliklerini alan uzmanlığı, proje yapma ya da yönetme tecrübesi ve teknik tecrübe kapsamında ayrı ayrı inceler.
- Çalışma, gereksinimlerin tanımlanma düzeyini operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimleri kapsamında ayrı ayrı inceler.
- Çalışma, ürün yeniliği ile proje performansı ve temel bozucu etmenler arasındaki ilişkileri analiz eder.
- Çalışmada toplam proje süre sapma değerlerini tahmin eden beş adet çoklu regresyon denklemi oluşturulur.
- Çalışmada karar ağaçları tekniği kullanılarak proje performansını etkileyen değişken sınıfları ortaya çıkarılır; bozucu etmenlerin süreç performansını etkileme biçimi (olasılık ve şiddet olarak) modellenir.

Bu araştırma, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, bozucu etmenlerin süreç üzerindeki etkilerini yarattıkları gecikmelere göre inceler. Çalışmada önce geliştirme sürecini sıkıntıya düşüren tüm etmenler ortaya çıkarılır. Daha sonra bu etmenlerin proje süresini ne kadar geciktirdiği proje planlarına bakılarak hesaplanır. Böylece toplam proje sapmalarında hangi etmenlerin daha etkili olduğu belirlenir.

Çalışmada olası temel bozucu etmenlerin proje süresini arttırma sıklığı ve şiddeti, gerçek proje verileri üzerinden hesaplanır. Bitmiş bir proje referans alınarak bu projenin tüm aşamaları proje yöneticisiyle ve proje elemanlarıyla birlikte adım adım incelenir, proje özellikleri (iş gücü niteliği, ürün niteliği, müşteri yapısı ve diğer unsurlar) tanımlanır ve projelerde sapmalara neden olabilecek durumlar sapma miktarlarıyla birlikte değerlendirilir. Burada proje bilgileri üzerinden doğrudan sapmaya neden olan etmenlerin etkisi (sıklığı ve şiddeti) hesaplanmakta, yürütülen istatistiksel yöntemlerle de süreç faaliyetlerini dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler ortaya çıkarılmaktadır. Böylece ürün geliştirme sürecini doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkileyen tüm etmenler elde edilir.

Proje riskleri genellikle anket çalışmaları üzerinden kurgulanır. Literatürde, biten projeler üzerinden tüm süreç adımlarının ayrıntılı bir şekilde sorgulandığı, sıkıntı yaratan durumların sapma miktarlarıyla birlikte elde edildiği, sapmaya neden olan diğer unsurların istatistiksel yöntemlerle ortaya çıkarıldığı, çoklu regresyon

denklemleri ve karar mekanizmaları üzerinden süre sapma değerlerinin modellendiği bir çalışma mevcut değildir.

Bu araştırma, bozucu etmenlerin geliştirme süreci üzerindeki etkilerini veri madenciliği yöntemlerini kullanarak modeller. Çalışmada ürün geliştirme sürecinde sıkıntı yaratan ve sapmaya neden olan etmenler, geliştirme sürecinde etkili olan diğer unsurlarla birlikte değerlendirilir; süreç sapma değerlerinin elde edildiği çoklu regresyon denklemleri ve karar ağacı modelleri oluşturulur. Bu araştırmanın firmalara olan katkısı aşağıda verilmiştir.

- Bu araştırma sonunda elde edilen modeller yardımıyla firmalar, ürün geliştirme süreçlerinin başında, bozucu etmenleri tanımlama ve etkilerini hesaplama yetkinliğine sahip olacaktır. Oluşturulan bozucu etmen modelleri ürün geliştirme süreç performansının nasıl ve hangi durumlarda kırılgan hale gelebileceğini gösterir. Bu modeller, ürün geliştirme sürecinin performansını planlanan süreden sapma şeklinde değerlendirmekte, bozucu etmenlerin etkisini süre sapma değerleri olarak göstermektedir. Böylece bozucu etmenlerin hangi koşullar altında daha etkili olduğu ve geliştirme süresini ne kadar uzattığı ortaya çıkar.
- Bozucu etmen modelleri proje teklifi hazırlama veya ürün maliyetini hesaplama aşamasında maliyet arttırıcı unsurların belirlenmesinde yardımcı olur. Bu modeller yardımıyla belli girdi parametrelerine göre (ürün niteliği, özelliklerin tanımlanma durumu, iş gücü yetkinliği gibi) geliştirme sürecindeki olası sapma durumları ortaya konur. Bu sapma durumlarının sıklığı ve etkisi göz önünde bulundurularak projedeki olası maliyet artışları hesaplanabilir.
- Bu araştırmada elde edilen bozucu etmen sınıfları, bu sınıfların süreç üzerindeki etkileri ve geliştirilen modeller kullanılarak firma düzeyinde daha etkili risk yönetim faaliyetleri tanımlanabilir. Yine, bu modeller yardımıyla projenin belli aşamalarında etkili olabilecek olumsuz durumlar önceden tespit edilir, alt süreç faaliyetleri yeniden şekillendirilir.

1.4 Araştırmanın Akışı

Bu çalışmanın ilk bölümünde doktora tezinin amacı, kapsamı ve araştırmanın literatürdeki çalışmalara, sektöre ve firmalara olan katkısı anlatılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ürün geliştirme süreç performansını etkileyen etmenler incelenir; bu kapsamda yürütülen çalışmalar değerlendirilir. Literatür araştırması önce genel ürün geliştirme süreçleri üzerinde yapılır. Daha sonra yazılım geliştirme özelinde derinleştirilir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, literatürdeki çalışmalar referans alınarak ürün geliştirme sürecindeki bozucu etmenler ve bu etmenlerin proje performansı üzerindeki olası etkileri tanımlanır. Bu bölümde yazılım geliştirme süreç performansı ölçütleri tanımlanır, geliştirme sürecini doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler belirlenir ve bu bozucu etmenlerle proje performansı arasındaki ilişkileri sınayan önsavlar oluşturulur.

Çalışmanın dördüncü bölümü modelleme yöntemlerine odaklanır. Çoklu regresyon ve karar ağacı yöntemleri anlatılır. Beşinci bölümde araştırma yöntemi tanımlanır. Bu bölümde üçüncü bölümde kavramsal olarak anlatılan modelin nasıl sınanacağı, veri analizlerinin nasıl yapılacağı ve nihai modeller oluştururken hangi yöntemlerin kullanılacağı anlatılır.

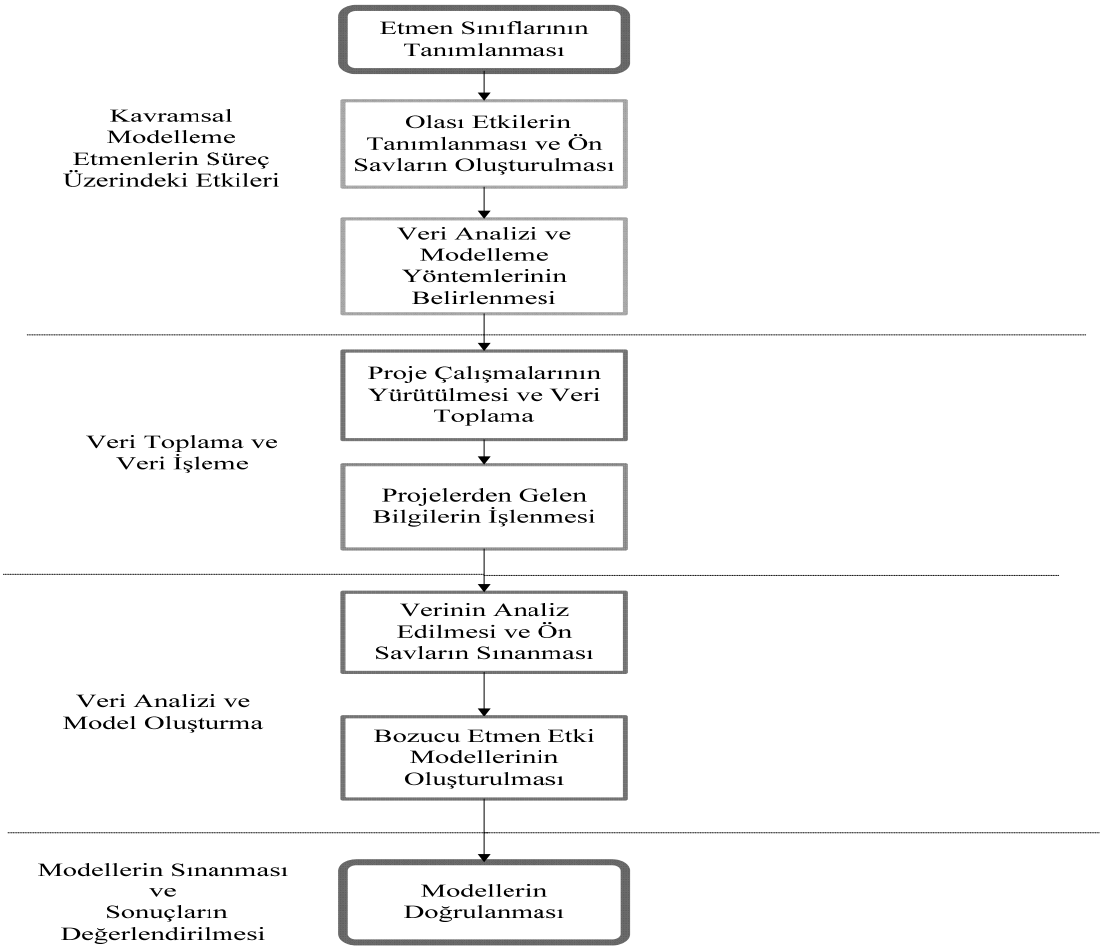
Çalışmanın altıncı bölümünde araştırmanın nasıl yürütüldüğü anlatılır. Bu bölümde elde edilen bilgilerin ayrıntılı istatistik değerleri verilir. Projelerdeki toplam süre ve iş gücü sapma sapmalarının ve temel bozucu etmenlerin neden olduğu sapmaların dağılımları incelenir.

Çalışmanın yedinci bölümünde, üçüncü bölümde tanımlanan önsavların sınamaları yapılır. Geliştirme süreci üzerinde etkili olan etmenler, istatistiksel yöntemler kullanılarak ortaya çıkarılır.

Çalışmanın sekizinci ve dokuzuncu bölümlerinde, yedinci bölümde elde edilen bulgular da dikkate alınarak, bozucu etmen modelleri oluşturulur. Sekizinci bölümde, çoklu regresyon yöntemi kullanılarak süre sapma miktarlarını ve oranlarını tahmin eden beş adet kestirim modeli oluşturulur. Dokuzuncu bölümde, CHAID karar ağacı yöntemi kullanılarak etmen etki modelleri oluşturulur. Geliştirilen modellerin doğruluğu yine bu bölümlerde sınanır.

Çalışmanın son bölümünde yürütülen araştırmanın, elde edilen sonuçların, oluşturulan modellerin ve model üzerinde etkili olan tüm unsurların genel bir değerlendirilmesi yapılır.

Çalışma ile ilgili olarak izlenen yol ve yöntemler Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1: Araştırmanın akışı.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Ürün Geliştirme Sıkıntıları

Ürün yaşam döngüsü kavramsal modellemeden yok edilme sürecine kadar ürünün izlediği bir dizi aşamayı ifade eder (Jun ve diğ., 2007). Buna göre, tipik bir ürün yaşam döngüsü kavramsal model oluşturma, geliştirme, üretme, kullanma ve ürünün tedavülden kalkması aşamalarından oluşur (Koopman, 1996). Ürün yaşam döngüsündeki ürün geliştirme süreçleri standart üretim süreçlerinden oldukça farklıdır. Ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca yürütülen faaliyetlerin sonunda üretilen çıktılar oldukça değişkendir. Süreç aşamalarında veya süreç varlıklarında meydana gelebilecek bir değişim, sürecin bir veya birden fazla faaliyetinde, dolayısıyla bu faaliyetlerin çıktılarında değişikliğe neden olur. Beklentilere yanıt veren nihai ürün geliştirilene kadar ürün geliştirme sürecinin tamamı ya da bir kısmı defalarca tekrar edilebilir (Jun ve diğ., 2005).

Organizasyonlar ürün geliştirirken ve ürün geliştirme ile ilgili proje planlarını oluştururken dört temel unsur arasındaki dengeyi korumalıdır: Ürünün performansı, pazara çıkma zamanı, ürünün maliyeti ve geliştirme maliyeti. Ürün geliştirme süreçleri, bu süreçlerde ortaya çıkabilecek riskler ve proje ekibinin bilgi ve yeteneği ürün geliştirme sürecinin başarısını etkiler (Voegtli, 1996).

Donaldson ve Jenkins (2001) ürün geliştirme sürecindeki başarısızlıkları üç grup altında incelemiştir: Gereksinim mühendisliği, kaynakların yetersizliği ve insanlar arasındaki etkileşim. Song ve diğ. (2007) Ar-Ge projelerindeki başarısızlığın nedenlerini kurumsal belirsizlikler, teknolojik belirsizlikler, dış çevreden kaynaklanan belirsizlikler, hedeflerdeki ve stratejilerdeki belirsizlikler ve piyasa belirsizlikleri olmak üzere beş ana grup altında toplar. Little (2005) yazılım ürünü geliştiren projelerde başarıyı etkileyen tüm özellikleri karmaşıklık ve belirsizlik altında değerlendirir. Karmaşıklığı tetikleyen etmenler ekibin büyüklüğü, görevin kritiklik düzeyi, ekibin bulunduğu yer, ekibin olgunluk düzeyi, ekibin alan bilgisi ve üründeki bağımlılıklar olmak üzere altı alt sınıfta incelenir. Diğer taraftan piyasa

belirsizlikleri, teknik belirsizlikler, proje süresindeki belirsizlikler ve diğer projelerle olan etkileşim toplam süreç belirsizliğini belirlemede kullanılır.

Ürün geliştirme yaşam döngüsünde tüm süreç faaliyetlerinin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için iki hususun yerine getirilmesi gerekir. İlk olarak süreç tanımları oluşturulmalı, daha sonra bu süreçlerin işletilmesinde gerekli olan kaynaklar (insan gücü, makine, araç ve uygulama gibi) sağlanmalıdır (Hu ve Hu, 2006). Kaynak atamalarında yaşanan sıkıntılar ürün geliştirme sürecini olumsuz yönde etkiler, proje verimliliğini de azaltır (Hu ve diğ., 2007).

Bir başka çalışmada, yeni ürün tasarımında geliştirme sürecinin performansını etkileyen etmenler beş grup altında toplanmıştır. Bu gruplar ürünün yapısal karmaşıklık düzeyi, işlevsel karmaşıklık düzeyi, yenilik düzeyi, projenin karmaşıklık düzeyi ve ticari kısıtlardır. Burada yapısal karmaşıklık düzeyi üründeki bileşen, teknoloji ve süreç aşama sayısıyla belirlenir. İşlevsel karmaşıklık düzeyi ise işlev ve performans kısıtlarıyla ilgilidir (Barclay ve Dann, 2000).

Bir ürün geliştirme aşamasında riskler müşteri, teknoloji, tedarikçiler, insan kaynakları, politikalar ve kurallar, işlevler ve proje çalışmaları gibi çok çeşitli kaynaklardan gelebilir (Simons ve De Klerk, 1997).

2.2 Bozucu Etmen Tanımı

Bir sistemin sistem tanımlamalarına (özelliklerine) göre farklı bir davranış göstermesine neden olan bir durum hata olarak tanımlanırken, başarısızlık belli girdilere göre gerçekleşen sistem çıktılarının beklenen değerlerden farklı olmasıdır. Bu tanımlamalara göre başarısızlık, hatanın var olmasına ve o hatanın tetiklenme durumuna bağlıdır (Yacoub ve Ammar, 2002). Ürün geliştirme sisteminin sistem tanımlamalarına göre farklı bir davranış sergilemesine sebebiyet veren hata durumları, tüm ürün geliştirme sistemine ve o sistemin alt bileşenlerine girdi olan etmenlerin bozucu etkilerinden kaynaklanır. Sistemi olumsuz yönde etkileyen tüm süreç girdileri bozucu etmen olarak adlandırılır.

Literatürde proje ve ürün başarısızlıkları konusunda yürütülen çalışmaların çoğu risk değerlendirme ya da risk yönetme kavramlarıyla ele alınmaktadır. Bir başarısızlığın oluşma olasılığı ile o başarısızlığın etkisinin belirlenmesi olarak tanımlanan risk

(Yacoub ve Ammar, 2002), sistem gereksinimlerinin karmaşıklık ve önem derecesine göre sınıflandırılmasında kullanılır (Ammar ve diğ., 1997).

2.3 Bilişim Alanında Ürün Geliştirmenin Sıkıntıları

Sıfır ve birlere dönüşen bir kod olarak tanımlanan yazılım teknolojisi, sistem mimarilerini, program tasarımlarını, bilgisayar programlarının ihtiyaç duyduğu veri yapılarını, fiziksel ve fiziksel olmayan diğer ürünleri kapsar (Cusumano, 2004). 1960'lı yılların başında yazılım, diğer programları ya da bilgisayar donanımlarını kontrol eden işletim sistemlerini kuran programlar olarak tanımlanmış (Haigh, 2002); 70'li yılların son çeyreğinde ise yazılım mühendisliğinin sınırları Boehm tarafında çizilmiştir (Mahoney, 2004'te atıfta bulunulduğu gibi). Yazılım teknolojileri ve buna bağlı olarak yazılım mühendisliği sürekli gelişim içindedir. 60'lı yıllarda işletim sistemleri, programlama dilleri ve uygulamalar ile başlayan yeni ürün geliştirme çabalarına zamanla internet teknolojileri ve çözümleri, açık kaynak yazılımlar ve hizmet olarak yazılım (SaaS-software as a service) gibi yenilikler katılmıştır.

Buna göre, bilişim alanında ürün geliştiren organizasyonlar ya salt yazılım ürünlerini ya da yazılım ve donanım bileşenlerinden oluşan sistemleri gerçekleştirir. Yazılım esas olmak üzere elektrik, elektronik, mekanik, hidrolik, insan ve bilgi gibi bileşenlerin bir kısmı ya da tamamı bir araya getirilerek bilişim sistemleri oluşturulur. Diğer sistemlerde olduğu gibi bilişim sistemlerinin tasarımında üç faaliyet öne plana çıkar: Kavramsal modelin oluşturulması, analiz edilmesi ve gerçekleştirilmesi (Willow, 2007).

Yazılım ve donanım bileşenlerinin beraber gerçekleştirilmesini hedef alan sistem seviyesi tasarım yöntemleri (Albuquerque ve diğ., 1999) ürün yapısına ve ürün büyüklüğüne, müşteri gereksinimlerine, kullanılan teknolojilere, kısıtlara ve kaynak ihtiyaçlarına bağlı olarak oldukça karmaşık ve başarı oranı belirsiz tasarım yöntemlerine dönüşebilir. Sistem tasarımında başarım oranının düşük olması maliyet ve kalite başta olmak üzere diğer tüm unsurları olumsuz yönde etkiler. Ürün geliştirme sürecinin başarısı zaman, maliyet ve ürün performansı (Simon ve De Klerk, 1997) ya da kalitesi (Golubic, 2003) ile ölçülür. Zaman ve maliyet projenin performansı ile doğrudan ilişkili iken karmaşık bir konu olan kalite genellikle müşteri memnuniyetiyle ölçülür.

Cooke-Davies (2002) proje başarısında başarı kıstasları ve başarı etmenleri olmak üzere iki unsurun öne çıktığını söyler. Başarı kıstasları bir projenin başarılı ya da başarısız olduğunu gösteren ölçümlerdir. Başarı etmenleri ise proje başarısını doğrudan ya da dolaylı bir şekilde yönlendiren yönetim sisteminin girdileridir. Bilgi Teknolojileri (BT) sistemlerinin gerçekleştirilmesi esnasında başarıyı ya da başarısızlığı etkileyen etmenler hem yönetim bilimcilerinin hem de BT araştırmacılarının dikkatini çekmiştir (Schmidt ve diğ., 2001). BT konusunda yürütülen araştırmaların önemli bir kısmı proje başarısını etkileyen etmenlerin tanımlanmasına odaklanmıştır. Bir kısım araştırma tanımlanan bu etmenler üzerinden proje büyüklüğünü (çaba ve süre gibi) ya da performansını modellemeye çalışmaktadır.

Zmud başarı ya da risk etmenlerini kurumsal özellikler, çevresel özellikler, görev özellikleri ve bireysel özellikler olmak üzere dört grup altında toplarken (Schmidt ve diğ., 2001'de atıfta bulunulduğu gibi), Chittister ve Haimes (1994) bunları teknik olan ve olmayan riskler olarak iki kategoride incelemiştir. Buna göre, yazılım geliştirme sürecinin performansını etkileyen teknik riskler, yazılım ürününün işlevsel ve performans gereksinimleriyle ilişkili olan ve yazılım geliştirme aşamalarında ortaya çıkan etmenlerin olasılığının ve şiddetinin bir ölçüsüdür. Diğer taraftan teknik olmayan riskler, yazılım geliştirme aşamalarındaki program özelliklerinden kaynaklanan etkilerin olasılığı ve şiddetiyle ölçülür.

Curtis ve diğ. (1988) orta ve büyük ölçekli projeler üzerinde gerçekleştirdiği bir araştırmada, yazılım proje ekiplerinin üç temel sıkıntıyla karşı karşıya kaldığını ortaya çıkarmıştır. Buna göre, yetersiz uygulama alanı bilgisi, kararsız ve tartışmaya açık gereksinimler ile koordinasyon ve iş birliği aksaklıkları yazılım projelerinde öne çıkan risklerdir.

Boehm (1991) yürüttüğü bir çalışmada öncelikli risk kontrol listesi hazırlamış, on adet yazılım risk öğesini bu çerçevede incelemiştir. Personel sıkıntısı ve gerçekçi olmayan takvim ve bütçe öngörüleri dışında kalan diğer tüm risk öğeleri ürün geliştirme sürecinin teknik zorluklarıyla ilgilidir. Bunlar işlevlerin ve özelliklerin hatalı geliştirilmesi, kullanıcı ara yüzlerinin hatalı geliştirilmesi, gereksiz gereksinimlerin kapsam içine alınması, gereksinim değişikliklerinin sürekli olması, dış bileşenlerin ve görevlerin eksik tanımlanması, gerçek zamanlı performans eksiklikleri ve bilgisayar bilimi yeteneklerinin yetersizliği şeklinde sıralanır.

Barki ve diğ.'lerinin (1993, 2001) 120 adet yürüyen proje üzerinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada 35 adet proje riski tanımlanmıştır. Kullanıcıların bilişim teknolojileri bilgisi ve projeye verdikleri destek, işletme içindeki ve dışındaki kullanıcı sayısı kullanıcı kaynaklı risklerdir. Ekip elemanlarının sayısı ve göreceli de olsa proje büyüklüğü proje ölçeğiyle ilişkili risklerdir. Ekip elemanlarının ürün geliştirme teknolojilerine hâkim olma düzeyi ve uygulama alanı bilgisi, proje ekibinin bilgi ve deneyimini gösterir. Geliştirilen sistemin mevcut ya da gelecekteki sistemlerle olan etkileşim düzeyi ve işlevlerin zorluk derecesi ürünün karmaşıklığını, yeni yazılım ve donanım teknolojilerine duyulan ihtiyaç geliştirme ortamının karmaşıklığını gösterir. Ürün kapsamının genişliği ise yazılım ve donanım tedarikçilerinin sayısı, alt yüklenicilere duyulan ihtiyaç ve organizasyon dışındaki kullanıcıların sayısı ile belirlenir.

Yürütülen bu çalışmada yukarıda tanımlanan risk değişkenleri kullanılarak proje bilgileri elde edilmiş; elde edilen bu bilgiler, faktör analizi yöntemiyle, beş adet etmen sınıfı altında toplanmıştır. Bu etmen sınıfları proje yöneticilerinden beşli likert ölçeğinde alınan belirsizlik bilgileriyle karşılaştırılmıştır.

Belassi ve Tukel (1996) proje başarısını etkileyen kritik etmenleri dört grup altında toplamışlardır: Projeyle, proje ekibi ve proje yöneticisiyle, işletmeyle ve dış çevreyle ilgili olan etmenler. Gruplar altında tanımlanan etmenler birbirinden tamamen bağımsız değildir. Diğer bir deyişle, bir grup altında tanımlı olan bir etmen diğer gruptaki başka bir etmenle birebir ilişkili olabilir. Belassi ve Tukel'in oluşturduğu bu çerçeve modelde, diğer tanımlamalardan farklı olarak, proje faaliyetlerinin benzersizliğini tanımlayan yeni bir etmen daha bulunmaktadır. Bu çalışmada müşteriler ve alt yükleniciler dış çevre etmen grubu altında tanımlanmıştır.

Moynihan (1997) psikoloji, eğitim ve yönetim bilimlerinde kullanılan kişisel oluşturmalar (personal constructs) yöntemini kullanarak proje yöneticilerinin geliştirme projelerini tanımlama yaklaşımlarını ortaya çıkarmış, bunları literatürdeki proje riskleriyle karşılaştırmıştır. Araştırmada proje yöneticilerine yönetmiş oldukları üç projeden ikisinin hangi durumlarda benzerlik göstererek üçüncüden ayrıldığı sorulmuştur. Bunu yaparken proje planlama aşamasındaki faktörlerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Oluşturulan ortak yapılar listelendiğinde birinci ve üçüncü sırada müşterinin bilgi, beceri ve deneyim düzeyinin yer aldığı görülür. Buna göre, müşterinin ürün gereksinimlerini ne kadar iyi kavradığı ve konuya ne kadar

hâkim olduğu ilk sırada verilmiştir. Yine müşterinin ya da kullanıcıların bilişim sistemlerine olan yatkınlığı ve deneyimi üçüncü sıradadır. Diğer taraftan, üst düzey yönetimin ya da proje sahibinin projeye sahip çıkma derecesi ikinci sırada yer almıştır. Geliştirilecek ürünün diğer sistemlerle olan etkileşimi, proje ölçeği, proje üzerindeki kontrolün ana kaynağı, proje ekibinin ürün geliştirme konusuna ve geliştirme teknolojilerine olan hâkimiyeti, uygulamanın mantıksal karmaşıklığı ve uygulanacak teknolojinin olgunluk düzeyi listedeki diğer ortak yapılardır.

Field yazılım geliştirme faaliyetlerinde sıkıntı yaratan durumları incelemiş, BT projelerindeki başarısızlığın nedenlerini on başlık altında özetlemiştir. Bunlar proje yöneticisinin kullanıcı taleplerini anlamaması, proje kapsamının düzgün belirlenememesi, projede değişikliğin iyi yönetilememesi, seçilen teknolojilerin değişmesi, işletme ihtiyaçlarının değişmesi, teslimat sürelerinin gerçekçi olmaması, kullanıcının direnç göstermesi, desteğin kaybedilmesi, projeye uygun eleman bulunamaması ve yöneticilerin geçmişte yapılan hataları göz ardı etmeleri olarak sıralanmaktadır (Reel, 1999'da atıfta bulunulduğu gibi).

Ropponen ve Lyytinen'in (2000) 83 adet yazılım proje yöneticisi arasında gerçekleştirdiği bir anket çalışmasında, yazılım geliştirme risk öğelerine ve bu öğeler üzerinde etkili olan etmenlere odaklanmıştır. Bu çalışmada zamanlama riskleri, sistem işlevselliği riskleri, alt yüklenici riskleri, gereksinimlerin yönetimi riskleri, kaynak kullanımı ve performans riskleri ve personel yönetimi riskleri olmak üzere altı temel risk unsuru ele alınmıştır.

Cule ve diğ. (2000) BT proje risklerini iç ve dış riskler olarak ikiye ayırır. İç riskler proje yönetimi ve proje görevleri olarak sınıflandırılırken dış riskler iç ve dış müşterilerden ve dış çevreden kaynaklanan riskler olarak değerlendirilir. 41 adet tecrübeli proje yöneticisiyle yürütülen çalışmada elde edilen 53 risk unsuru bu dört kategori altında toplanmıştır.

Keil ve diğ.(1998) yazılım projelerindeki riskleri dört sınıf altında toplar: Müşteri etkisi, kapsam ve gereksinimler, gerçekleştirme ve çevresel etkiler. Müşteri etkisi, müşteri katılımı gibi müşteri ve son kullanıcılarla ilgili olan etmenleri kapsar. Bu sınıftaki etmenlerin çoğu proje yöneticisinin kontrolü dışındaki durumları gösterir ve proje başarısını doğrudan etkiler. Kapsam ve gereksinim sınıfı, proje yöneticisinin sistem kapsamını belirleyebilme yeteneğiyle ilgilenir. Gerçekleştirme sınıfı, proje

ekibinin yetersiz olması, geliştirme yöntemlerinin uygun olmaması, projenin doğru planlanmaması gibi durumlarla ilgilenir. Çevre etmeni projeyi etkileyebilecek iç ve dış çevre unsurlarıyla ilgilenir.

Schmidt ve diğ. (2001) Barki ve diğ.'lerinin (1993), Boehm'in (1989) ve Moynihan'ın (1997) oluşturduğu risk sınıflarını incelemiş; bu sınıflara yeni risk etmenleri ilave ederek tüm riskleri on dört sınıf altında toplamıştır. Oluşturulan risk sınıfları şunlardır: İşletme çevresi, projeye destek ya da projeyi sahiplenme, ilişki yönetimi, proje yönetimi, kapsam, gereksinimler, mali destek, takvim, personel, eleman sağlama, teknoloji, dış bağımlılıklar ve planlama. Bu çalışmada üç aşamalı Delphi yöntemi kullanılarak yazılım risklerine öncelik verilmiştir. Çalışmaya 45 adet deneyimli proje yöneticisi katılmıştır. Proje başarısını etkileyen unsurlar önem derecesine göre sıralandığında tüm risklerin on bir adet risk etmeni altında gruplandırılabildiği görülmüştür. Buna göre üst düzey yönetiminin taahhüdü en etkin risk etmenidir. Bunu sırasıyla gereksinimlerin hatalı anlaşılması, kullanıcı katılımını sağlamadaki başarısızlıklar, son kullanıcı beklentilerini karşılamadaki başarısızlıklar, proje kapsamının ve amacının değişmesi, deneyimli ve bilgili personelin yeterli düzeyde olmaması takip eder.

Wang ve diğ. (2005) ürün geliştirme sürecindeki riskleri daha farklı bir açıdan incelemiş; bilgi kaybı, ürün veya projenin sahiplenilmemesi ya da kontrolün kaybedilmesi, geliştirmenin planlanandan fazla zaman alması, amaçların farklılık göstermesi, üçüncü kişilerin sözlerinde durmamaları ve ortakların rakip olması gibi risklerin olabileceğinden bahsetmiştir.

Han ve Huang (2007) 27 adet yazılım riskini kullanıcılar, gereksinimler, proje karmaşıklığı, planlama ve kontrol, ekip ve kurumsal çevre olarak tanımlanan altı risk sınıfı altında toplamış, bu risk sınıflarının proje performansı üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. 115 adet yazılım proje bilgisi üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada yazılım risklerinin proje performansı üzerindeki etkileri beşli Likert ölçeği ile ölçülür. Her bir riskin oluşma olasılığı ve bunların teknik performans, maliyet ve takvim üzerindeki etkileri bir ile beş arasında değişen rakamlarla belirlenir.

Wiegers (2007) yazılım risklerini bağımlılıklar, gereksinimler, yönetim, bilgi eksikliği ve dış kaynak kullanımı olmak üzere beş grup altında toplanmıştır. Bağımlılık grubu, proje tarafından kontrol edilemeyen, proje dışındaki aktörler

tarafından yaratılan riskleri içerir. Bağımlılıkla ilgili risk etmenleri müşteri kaynaklı öğeler ve bilgiler, alt yüklenici ya da tedarikçi ilişkileri, bileşenler ya da gruplar arası bağımlılıklar, deneyimli ve eğitimli personelin mevcudiyeti ve projeden projeye aktarılan bileşenler, öğeler, kütüphaneler ve alt yapılar olarak sıralanır.

Kesinleştirilmeyen ürün kapsamı, üzerinde uzlaşılamayan, öncelik verilmemiş ve sürekli değişen ürün gereksinimleri, müşterinin katkı sağlamadığı gereksinim analizi süreci ve belirsiz piyasa beklentileri gereksinim kaynaklı etmenleri oluşturmaktadır. Yanlış öngörülen proje planları, gerçekçi olmayan sözlerin verilmesi, son kullanıcıların ya da müşterilerin gerçekçi olmayan beklentileri, ekip elemanları arasındaki anlaşmazlıklar ve sahiplenilmeyen projeler yönetim risklerini oluşturur. Ekip elemanlarının uygulanan teknikler, yöntemler ve araçlar hakkında yeterli donanıma sahip olmaması, alan uzmanlığının yetersiz olması, hatalı teknik çözümlerin önerilmesi ve geliştirme süreçleri konusunda yeterli bilgiye sahip olmama bilgi eksikliği çerçevesinde ele alınır. Yine dış kaynak problemleri tedarik süreciyle ilgili sıkıntıları tedarikçi, tedarik süreci ve yaptırımlar, kurallar ve düzenlemeler çerçevesinde inceler (Wiegers, 2007).

Yazılım mühendisliği enstitüsü (SEI-Software Engineering Institute) yazılım geliştirme projelerindeki tüm riskleri yazılım geliştirme yaşam döngüsü riskleri, geliştirme ortamı riskleri ve program amaçlı çevresel riskler sınıfları altında toplar. Yazılım geliştirme yaşam döngüsü riskleri, gereksinim analizi, tasarım, gerçekleştirme, doğrulama ve geçerleme gibi geleneksel geliştirme süreçlerinden kaynaklanan risklerdir. Geliştirme ortamı sınıfında geliştirme süreçleri (süreç tanımları ve yöntemleri), geliştirme sistemi (kullanılan araçlar ve aletler gibi), yönetim süreçleri (planlama ve bütçeleme gibi), yönetim yaklaşımı ve çalışma ortamı gibi alt sınıflar tanımlanır. Bu etmen sınıfı geliştirme ortamında kullanılan yazılımların ve donanımların seçimi, geliştirme sisteminin kapasitesi, kullanılabilir olması, diğer sistemlerle uyumlu olması ve ekibin bu sisteme aşina olması gibi birçok etmeni içinde barındırır. Program kısıtları sınıfı ise kaynakları, şartnameyi ve program ara yüzleri gibi etmenleri kapsar (Kendall ve diğ., 2007).

Nidumolu (1996a) 64 adet proje üzerinde gerçekleştirdiği bir anket çalışmasında gereksinim belirsizlikleri, yatay koordinasyon düzeyi ve dikey koordinasyon düzeyi ile performans riskleri, süreç kontrolü ve süreç esnekliği arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışmada kullanılan tüm değişkenler beşli Likert ölçeğinde

tanımlanmıştır. Gereksinim belirsizlikleri etmeni, gereksinimlerin istikrarsızlığı, gereksinimlerin çeşitliliği ve gereksinimlerin analiz edilebilirliği etmenlerinin birlikte değerlendirilmesiyle elde edilir.

Jiang ve Klein (2000) 86 adet proje yöneticisi arasında gerçekleştirdiği bir anket çalışmasında yazılım proje verimliliğini etkileyen etmenleri ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada tüm değişkenler yedi puanlık sıralama ölçeğinde tanımlanmıştır. Burada proje verimliliği ile proje hedeflerine ulaşma yeteneği, yapılan işin miktarı ve kalitesi, takvime ve bütçeye sadık kalma gibi etmenler kastedilmektedir. Çalışmada teknolojik satın alma, proje büyüklüğü, proje ekibinin genel deneyimi, ekibin ürün geliştirme tecrübesi, ekibin görev ya da alan tecrübesi, kullanıcı desteği, anlaşmazlıkların yoğunluğu, rollerin açık bir şekilde tanımlanmaması, kaynakların yetersiz olması, uygulamaların karmaşıklığı, kullanıcının deneyimi ve değişikliklerin kapsamı ile proje verimliliği arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Wallace ve diğ. (2004a) kurumsal çevre riski, gereksinim riski, kullanıcı riski, planlama ve kontrol riski, proje karmaşıklığı riski ve ekip riski olarak adlandırılan altı yazılım risk sınıfı ile geliştirme süreç performansı ve nihai ürün performansı arasındaki ilişkileri inceler. Çalışmada ilk olarak bu altı risk sınıfı kendi içinde değerlendirilir; en uygun risk grupları seçilerek sosyal, teknik ve proje yönetimi alt sistem risk sınıfları elde edilir. Daha sonra bu alt sistem risk etmenleriyle süreç ve ürün performansları arasındaki ilişkiler analiz edilir.

Procaccino ve diğ. (2006) yazılım geliştirmedeki başarı etmenlerini, Web tabanlı bir anket yardımıyla ortaya çıkarır. Anket çalışmasına 20 yazılım firmasını temsilen 30 geliştirmeci katılmıştır. Soruların tamamı yedili Likert ölçeğinde tanımlanmıştır. Analiz sonuçları yazılım geliştirme başarısındaki en etkili etmenin açık ve anlaşılır bir şekilde tanımlanan gereksinimler olduğunu gösterir. Bunu ekibin yeterli yetkinliğe sahip olması ve müşteri ve geliştirme ekibi arasındaki ilişkinin iyi olası takip eder.

Tiwana ve Keil (2006) yazılım projelerindeki işlevsellik riskine odaklanmış, müşteri katılımı, teknik bilgi, gereksinimlerin değişkenliği, geliştirme yöntemi, formal proje yönetimi pratikleri ve proje karmaşıklığı gibi etmenlerin etkisini incelemiştir. 60 adet firma yöneticisinden gelen yanıtlara göre geliştirme yöntemi, müşteri katılımı ve

formal proje yönetimi pratikleri etmenleri işlevsellik riskinde en yüksek önem derecesine sahiptir.

Tesch ve diğ. (2009) proje başarısında yazılım geliştiricilerin alan uzmanlığının ve kullanıcıların yazılım geliştirme tecrübesinin ne kadar etkili olduğunu, ekibin problem çözme yetkinliğini dikkate alarak inceler. Bu çalışma kullanıcılardan ve geliştiricilerden oluşan 168 adet bilişim profesyoneli arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanıcıların ve geliştiricilerin bilgi düzeyi, ekibin problem çözme düzeyi ve proje başarısı beşli Likert ölçeğinde tanımlanmıştır.

Jiang ve diğ.'lerinin (2009) 151 adet BT proje yöneticisi arasında gerçekleştirdiği bir çalışmada gereksinimlerin istikrarsızlığı, gereksinimlerin çeşitliliği ve paydaşların algı boşluğu ele alınmış; bu etmenlerle projelerdeki artık performans riski ve proje yönetimi performansı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmada kullanıcı ile BT personeli arasındaki yatay koordinasyonun düzeyi kontrol değişkeni olarak seçilmiştir. Yine çalışmada kullanılan tüm bağımlı ve bağımsız değişkenler beşli Likert ölçeğinde tanımlanmıştır.

Chin ve diğ. (2009) çalışmalarında yeni ürün geliştirme projelerindeki riskleri Ar-Ge, tedarik, ürün güvenilirlik ve üretim riskleri şeklinde sınıflandırmış; yazılım geliştirme proje risklerini analiz eden bir Bayes ağ modeli oluşturmuştur.

Cerpa ve diğ. (2010) proje başarısında etkili olabilecek etmenleri lojistik regresyon yöntemi kullanarak modellemiştir. Bu çalışmada müşteri beklentilerinin gerçekçi olması, gereksinimlerin iyi tanımlanması, kestirimlerin düzgün yapılması ve proje yönetiminin iyi olması gibi farklı etmenler ele alınır. Çalışmada kullanılan tüm değişkenler kategorik ya da sıralama ölçeğinde tanımlanmıştır. Modellemeye giren etmenler içinden sadece üçü anlamlı bir lojistik regresyon modeli oluşturur. Buna göre bir yazılım projenin başarısı iyi tanımlanan gereksinimler, projeye geç katılan elemanlar ve proje yöneticisinin becerisiyle belirlenir.

Jun ve diğ.'lerinin (2011) yürüttüğü bir anket çalışmasında proje belirsizliği, proje planlama ve kontrol, iç bütünleşme ve kullanıcı katılımı ile geliştirme süreç performansı ve nihai ürün performansı arasındaki ilişkiler incelenir. 93 adet yazılım proje yöneticisinin katıldığı bu çalışmada süreç başarısı, takvim ve bütçe hedeflerine uymadaki başarının bir göstergesidir. Yine bu çalışmada proje belirsizliği dört farklı

etmenin (proje büyüklüğü, teknik karmaşıklık, ekip yetkinliği ve müşterilerin ya da kullanıcıların tecrübesi) birlikte değerlendirilmesiyle elde edilir.

Narayanan ve diğ.'lerinin (2010) 186 adet yazılım projesi üzerinde gerçekleştirdiği bir çalışmada proje planlaması, iletişim etkinliği ve ekip sürekliliği etmenleri ele alınmıştır. Çalışma bu üç etmenin proje performansını olumlu yönde etkilediği ortaya çıkmış; büyük ölçekli projelerde ekip sürekliliğinin proje performansı üzerindeki etkisinde bir azalma olduğunu görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan tüm değişkenler beşli Likert ölçeğinde tanımlanmıştır.

Liu ve diğ.'lerinin (2011) 114 adet BT profesyoneli arasında gerçekleştirdiği bir anket çalışmasında kişiler arası çatışmalar, gereksinimlerin belirsizliği ve gereksinimlerin çeşitliliği etmenleri ele alınmış; bu etmenlerle proje performansı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan tüm değişkenler yine beşli Likert ölçeğinde tanımlanmıştır. Çalışmada proje performansı, proje hedeflerine ulaşma yetkinliği, yapılan işin miktarı ve kalitesi, takvime ve bütçeye sadık kalma, çalışma morali ve görev verimliliği değişkenlerinin birlikte değerlendirilmesiyle elde edilmiştir. Yine burada kişiler arası çatışmalar ile kullanıcı ve BT geliştiricileri arasındaki çatışmalar kastedilmiştir.

Yürütülen literatür araştırmasında elde edilen bilgiler müşteri ve son kullanıcı kaynaklı riskler, gereksinim kaynaklı riskler, ekip elemanlarının neden olduğu riskler ve proje yönetimi riskleri, tasarım ve gerçekleştirme riskleri, geliştirme ve test ortamı, teknolojisi ve araçlarıyla ilgili riskler, dış çevre bağımlılıkları ve genel proje ve kurum riskleri olmak üzere sekiz risk sınıfı altında özetlenmiştir. Müşteri ve gereksinim kaynaklı riskler Çizelge 2.1'de, tasarım, gerçekleştirme ve testlerle ilgili riskler Çizelge 2.2'de, ekip elemanlarından ve proje yönetiminden kaynaklanan riskler Çizelge 2.3'te verilmiştir. Proje ve dış çevre bağımlılıklarıyla ilgili riskler ise Çizelge B.1'de verilmiştir (bkz. EK B).

Çizelge 2.1 : Müşteri ve gereksinim kaynaklı riskler.

Müşteri/Son Kullanıcı Kaynaklı Riskler	İlk yazar (yıl)	Gereksinim Kaynaklı Riskler	İlk yazar (yıl)
Müşterilerin projeye katkı düzeyi, projeye sahip çıkması	Barki (1993), Keil (1998),Cule (2000), Schmidt (2001), Wallace (2004a), Tiwana (2006), Han (2007), Kendall (2007), Wiegers (2007)	Sürekli değişen gereksinimler	Boehm (1991), Nidumolu (1996a), Curtis (1988),Keil (1998), Schmidt (2001), Cule (2000), Ropponen (2000), Wallace (2004a), Han (2007), Wiegers (2007), Jiang (2009), Liu (2011)
Müşterilerin ürün gereksinimlerini anlama ve algılama düzeyi ve bilgisi; uygulama alanı uzmanlığı	Moynihan (1997), Cule (2000), Jiang (2000), Tesch (2009),Jun (2011)	Gereksinimlerin hatalı yorumlanması ya da kullanıcı beklentilerini yerine getirememe	Field (1997), Keil (1998), Schmidt (2001), Kendall (2007), Cule (2000)
Bilişim teknolojileri deneyimi ve bilgisi	Moynihan (1997), Barki (1993), Jiang (2000), Barki (2001), Tesch (2009)	Tahmin edilmeyen unsurların oluşması	Kendall (2007), Keil (1998), Schmidt (2001)
Müşteriyle ya da kullanıcılarla olan iletişim, müşteriyle kurulan ilişki ya da birliktelik	Kendall (2007), Simons (1997), Wallace (2004a), Han (2007), Jiang (2009)	Gereksinimlerin evrim geçirmesi	Kendall (2007)
Müşterinin ya da kullanıcının sürece yeterli düzeyde katılmaması, destek vermemesi, olumsuz davranışlar sergilemesi	Keil (1998), Schmidt (2001), Cule (2000), Barki (1993), Wallace (2004a), Han (2007),Jun (2011)	Gereksinimlerin açık ve anlaşılır bir şekilde yazılmaması	Kendall (2007), Curtis (1988), Wallace. (2004a), Han (2007)
Sistemi kullanan son kullanıcıların sayısı	Barki (1993), Jiang (2000)	Gereksiz gereksinimler	Boehm (1991)
Kullanıcının projedeki rolünü/önemini anlayamaması	Jiang (2000), Tesch (2009)	Gereksinimlerin tam ve doğru olmaması	Kendall (2007), Wallace (2004a), Han (2007), Cerpa (2010)
Kullanıcı ile geliştiriciler arasındaki çatışmalar	Jiang (2000), Han (2007), Liu (2011)	Gereksinimlerin çeşitliliği	Nidumolu (1996a), Jiang (2009), Liu (2011)
		Gereksinimlerin analiz edilebilirliği	Nidumolu (1996a)

Çizelge 2.2 : Tasarım, gerçekleştirme ve testlerle ilgili riskler.

Tasarım ve Gerçekleştirme Riskleri	İlk yazar (yıl)	Geliştirme ve Test Ortamı, Teknolojileri, Araçlarıyla İlgili Riskleri	İlk yazar (yıl)
Diğer sistemlerle birlikte çalışma ihtiyacı	Moynihan (1997), Jiang (2000), Wallace (2004a)	Geliştirme ortamını ya da platformunu seçme özgürlüğü	Moynihan (1997)
Uygulamaların ya da işlevlerin karmaşıklığı ve zorluğu	Moynihan (1997), Barki (1993), Jiang (2000), Barki (2001), Kendall (2007)	Kullanılan teknolojinin olgunluk düzeyi, teknolojinin değişimi	Field (1997), Barki (1993), Moynihan (1997), Simons (1997), Wallace (2004a), Han (2007)
Mimari tasarımın zaman içinde değişmesi, hatalı teknik çözümler	Cule (2000), Schmidt (2001), Wiegers (2007)	Geliştirme ortamının ya da teknolojilerin getirdiği zorluklar	Cule (2000), Kendall (2007)
İşlevler arasındaki uyuşmazlıklar	Simons (1997)	Yeni teknolojilerin uygulanması	Keil (1998), Cule (2000), Barki (1993), Schmidt (2001), Wallace (2004a), Han (2007), Jun (2011)
İşlevlerin benzersizliği	Belassi (1996)	Bilgisayar bilimi yeteneklerinin yetersizliği	Boehm (1991)
İşlevlerin ve özelliklerin, kullanıcı ara yüzlerinin hatalı geliştirilmesi	Boehm (1991)	Gerçek zamanlı performans eksiklikleri	Boehm (1991)
Geliştirmenin planlanandan fazla zaman alması	Wang (2005)	Projede daha önceleri diğer projelerde kullanılmamış teknolojilerin uygulanması	Wallace (2004a), Han (2007), Jun 2011)
Ürün tasarımlarının karmaşıklığı	Chin (2009)		
Teknik karmaşıklığın çok yüksek olması	Wallace (2004a), Han (2007), Jun (2011)		
Sistem işlevselliği riskleri (İşlevlerin ve özelliklerin doğruluğu, ara yüzlerin yeterli olması gibi)	Ropponen (2000)		

Çizelge 2.3 : Ekip elemanlarından ve proje yönetiminden kaynaklanan riskler.

Ekip Elemanlarından Kaynaklanan Riskler	İlk yazar (yıl)	Proje Yönetiminden Kaynaklanan Riskler	İlk yazar (yıl)
Ekip elemanların sayısı, ekibin yeterli olmaması	Barki (1993), Jiang (2000), Ropponen (2000)	Proje yönetimi bilgi ve becerisinin yetersiz olması	Schmidt (2001), Cule (2000), Belassi (1996), Wallace (2004a), Han (2007), Cerpa (2010)
Ekibin dağılımı	Barki (1993)	Proje rollerinin açık olmaması	Barki (1993), Schmidt (2001) Jiang (2000)
Ekip elemanları arasındaki koordinasyonun ve işbirliğinin sağlanamaması, anlaşmazlığın olması	Nidumolu (1995), Curtis (1988), Cule (2000), Belassi (1996), Wiegers (2007), Barki (1993),Jiang (2000), Schmidt (2001), Wallace (2004a), Scott-Young (2008), Jun (2011), Narayanan (2010)	Değişikliği düzgün yönetememek, gelişimi izleyememek, kontrolu sağlayamamak ya da projeyi sistematik bir şekilde yönetememek	Field (1997), Belassi (1996), Cule (2000), Schmidt (2001), Wallace (2004a), Han (2007), Jun (2011)
Uygulamalara aşina olmama, alan deneyimi ve uzmanlığının olmaması	Curtis (1988), Barki (1993), Moynihan (1997), Keil (1998), Schmidt (2001), Cule (2000), Belassi (1996), Wiegers (2007), Tesch (2009), Jiang (2000), Jun (2011)	Hatalı geliştirme yaşam döngüsü modelini uygulama	Schmidt (2001), Cule (2000), Belassi (1996)
Tecrübesiz ya da projenin ihtiyaç duyduğu deneyime sahip olmayan elemanlar, ekip elemanlarının doğru eğitilememesi	Field (1997), Keil (1998), Schmidt (2001), Ropponen (2000), Wallace (2004), Han (2007), Scott-Young (2008)	Kaynak kestirimlerinin hatalı yapılması	Wallace (2004a), Han (2007)

Çizelge 2.3 (devam): Ekip elemanlarından ve proje yönetiminden kaynaklanan riskler**.**

Ekip Elemanlarından Kaynaklanan Riskler	İlk yazar (yıl)	Proje Yönetiminden Kaynaklanan Riskler	İlk yazar (yıl)
Ürün geliştirme deneyim ve tecrübesinin yeterli olmaması, geliştirme süreçlerinin ya da ortamının bilinmemesi	Barki (1993), Moynihan (1997), Keil (1998), Schmidt (2001), Cule (2000), Belassi (1996), Wallace (2004), Wiegers (2007), Jiang (2000), Scott-Young (2008), Jun 2011)	Proje planlarının gerçekçi olmaması, planlamaya özen gösterilmemesi	Belassi (1996), Field (1997), Cule (2000), Schmidt (2001), Wallace (2004a), Han (2007), Wiegers (2007), Jun 2011) Narayanan (2010)
Proje çalışanların istikrarsızlığı, süreksizliği	Cule (2000), Schmidt (2001), Wallace (2004a), Scott-Young (2008), Narayanan (2010)	Liderlik özelliğinin yeterli olmaması	Schmidt (2001, Wallace (2004a),
İnsan kaynaklarıyla ilgili genel durumlar	Simon (1997)	Proje yönetme tekniğinin/yönteminin doğru seçilememesi	Schmidt (2001), Wallace (2004a), Han (2007)
Ekibin yönetim/idari tecrübesi ve yeteneği	Tesch (2009)	Etkin olmayan iletişim	Jiang (2000), Wallace (2004a), Han (2007)
Ekip elemanlarının projeye geç dâhil edilmesi	Cerpa (2010)	Genel takvim ve zamanlama riskleri (takvim değişiklikleri gibi)	Ropponen (2000)
Proje tanımlamalarına ve takvim çalışmalarına katılım	Jun (2011)	Kaynak kullanımı ve performans riskleri	Ropponen (2000)

2.4 Yazılım Projelerinde Kestirim Yöntemleri

Yazılım geliştirme projelerinde iş gücü kestirim çalışmalarının geçmişi 1965'li yıllara kadar uzanır. En sık kullanılan kestirim modelleri Çizelge 2.4'te verilmiştir. Bu modeller yazılım ürün büyüklüğü üzerinden geliştirme çabasının kestirimine odaklanır.

İlk kestirim modellerinde ürün büyüklüğü tek başına doğrusal bir fonksiyonun girdi parametresi olarak kullanıldı. 1970'li yıllarda karmaşıklık parametresi çaba kestirimlerine bir büyüklük çarpanı olarak eklendi. Zamanla doğrusal fonksiyonlardan büyüklüğün, üretkenliğin ve zamanın kullanıldığı üstel fonksiyonlara geçiş yapıldı (Boehm ve Valerdi, 2008).

Çizelge 2.4 : Yazılım kestirim modelleri (Boehm ve Valerdi, 2008).

Modelin Adı	Yıl
SDC (Systems Development Corp.)	1965
TRW Wolverton	1974
Putnam SLIM (Software Lifecycle Management)	1976
Boeing Black	1977
Doty	1977
IBM-FSD (IBM Federal Systems Division)	1977
RCA Price S	1977
Walston-Felix	1977
IBM function points	1979
Bailey-Basili Meta-Model	1981
Cocomo (Constructive Cost Model)	1981
SoftCost-R	1981
Estimacs	1983
Jensen/SEER (Software Evaluation and Estimation of Resources)	1983
SPQR (Software Productivity Quality and Reliability)/Checkpoint	1985

Putman tarafından geliştirilen SLIM, ürün büyüklüğü olarak kod satır sayısını kullanır. Ürün büyüklüğünü referans alan bu model Rayleigh eğrisi kullanarak çaba kestirimlerini yapar. Rayleigh eğrisinin şeklini iki parametre belirler: Eğrinin başlangıç eğimi ve üretkenlik etmeni. Eğrinin başlangıç eğimi iş gücü tanımlama indeksi olarak da tanımlanır (Kemerer, 1987'de atıfta bulunulduğu gibi).

1981 yılında Barry Boehm tarafından geliştirilen COCOMO modeli ürün büyüklüğünü ve maliyeti etkileyen unsurları kullanarak yazılım geliştirme süresini ve çabasını hesaplar (Kemerer, 1987'de atıfta bulunulduğu gibi). Modelin ilk hali Formül 2.1'de verilmiştir. Burada "MM" iş gücünü, "C" ve "k" sabit sayıları ve KSLOC (Thousand Software Lines of Source Code) ise satır sayısı ile ölçülen ürün

büyüklüğünü temsil eder (Kemerer, 1987). Zamanla model üzerinde iyileştirmeler yapılmış ve Formül 2.2 elde edilmiştir. Bu formüldeki "EM" değişkeni, süreç karmaşıklığı, geliştiricilerin tecrübesi, alan uzmanlığı, veri tabanı büyüklüğü ve takvim kısıtları gibi çaba çarpanlarını gösterir (Chen ve diğ., 2005).

$$MM(\text{İşgücü}) = C \times (KSLOC)^k \quad \textbf{(2.1)}$$

$$MM(\text{İşgücü}) = C \times (KSLOC)^k \times (\Pi EM_j) \quad \textbf{(2.2)}$$

Programlama dillerindeki farklılık kod satır sayısını kullanan kestirim modellerini tutarsız hale getirir. Satır sayısı hesaplarındaki bu sıkıntıdan dolayı proje karmaşıklığının ve işlevselliğin ön planda tutulduğu modeller geliştirilmiştir. Fonksiyon nokta analizi (FNA) ve Demarco metrikleri (Demarco's Bang Metrics) yazılım büyüklüğünü sistem işlevselliği üzerinden ölçen iki yöntemdir. Albrecht tarafından önerilen FNA yöntemi, geliştirilen sistemin işlevselliği üzerinden yazılım sisteminin büyüklüğünü ve karmaşıklığını hesaplar. Bu yöntemle geliştirilen programlama dilinden bağımsız bir şekilde ürün büyüklüğü belirlenir. Hesaplanan ürün büyüklüğü fonksiyon noktaları doğrusal regresyon modeline verilerek geliştirme sürecinin çabası tahmin edilir (Park ve Baek, 2008'de atıfta bulunulduğu gibi).

Literatürde yazılım geliştirme sürecinde çabayı ve üretkenliği etkileyen başka etmenler de vardır. Son zamanlarda bu etmenlerinde hesaba katıldığı modeller üzerinde çalışılmaktadır. Yapay sinir ağları (ANN-Artificial Neural Network) ve bulanık mantık gibi yapay zekâ uygulamaları yazılım geliştirme çabasının kestiriminde kullanılan yöntemlerden birkaçıdır. Finnie ve diğ. (1997) yazılım geliştirme çaba kestirimlerinde yapay sinir ağları yöntemini kullanmış; 50 adet örnek durum üzerinden bir kestirim modeli oluşturmuştur. Model ürün büyüklüğünü (fonksiyon noktalarını), programlama ortam bilgisini ve on dört adet genel sistem özelliklerini kullanarak yazılım geliştirme çabasını hesaplar. Aynı çalışmada regresyon analizi, ANN ve durum tabanlı çıkarsama (CBR-Case Based Reasoning) tekniklerini kullanan kestirim modellerinin performansları da karşılaştırılır.

Lee (1993) analitik hiyerarşi sürecini (AHP-Analytic Hierarchy Process) kullanan bir yazılım kestirim modeli üzerinde çalışmıştır. Burgess ve Lefley (2001) yazılım çaba tahminlerinde genetik programlama (GP) tekniğini kullanmış, bu tekniğin faydasını

doğruluk ve kullanım kolaylığı çerçevesinde değerlendirmiştir. Grimstad ve Jørgensen (2007) ise uzman yargılarına dayalı tekniklerin tutarsızlığını analiz etmiştir. Park ve Baek (2008) fonksiyon noktalarının, proje büyüklüğünün ve deneyimli personel sayısının da içinde olduğu altı etmeni kullanarak bir ANN kestirim modeli oluşturmuştur. Bu modelin performansı, uzman yargılarından ve geleneksel regresyon modellerinden elde edilen kestirim bilgileriyle karşılaştırılmıştır.

Yazılım projeleri iş gücü kestirimlerinde karşılaştırmaya dayalı iş gücü kestirimi (EBA-Effort Estimation by Analogy) yöntemi sıkça kullanılan bir yöntemdir. Yöntem aynı tipte ve aynı özelliklere sahip projelerin geçmiş verilerine odaklanır, benzer ölçümler kullanılarak oluşturulan ortak özellik kümesinden projeler seçilir. Benzer projeler arasında en yakın olanlar bulunur ve bunlar üzerinde yapılan uyarlamalar ile hedef projenin iş gücü kestirimleri gerçekleştirilir (Li ve diğ., 2007).

Pendharkar (2004) çoklu regresyon analizi, sınıflandırma ve regresyon ağacı (CART-Classification and Regression Tree) ve CHAID yöntemlerini kullanarak ürün büyüklüğünü öngören modeller geliştirmiştir. Geliştirilen bu modellerde satır sayısı bağımlı değişken olarak seçilirken, yazılım geliştirme yöntemleri, alt sınıflar, grafik kullanıcı ara yüzü (GUI-Graphical User Interface) bileşenleri ve her bir bileşendeki durum sayısı bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini iki yıllık bir projedeki C++ programlama diliyle yazılan 152 adet yazılım bileşeni oluşturur. Çalışmada bu örneklem bilgileri kullanılarak kestirim modelleri oluşturulmuştur.

Pendharkar ve diğ. (2005) Bayes yöntemini yazılım geliştirme çaba kestirim modeli oluşturmada kullanır. Oluşturulan modelin performansı ANN ve CART yöntemleri kullanılarak geliştirilen kestirim modellerinin performansı ile karşılaştırılır. Geliştirilen modellerde yazılım araç türü, araç deneyimi ve geliştirme türü bağımsız değişken olarak seçilmiştir.

Pendharkar (2010) yazılım büyüklüğü ve yazılım çabası kestirimlerinde değiştirilmiş probabilistik sinir ağları (PNN-Probabilistic Neural Network) yöntemini kullanmıştır. Yürütülen bu çalışmada PNN ve CHAID tekniklerini kullanan kestirim modellerinin performansı da karşılaştırılmıştır.

Elish (2009) MART (Multiple Additive Regression Trees) yöntemini kullanarak yazılım geliştirme çaba kestirimleri için bir model oluşturmuştur. Bu modelin performansı aynı veri kümesinden elde edilen doğrusal regresyon ve ANN modelleriyle karşılaştırılmıştır. Model oluşturma esnasında NASA yazılım projeleri veri kümesindeki 18 adet proje bilgisi kullanılmıştır. Geliştirilen satırların sayısı ve uygulanan yazılım yöntemleri bu modelin bağımsız değişkenleridir. Çalışmada modelin ürettiği çaba kestirimlerinin doğruluğu diğer modellerle karşılaştırılmış; bu modelin doğrusal regresyon ve yapay sinir ağları modellerine göre daha iyi sonuç ürettiği gösterilmiştir.

Pfleeger ve Bohner (1990) yazılım ürünlerinin bakım modelini oluştururken etki analizi kavramını uygulamış, bakım süreci sırasında bir yazılımda meydana gelen herhangi bir değişimin hangi yazılım iş ürünlerini etkilediğini izlenebilirlik şemaları ile göstermiştir. Oluşturulan etki analizi modeli kavramsal seviyede kalmış, modelin işlevsel seviyedeki davranışı kurgulanmamış ve değişimin etkileri sayısal olarak gösterilmemiştir.

Yazılım ürün geliştirme sürecinde çaba kestirimlerinin yanı sıra hata yoğunluğu kestirimleri de ön plana çıkmaktadır. Fenton'un da içinde bulunduğu birçok çalışmada yazılım hata yoğunluğu öngörülerinde Bayes ağ modeli uygulanmıştır (Fenton ve diğ., 1996; Fenton ve diğ., 2002; Fenton ve diğ., 2004; Fenton ve diğ. 2007a; Fenton ve diğ., 2007b). Fenton ve diğ. (2007a) yazılım hataları ve güvenilirlik öngörüleri arasındaki ilişkiyi Bayes ağ yaklaşımı ile modeller. Model tasarım süreç kalitesini, problem karmaşıklığını ve test kalitesini bağımsız değişken olarak kabul etmiş, test aşamasında bulunması gereken hata sayısı modelin hedef değişkeni olmuştur.

Rees ve diğ. (2001) yazılım test problemlerini Bayes ağları yöntemi ile modellenmiş, üç seviyeli Bayes modelleme yaklaşımı ile belli problemlere göre yazılım bileşenlerinin nasıl etkilendiğini incelenmiştir. Noothong ve Sutivong (2006) yazılım geliştirme projelerinde getirisi yüksek olan faaliyetlerin seçiminde Bayes ağ tekniğini kullanmıştır. Wang ve diğ. (2006) yazılım geliştirme ve test aşamalarında takvim, kapsam, kalite ve çaba arasındaki ilişkileri kavramsal düzeyde modelleyen öğe, test verimliliği, kalan hatalar ve test öngörüleri adlı dört Bayes ağ topolojisine odaklanmıştır.

Literatürde yazılım geliştirme çabası üzerinde etkili olan etmenleri konu alan çalışmalar da mevcuttur. Bergeron ve St-Arnaud (1992) geliştirme çabası tahminleri üzerinde etkili olabilecek 19 adet etmeni sekiz sınıf altında toplamış; çaba tahminlerinin yapıldığı aşamaya bağlı olarak, bu etmenlerle tahmin hataları arasındaki ilişkileri analiz etmiştir. Bu sekiz etmen sınıfı kullanıcılar, veri tabanı, personel, büyüklük, programlama dili, zaman kısıtları, proje yönetimi ve karmaşıklık olarak sıralanır. Smith ve diğ. (2001) görev atama etmenleri olarak tanımlanan ekip büyüklüğü, yoğunluk, eşzamanlılık ve parçalanma etmenlerini ele almış, bu etmenlerin geliştirme çabası üzerindeki etkisini incelemiştir.

Gray ve diğ. (1999) hatalı çaba kestirimleriyle tahmin edici değişkenler (büyüklük, tür ve bağlantılar gibi) arasındaki ilişkiyi analiz etmiş; eksik ya da fazla kestirimler için farklı lojistik regresyon modelleri geliştirmiştir. Harter ve diğ. (2000) yazılım geliştirme çabası ile süreç olgunluğu arasındaki ilişkiyi incelemiş; Jørgensen ve Sjøberg (2004) yazılım geliştirme çaba kestirimlerinde müşteri beklentilerinin etkisini ortaya çıkarmış ve Pendharkar ve Rodger (2007) ise ekip büyüklüğünün ve programlama dili gibi diğer parametrelerin yazılım geliştirme çabası üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Jorgensen (2004) yazılım geliştirme çaba kestirimlerindeki doğruluğu regresyon yöntemiyle modellemiştir. Bu modellerde firma rolü, müşteri önceliği ve müşteri katkısı ya da katılımı girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Yine Jiang ve Naudé (2007) proje büyüklüğüne, ortalama geliştirici sayısına, geliştirme türüne, geliştirme diline, geliştirme platformuna ve hızlı uygulama geliştirme kullanımına odaklanmış; bu etmenlerin yazılım geliştirme çabası üzerinde ne kadar etkili olduğunu incelemiştir.

2.5 Çalışmanın Literatürdeki Modellerden Farklılığı

Yazılım alanında yürütülen çalışmalar iki temel konuya odaklanır: Ürün geliştirme sürecini başarısızlığa götüren etmenler ve çaba ve üretkenlik kestirimleri.

Ürün geliştirme sürecini başarısızlığa götüren etmenleri konu alan araştırmalar Bölüm 2.2'de özetlenmiştir. Bu araştırmaların bir kısmı kavramsal düzeyde risk etmenlerini belirlerken, bir kısmı firma ve proje yöneticilerinden gelen bilgileri değerlendirir. Anket ve durum çalışmalarıyla elde edilen risk etmenleri klasik istatistiksel yöntemlerle öncelik belirlemede kullanılır. Yine bir kısım çalışma ürün geliştirme riskleri ile proje performansı arasındaki ilişkileri analiz eder. Bu tip

çalışmalara konu olan bağımlı ve bağımsız değişkenler ad ya da en fazla sıralama ölçeğinde tanımlanır; risk etmenleriyle proje performansı arasındaki ilişkiler sadece bu kapsamda incelenir.

Çaba kestirim çalışmalarında ürün büyüklüğü en önemli girdi parametresidir. Ürün büyüklüğü doğrusal ya da doğrusal olmayan modellere verilerek geliştirme sürecinin çabası hesaplanır. Son zamanlarda ürün büyüklüğü parametresi karmaşıklık (süreç ve ürün karmaşıklığı), ürün zorluğu ve ekip tecrübesi gibi diğer parametrelerle birlikte kullanılmaktadır.

Öte yandan ürün geliştirme sürecindeki sıkıntıların hangi koşullarda etkili olduğu, takvim ya da iş gücü planlarını ne yönde değiştirdiği bilgisine ihtiyaç duyulur. Bu doktora tezi yazılım projelerinin karşı karşıya kaldığı sıkıntıları değerlendirir. Süreçte oluşan sıkıntıların süreç performansını ne kadar etkilediği gerçek proje bilgileri üzerinden tespit edilir. Bu yaklaşımda proje yöneticisinin görüşünden öteye gidilir, gerçekleşen durumlar yerinde tespit edilir. Örnek projelerden elde edilen bu bilgiler istatistiksel yöntemlerle sınanarak süreç üzerinde doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkili olan etmenler bulunur, regresyon ve karar ağacı yöntemleriyle bu etmenlerin etkileri modellenir.

3. BOZUCU ETMEN MODELLERİ

Etkin bir ürün geliştirme sürecinin oluşturulması oldukça zordur. Yeni ürün geliştirme aşamasında ürünün zamanında pazara sunulamaması, performans ve maliyet hedeflerinin tutturulamaması gibi problemlerle çok sık karşı karşıya gelinir (Clark ve Fujimoto, 1991). Diğer işletmelerde olduğu gibi bilişim alanında ürün geliştiren işletmelerde proje hedeflerine uymada sıkıntı yaşar. Standish raporuna göre yazılım projeleri zamanla iyileşme gösterseler bile bu iyileşme beklenen düzeyde olamamaktadır. Öyle ki, 1994 yılında başarıyla tamamlanan projelerin oranı %16.2 iken bu oran 2000'li yıllarda ancak %30'a yaklaşabilmiştir. Buradaki başarılı proje ifadesiyle kendinden beklenen tüm işlevleri yerine getiren bir sistemi en fazla %10 maliyet ya da zaman sapmasıyla gerçekleştiren projeler kastedilmektedir (Humphrey, 2005'te atıfta bulunulduğu gibi).

Etkin bir ürün geliştirme süreç modelinin oluşturulabilmesi için kritik süreç faaliyetlerinin, kaynakların, geliştirilen ürünün ve dış çevrenin çok iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekir. Bu, tasarım sürecinin etkinliğini arttırmak, ürün geliştirme sürecinin süresini azaltmak ve ürün geliştirme maliyetini en aza indirmek için gereklidir (Zu ve Huang, 2004).

Ürün geliştirme sisteminin sistem tanımlamalarına göre farklı bir davranış sergilemesine neden olan hata durumları, tüm ürün geliştirme sistemine ve o sistemin alt bileşenlerine girdi olan etmenlerin bozucu etkilerinden kaynaklanır. Sistemi olumsuz yönde etkileyen tüm süreç girdileri bozucu birer etmendir. Ürün geliştiren organizasyonlarda olası tüm bozucu etmenleri tanımlayabilmek için taktik düzeydeki kritik operasyonel süreçleri, bu süreçlerin kritik faaliyetlerini, kaynaklarını, gereksinimlerini, kısıtlarını ve süreç faaliyetlerini etkileyen diğer etmenleri belirlemek gerekir.

Yazılım temelli ürün geliştirirken geliştirilen ürünün özelliğine göre Yazılım Geliştirme Yaşam Döngüsü (YGYD) modellerinden biri seçilir. Diğer taraftan, seçilen yaşam döngüsü modelinin özelliğinden bağımsız olarak yazılım temelli ürün

geliştirme aşamaları standartlarla belirlenmiştir. Müşteri gereksinimlerinin analiz edilerek anlaşılması, analiz edilen müşteri gereksinimlerine göre mimari tasarımın oluşturulması ve bunun ayrıntılandırılması, ayrıntılı tasarıma göre ürünün gerçekleştirilmesi, gerçekleştirilen ürüne doğrulama ve geçerleme faaliyetlerinin uygulanması ve ürünün müşteriye teslim edilmesi YGYD'nin değişmez aşamalarıdır (Boehm, 1976; Davis ve diğ., 1988; Miller, 1989).

3.1 Ürün Geliştirme Süreç Performansı

Oisen, proje yönetimi başarı kıstasları olarak maliyet, zaman ve kalite kıstaslarını göstermiştir (Atkinson, 1999'da atıfta bulunulduğu gibi). Wateridge (1997) BT projelerinde bütçe, zaman ve kullanıcı gereksinimlerinin yanında diğer etmenlerinde ön plana çıktığını söyler. Buna göre proje hedeflerine ulaşma, kullanıcı memnuniyeti ve kaliteyi sağlama proje başarısında öne çıkan diğer unsurlardır.

Bu çalışma kullanıcı ya da müşteri gereksinimlerinin yerine getirilmesini temel kıstas olarak kabul eder. Buna göre kullanıcı ya da müşteri gereksinimlerinin karşılanmadığı ve bu nedenle iptal edilen projeler kapsam dışı bırakılmıştır. Çalışmada ürün geliştirme süreç performansı projelerdeki toplam süre ve iş gücü sapma değerleriyle ölçülür. Bozucu etmenlerle proje performansı arasındaki ilişkiler toplam süre ve işgücü sapma değerlerine göre ayrı ayrı analiz edilir. İlişki analizleri sonunda elde edilen bulgular yardımıyla, süre ve iş gücü sapmalarında etkili olan etmenlerin bir karşılaştırması yapılır. Buna göre, hangi etmenlerin takvim gecikmelerinde etkili olduğu, hangi etmenlerin iş gücü artışlarına neden olduğu ya da takvim gecikmelerine neden olan etmenlerin iş gücü sapmalarında da etkili olup olmadığı ortaya çıkarılır.

Öte yandan, kullanıcı ya da müşteri gereksinimlerini yerine getiren bir sistemi gerçekleştirirken oluşan süre sapmaları, bu araştırmanın esas hedef değişkenidir. Bozucu etmenlerin proje performansı üzerindeki etkileri süre sapma değerleri dikkate alınarak modellenir.

Proje süre sapmalarının hesaplanabilmesi için tüm projelerden planlanan ve gerçekleşen proje süreleri alınır, Formül 3.1 ve Formül 3.2 uygulanarak genel süre sapma miktarları ve oranları elde edilir.

$$SA_SSM = SüreGerçek - SürePlan \quad \textbf{(3.1)}$$

$$SA_SSO = SA_SSM \times 100/SürePlan \quad \textbf{(3.2)}$$

Yukarıdaki formüllerde proje süre sapması SA_SSM, planlanan ve gerçekleşen proje süreleri SürePlan ve SüreGerçek, süre sapma oranları ise SA_SSO değişkenleriyle gösterilir. Proje süreleri ay mertebesinde hesaplanır.

Proje iş gücü sapmalarının hesaplanabilmesi için tüm projelerden planlanan ve gerçekleşen proje iş gücü değerleri alınır, Formül 3.3 ve Formül 3.4 uygulanarak genel iş gücü sapma miktarları ve oranları elde edilir.

$$SA_İSM = İşgücüGerçek - İşgücüPlan \quad \textbf{(3.3)}$$

$$SA_İSO = SA_İSM \times 100/İşgücüPlan \quad \textbf{(3.4)}$$

Yukarıdaki formüllerde proje iş gücü sapması SA_İSM, planlanan ve gerçekleşen proje iş gücü değerleri İşgücüPlan ve İşgücüGerçek, iş gücü sapma oranları ise SA_İSO değişkenleriyle gösterilir. Proje iş gücü değerleri adam-ay mertebesinde hesaplanır. Adam-ay, bir projede harcanan toplam personel emeğini gösteren bir kavramdır. Burada mesai saatleri ve iş günü temel alınarak ay cinsinden iş gücü hesaplanır.

Proje süre ve işgücü değerleri ile ilgili olan tüm temel ve türetilmiş değişkenler oran ölçeğinde tanımlanır. Proje süre ve iş gücü değişkenlerinin de içinde olduğu temel proje bilgileri Çizelge C.1'de verilmiştir (bkz. EK C). Bu değişkenler kullanılarak elde edilen türetilmiş değişkenler ise Çizelge C.12'de tanımlanır (bkz. EK C).

Bu çalışmada ürün büyüklüğü bilgisi kullanılmaz. Yazılım projelerinde ürün büyüklüğünün temel ölçüsü satır sayısıdır. Projelerin farklı programlama dillerini kullanması, geliştirme araçlarının ya da hazır kütüphanelerin getirdiği ilave büyüklüğün projelerden tam olarak alınamaması, örneklemde veri tabanı uygulamalarını yoğun bir şekilde kullanan ya da gömülü yazılım geliştiren projelerin bulunması ürün büyüklüğü üzerinden değerlendirme yapmayı zorlaştırır.

Çalışmada ürün büyüklüğünü elde etmedeki sıkıntılar nedeniyle gereksinim sayılarına odaklanılır. Bu nedenle projelerden müşteri, sistem, yazılım ve donanım

gereksinimleri sayısı toplanır. Ürün büyüklükleriyle ilgili tüm sorular Çizelge C.3'te verilmiştir (bkz. EK C).

3.2 Bozucu Etmenlere Genel Bir Bakış

Bu çalışmada ürün geliştirme sürecini etkileyen tüm etmenler iki ana kategori altında incelenir: Temel bozucu etmenler ve süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler. Geliştirme sürecini doğrudan etkileyen temel bozucu etmenler, tetiklendikleri durumda, geliştirme sürecinde ölçülebilir bir gecikmeye neden olurlar. Bu temel bozucu etmenlerin neden olduğu süre sapmaları proje planlarından ya da proje ekibinden elde edilir. Öte yandan süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmenlerin yarattığı etki, diğer bir deyişle proje performansını ne miktarda etkilediği ya da ne kadar saptırdığı, doğrudan proje planlarından ya da proje ekibinden elde edilemez. Çalışmada mercek altına alınan tüm etmen sınıfları proje performansını etkileme durumlarına göre Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Proje performansını etkileme durumlarına göre bozucu etmenler.

Temel Bozucu Etmenler	Dolaylı Etmenler
Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması	Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi
Yeni gelen gereksinimler	Proje yöneticisinin yetkinliği
Müşteri kaynaklı sıkıntılar	Ekip elemanlarının yetkinliği
Genel teknik sıkıntılar	Ar-Ge düzeyi
Satın alma faaliyetleri	Yenilik düzeyi
Alt yükleniciler	Proje ön hazırlık çalışmaları
Proje ortakları	Yeniden kullanım
İnsan kaynakları (temin ve süreksizlik)	Referans alınan yapılar
	Müşterinin proje destek olma durumu
	İnsan kaynaklarının süreksizliği
	İnsan kaynaklarının eğitimi ve uyumu
	İnsan kaynaklarının koordinasyonu

Çalışmada ürün geliştirme yaşam döngüsünde performans sapmalarına neden olan tüm durumlar ayrıntılı bir şekilde incelenir. Bundan sonraki bölümlerde alt süreç faaliyetlerinden, dışa bağımlılık gerektiren durumlardan, müşterilerden ya da son kullanıcılardan, insan kaynaklarından, ürün ve ortam özelliklerinden kaynaklanan tüm sıkıntılar süreç üzerindeki etkileriyle birlikte değerlendirilir.

3.3 Ürün Gereksinimlerinin Neden Olduğu Sıkıntılar

Yazılım temelli bir ürünü geliştirmenin en zor tarafı neyin oluşturulması gerektiğine tam ve doğru bir şekilde karar verebilmektir (Brooks, 1987). Ürün geliştirme süreç faaliyetleri ihtiyaçların tanımlanması ve bu ihtiyaçların nasıl yerine getirileceğinin belirlenmesi ile başlar (Fragola, 1993). Bir yazılım projesinin temel amacı iç veya dış müşteriden gelen taleplere ya da gereksinimlere göre ürün geliştirmektir. Süreç kendisine ulaştırılan bir gereksinim listesi (müşteri şartnamesi ya da teklif) ile faaliyete geçer. Gereksinimlerin oluşturulması esnasında müşteri ile yapılan görüşmeler, anketler, grup çalışmaları ve diğer yöntemler kullanılır. Gereksinimlerin analizi aşamasında müşteriden gelen ya da tanımlanan tüm gereksinimler sistemin ve alt sistemlerin özelliklerini belirlemek amacıyla analiz edilir (Kuloor ve Eberlein, 2003).

Sistem gereksinimlerinin belirlenmesi, analiz edilmesi ve doğrulanması olarak tanımlanan gereksinim mühendisliği ürün geliştirme sürecinin en temel faaliyetidir (Boehm, 1976; Zmud, 1980). Gereksinimlerin analiz edilmesi sonunda ortaya çıkan ara ürünler bir sonraki sürecin girdisidir (IEEE 1220, 1998). Tam, doğru ve anlaşılır bir şekilde tanımlanmayan gereksinimler yazılım geliştirme süreç performansını derinden etkiler (Liu ve diğ., 2011).

Gereksinimler, müşterilerin ya da son kullanıcıların beklentilerini ve ihtiyaçlarını yansıtır; projenin sınırlarını ve kapsamını belirler (Kulk ve diğ., 2008). Gereksinimlerinin belirlenmesiyle geliştirilecek olan sistemin de büyüklüğü yavaş yavaş belirlenmeye başlanır (Hastings ve Sajeev, 2004).

Ürün geliştirme sürecinin başarısı elde edilen gereksinimlerin kalitesine bağlıdır. Eksik ve hatalı gereksinimler müşteri beklentilerini belirsiz hale getirir. İhtiyaçların belirsiz olduğu bir durumda geliştirilen ürünün beklentileri karşılamaması muhtemeldir. Böyle bir durum projede süre ve iş gücüne bağlı bir maliyet artışı anlamına gelir. Başarısız proje takvimi öngörülerinin temelinde eksik ya da hatalı tanımlanan gereksinimler ve uygun olmayan ekip elemanları yatar (Verner ve diğ., 2007). Çoğu zaman müşteri ne istediğini tam olarak bilmez; asıl problemin ürün özelliklerinin çıkarılması olduğunu düşünemez. Çoğu müşteri yeni yazılım teknolojileriyle mevcut bilgi sisteminin bir benzerinin geliştirilmesini ister (Brooks, 1987). Diğer taraftan, bunun için bir gereksinim listesi hazırlamaz.

Liu ve diğ. (2011) yürüttükleri çalışmada gereksinimlerin durağan olmaması ve gereksinimlerin çeşitliliği ile proje performansı arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Wohlin ve Andrews (2001) gereksinimlerin durağanlığı ile proje başarısı arasında pozitif yönde ve diğer etmenlere göre daha kuvvetli bir ilişki olduğunu bulmuştur. Projelerde gereksinimlerin belirsizliği arttıkça ürün kalitesinde düşme olur. Öte yandan, geliştirme ekibinin problem çözme yetkinliği bu etmenin olumsuz etkisini azaltır (Li ve diğ., 2010). Han ve Huang'a (2007) göre durağan, yeterli, açık ve doğru olmayan gereksinimleri içine alan gereksinim risk boyutu, proje performansını etkileyen en temel etmendir.

Keil ve diğ.'lerinin (1998) gerçekleştirdikleri bir Delfhi çalışmasında yazılım projelerindeki risk etmenleri önem sırasına göre sıralanmıştır. Buna göre hatalı anlaşılan ya da yorumlanan gereksinimler bu sıralamada üçüncü sırasında yer alır. Aslında başarısız bir şekilde yönetilen müşteri ya da son kullanıcı beklentileri pek çok yazılım projesi için önemli bir sıkıntıdır.

Ürün geliştirme sürecinde tasarımların, donanım ve yazılım bileşenlerinin yeniden yapılması söz konusu olabilir. Boehm ve Basili'e göre (2001) yazılım işlerinin yeniden yapılmasında iki önemli neden ortaya çıkar: (1) alelacele tanımlanmış gereksinimler ve (2) geç gelerek önemli mimari, tasarım ve gerçekleştirme sıkıntılarına neden olan gereksinimler.

Ürün özelliklerini tam yansıtmayan, anlaşılır bir şekilde yazılmayan ya da sürece sonradan ilave edilen gereksinimler geliştirme sürecinde sapmalara neden olur. Süre ya da işgücü şeklinde olan bu sapmalar ürün geliştirme faaliyetlerini ve dolayısıyla sürecin tamamını doğrudan etkiler. Bu çalışmada gereksinimlerin neden olduğu sıkıntılar ve bu sıkıntıların süreç performansı üzerindeki etkileri iki aşamada incelenir.

- Mevcut gereksinimlerden kaynaklanan sıkıntıların geliştirme süreci üzerindeki etkisi ve
- Yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan sıkıntıların geliştirme süreci üzerindeki etkisi.

Çalışma mevcut ve yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkilerini incelemekte, $H_{GA(S)}$, $H_{GA(İ)}$, $H_{YYG(S)}$ ve $H_{YYG(İ)}$ önsavlarını test etmektedir.

Projelerdeki toplam süre sapma değerlerine göre oluşturulan önsavlar aşağıda verilmiştir.

$H_{GA(S)}$:

H_0: Mevcut gereksinimlerin anlaşılamamasından kaynaklan süre sapmaları ile toplam proje süre sapmaları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Mevcut gereksinimlerin anlaşılamamasından kaynaklan süre sapmaları ile toplam proje süre sapmaları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{YYG(S)}$:

H_0: Yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu süre sapmaları ile toplam proje süre sapmaları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu süre sapmaları ile toplam proje süre sapmaları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre oluşturulan önsavlar aşağıda verilmiştir.

$H_{GA(İ)}$:

H_0: Mevcut gereksinimlerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapmaları bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Mevcut gereksinimlerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapmaları bakımından anlamlı bir fark vardır.

$H_{YGG(S)}$:

H_0: Yeni gelen gereksinimlerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapmaları bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Yeni gelen gereksinimlerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapmaları bakımından anlamlı bir fark vardır.

3.3.1 Mevcut gereksinimlerden kaynaklanan problemler

Mevcut gereksinimlerden kaynaklanan sıkıntılar iki şekilde oluşabilir. Proje başladıktan sonra mevcut gereksinimlerin analizi esnasında yaşanan sıkıntılar gereksinim analizi sürecini etkilemekte, bu süreçte süre ya da iş gücü sapmalarına neden olmaktadır. Geliştirilen konunun tam olarak bilinmemesinden ya da

gereksinimlerin başlangıçta açık ve net bir şekilde tanımlanmamasından kaynaklanan sıkıntılar önce gereksinim analizi sürecini ve daha sonra da tüm geliştirme sürecini geciktirir.

Bazen gereksinim analizi süreci zamanında tamamlansa bile projenin ilerleyen aşamalarında, özellikle testler sırasında, gereksinimlerin doğru ya da tam olarak anlaşılmadığı ve gerçekleştirmenin de buna bağlı olarak hatalı yapıldığı görülür. Böyle bir durum doğrulama ve geçerleme faaliyetleri esnasında, gereksinimlerin yanlış ya da eksik yorumlandığını gösteren hataların oluşmasıyla ortaya çıkar. Hatalı yorumlanan gereksinimler nedeniyle müşteri talebinin dışında bir ürün özelliği gerçekleştirilmiş olur. Gereksinimlerin eksik yorumlanması durumunda ise ürün özelliklerinin sadece bir kısmı yerine getirilmektedir. Eksik ve hatalı yorumlanan gereksinimlerin yol açtığı problemleri düzeltebilmek için proje başında öngörülen iş gücünden ve zamandan fazlasına ihtiyaç duyulur.

Çalışmada gereksinimlerin anlaşılmamasından kaynaklanan sıkıntıların proje performansını nasıl etkilediği sorgulanır. Bu amaç doğrultusunda yazılım temelli sistemleri geliştiren projelere aşağıda verilen sorular sorulur. Sorular ve ilgili değişkenler Çizelge C.2'de anlatılır (bkz. EK C).

Gereksinimlerin analiz edilmesi esnasında oluşan sıkıntılar ve bu sıkıntıların neden olduğu sapmalar:

- Gereksinimlerin analiz edilmesi esnasında sıkıntı oluştu mu?
- Bu sıkıntı projede ve ilgili proje aşamasında sapmaya neden oldu mu?
- Sapma olduysa sapma miktarı nedir?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Gereksinimlerin eksik ya da hatalı yorumlanması nedeniyle oluşan sıkıntıların neden olduğu sapmalar:

- Ürün geliştirme boyunca yürütülen gözden geçirmeler, birim testleri, sistem testleri ve müşteri ortamında yürütülen testler esnasında gereksinimlerin yanlış ya da eksik yorumlanmasından kaynaklanan hatalara rastlandı mı?
- Gereksinimlerin hatalı ya da eksik yorumlanması projenin bütününde gecikmeye ya da sapmaya neden oldu mu?

- Bu sapmanın miktarı nedir?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Yukarıda tanımlanan bu iki temel değişken grubu Formül 3.5, Formül 3.6 ve Formül 3.7 kullanılarak birleştirilir, gereksinimlerin anlaşılamaması sınıfı altında üç adet türetilmiş değişken kümesi elde edilir (bkz. EK C, Çizelge C.12).

Gereksinimlerin analizi esnasında ortaya çıkan problemler, gereksinimlerin eksik ve hatalı yorumlanmasıyla ilgili olan tüm durumlar ürün gereksinimlerinin tam ve doğru bir şekilde anlaşılamadığını gösterir. Bu iki sıkıntı birlikte değerlendirilerek tek bir değişken altında toplanır. Formül 3.5, gereksinimlerin anlaşılamaması etmeninin alt bileşenlerini gösterir.

$$SI_GA = SI_GerekAnaliz\ U\ SI_GerekEHY \quad \textbf{(3.5)}$$

Yukarıda verilen formülde SI_Gerek Analiz değişkeni gereksinim analizi esnasında ortaya çıkan sıkıntıları, SI_GerekEHY değişkeni ise gereksinimlerin eksik ya da hatalı yorumlanma durumunu gösterir. Bu iki etmenin birlikte değerlendirildiği gereksinimlerin anlaşılamaması değişkeni SI_GerekAnlaşılmaması ile gösterilir.

Yine gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapmalar bu iki sıkıntının neden olduğu proje süre sapmalarının bir toplamıdır. Formül 3.6 ve Formül 3.7, gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapmaların alt bileşenlerini gösterir.

$$SA_GA(ay) = SA_GerekAnaliz(ay) + SA_GerekEHY(ay) \quad \textbf{(3.6)}$$

$$SA_GA(\%) = SA_GerekAnaliz(\%) + SA_GerekEHY(\%) \quad \textbf{(3.7)}$$

Gereksinim analizi esnasında ortaya çıkan ve gereksinimlerin eksik ya da hatalı yorumlanmasıyla oluşan sıkıntıların neden olduğu proje süre sapmaları (miktar ve oran) SA_GerekAnaliz ve SA_GerekEHY değişkenleriyle gösterilir.

3.3.2 Yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan problemler

Ürün gereksinimlerinin değişkenliği, çeşitliliği ve analiz edilebilirliği belirsizliği tanımlayan üç önemli unsurdur (Nidumolu, 1995). Ürün geliştirme yaşam döngüsünde gereksinimlerin değişmesi önlenemeyen bir durumdur. Gereksinim değişikliği yazılım geliştirme sürecinde tanımlanan önemli risk öğelerinden biridir

(Boehm, 1991). Kotonya ve Sommerville'e göre gereksinimlerdeki değişiklikler her zaman gereksinim mühendisliği faaliyetlerinin iyi yönetilememesinden (Ferreira ve diğ., 2009'da atıfta bulunulduğu gibi) ya da gereksinimlerin hatalı yahut eksik yorumlanmasından kaynaklanmaz. Proje başında tanımlanmayan ama daha sonraları müşteri ya da son kullanıcılar tarafından talep edilen çok sayıda yeni istek olabilir. Bunun belki de en önemli nedeni, bilişim sistemini kullanan müşterilerin de yaşam döngüsü boyunca bir öğrenme süreci içinde olmasıdır (Curtis, 1988; Curtis, 1989). Müşteriler geliştirilen sistemi, bu sistemin yapabileceklerini ve geliştirme sürecini zamanla öğrenmekte; üründen beklentileri de değişmektedir.

Geliştirme süreci devam ederken kullanıcılardan gelen yeni isteklerin reddedilmesi hiç de kolay değildir. Bu durum proje ekibinin sürekli olarak gelen değişikliklerin neden olduğu etkileri düzeltmesi anlamına gelir (Boehm ve Papaccio, 1988). Gereksinimlerin oynaklığı yapılan işin büyüklüğünü büyük ölçüde arttırır; proje süresini uzatır; işin önemli bir kısmının yeniden yapılmasına neden olur ve ekip morali, takvim, üretkenlik, baskı ve gereksinimlerin hatalı üretilmesi gibi diğer proje özelliklerini etkiler (Ferreira, 2002; Ferreira ve diğ. 2009). Gereksinimlerin oynaklığı yazılım geliştirme sürecindeki maliyet tasarrufunu ve kontrolünü sağlayan önemli bir unsurdur (Boehm ve Papaccio, 1988).

Bu çalışmada yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sıkıntıların proje performansını nasıl etkilediği sorulur.

- Geliştirme süreci boyunca müşterilerden yeni gereksinimler geldi mi?
- Yeni gelen gereksinimlerin sayısı nedir?
- Yeni gelen gereksinimler projede sıkıntıya neden oldu mu?
- Yeni gelen gereksinimler projede sapmaya neden oldu mu?
- Sapma olduysa sapma miktarı nedir?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelmektedir?

Yeni gelen gereksinimlerle ilgili sorular Çizelge C.2'de verilmiştir (bkz. EK C). Bu çizelgedeki SI_YGG değişkeni, yeni gelen gereksinimlerin projede sıkıntı yaratıp yaratmadığını gösterir. Yeni gelen gereksinimler nedeniyle projelerde oluşan süre sapma miktarları SA_YGG(ay) değişkeni ile ve süre sapma oranları ise SA_YGG(%) değişkeni ile gösterilir.

3.3.3 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi

Sommerville ve Sawyer gereksinimleri bir sisteme özgü problem tanımlarının, davranış durumlarının ve tasarım ve üretim kısıtlarının bir anlatımı olarak tanımlar (Jäälinoja, 2004'te atıfta bulunulduğu gibi). Yazılım ve donanım sistemlerinde ya da gömülü sistemlerde gereksinimler sistem, yazılım ve donanım gereksinimleri olarak sınıflandırılır. Sistem gereksinimlerinin oluşturulması aşamasında müşterinin, son kullanıcıların ve tüm paydaşların ihtiyaçları sistem tanımlarına, sistem performans parametrelerine ve yapılandırma öğelerine (Jäälinoja, 2004) ve daha sonraları da mimari olarak adlandırılan bilişsel yol haritalarına dönüştürülür (Chittister ve Haimes, 1996).

Yazılım mühendisliğinde bir sistemin sağlayacağı tüm özellikler anlaşılır olmalıdır. Gereksinimlerin belirsiz olması durumunda geliştirme sürecindeki iş gücü yeterince iyi yönetilememekte, ürün başarısı ise doğrulanamamaktadır (Zmud, 1980). Bir yazılım sisteminin neyi başarması gerektiğini tam, tutarlı ve açık bir şekilde tanımlanmalı, tüm tanımlamalar kayıt altına alınmalıdır. IEEE Std 830-1998 standardına göre yazılım gereksinimleri doğru, anlamlı, tam, tutarlı, önem derecesine göre sıralanmış, doğrulanabilir ve izlenebilir olmalıdır.

Gereksinimleri tanımlama süreci, yazılımın gerçekleştirdiği işlevlerin, hız ve doğruluk gibi ürün performans kıstaslarının ve yazılım sistemiyle çevresi arasındaki ara yüzlerin tanımlandığı bir aşamadır (Boehm, 1984). Gereksinimleri tanımlama bir sistemin işlevlerini tanımlamanın çok daha ötesindedir. Sistem davranışlarını anlatan, işlevsel olmayan gereksinimlerle birlikte alan özelliklerini ve kısıtları da tanımlayan bir uygulama alanı modeline ihtiyaç duyulur (Loucopoulos ve Champion, 1989).

IEEE Std 1220-1998 standardı gereksinim analizi aşamasında oluşturulan gereksinim dayanağının operasyonel, işlevsel ve tasarım unsurlarını desteklemesi gerektiğini söyler. Operasyonel gereksinimler oluşturulan ürünün kullanıcılara nasıl hizmet ettiğiyle ilgilenir; ürünün ya da sistemin kim tarafından, hangi koşullarda ve nasıl kullanılacağı anlatılır. İşlevsel gereksinimler, operasyonel bakışta istenen sistem davranışının yerine getirilmesi için ürünün ne yapması gerektiği anlatılır. Tasarım gereksinimleri ise ürün geliştirme tasarım durumlarını tarif eder, teknolojik gereksinimleri oluşturur ve insan makine ya da makine-makine arasındaki tasarım ara yüzlerini tanımlar.

Projenin başında gereksinimlerin tam olması, birbirleriyle tutarlı olması, doğrulanabilir olması ve anlaşılır bir dille yazılmış olması oldukça önemlidir. Gereksinimlerin tam olabilmesi için operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin yeterli detayda ve anlaşılır bir şekilde tanımlanmış olması gerekir. Bu nedenle projelere projenin başında operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerin hangi düzeyde tanımlandığı sorusu sorulur. Beşli Likert ölçeğinde gelen bilgiler doğrultusunda gereksinimlerin geneli hakkında değerlendirme yapılır. Operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerini tanımlama düzeyleri Gerek_Operasyonel, Gerek_İşlevsel ve Gerek_Tasarım değişkenleriyle gösterilir. Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile ilgili sorular ve değişken tanımları Çizelge C.3'te verilmiştir (bkz. EK C).

Bir projedeki gereksinimlerin tam olabilmesi için iki önemli kıstasın yerine getirilmesi gerekir. Birinci kıstasa göre başlangıçtaki operasyonel gereksinimlerin çok iyi, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin ise en az iyi seviyede tanımlanmış olması gerekir. Bunun sağlanmadığı durumlarda işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin çok iyi ve operasyonel gereksinimlerin ise en az iyi seviyede tanımlanmış olması beklenir. Bu kıstasları sağlayan tüm gereksinimler tam olarak değerlendirilir. Değerlendirme sonunda türetilen yeni değişken Gereksinimler_Tam etiketiyle Çizelge C.12'de verilmiştir (EK C).

Çalışma gereksinimlerin tanımlı olma durumlarına göre proje performansını incelemekte; $H_{GereksinimTanımları(S)_O}$, $H_{GereksinimTanımları(S)_İ}$, $H_{GereksinimTanımları(S)_T}$, $H_{GereksinimTanımları(İ)_O}$, $H_{GereksinimTanımları(İ)_İ}$ ve $H_{GereksinimTanımları(İ)_T}$ önsavlarını test etmektedir.

Projelerdeki toplam süre sapma değerlerine göre oluşturulan önsavlar aşağıda verilmiştir.

$H_{GereksinimTanımları(S)_O}$:

H_0: Projelerdeki süre sapma değerleri ile operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Projelerdeki süre sapma değerleri ile operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{GereksinimTanımları(S)_İ}$:

H_0: Projelerdeki süre sapma değerleri ile işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Projelerdeki süre sapma değerleri ile işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{GereksinimTanımları(S)_T}$:

H_0: Projelerdeki süre sapma değerleri ile tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Projelerdeki süre sapma değerleri ile tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre oluşturulan önsavlar aşağıda verilmiştir.

$H_{GereksinimTanımları(İ)_O}$:

H_0: Projelerdeki iş gücü sapma değerleri ile operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Projelerdeki iş gücü sapma değerleri ile operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{GereksinimTanımları(İ)_İ}$:

H_0: Projelerdeki iş gücü sapma değerleri ile işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Projelerdeki iş gücü sapma değerleri ile işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{GereksinimTanımları(İ)_T}$:

H_0: Projelerdeki iş gücü sapma değerleri ile tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

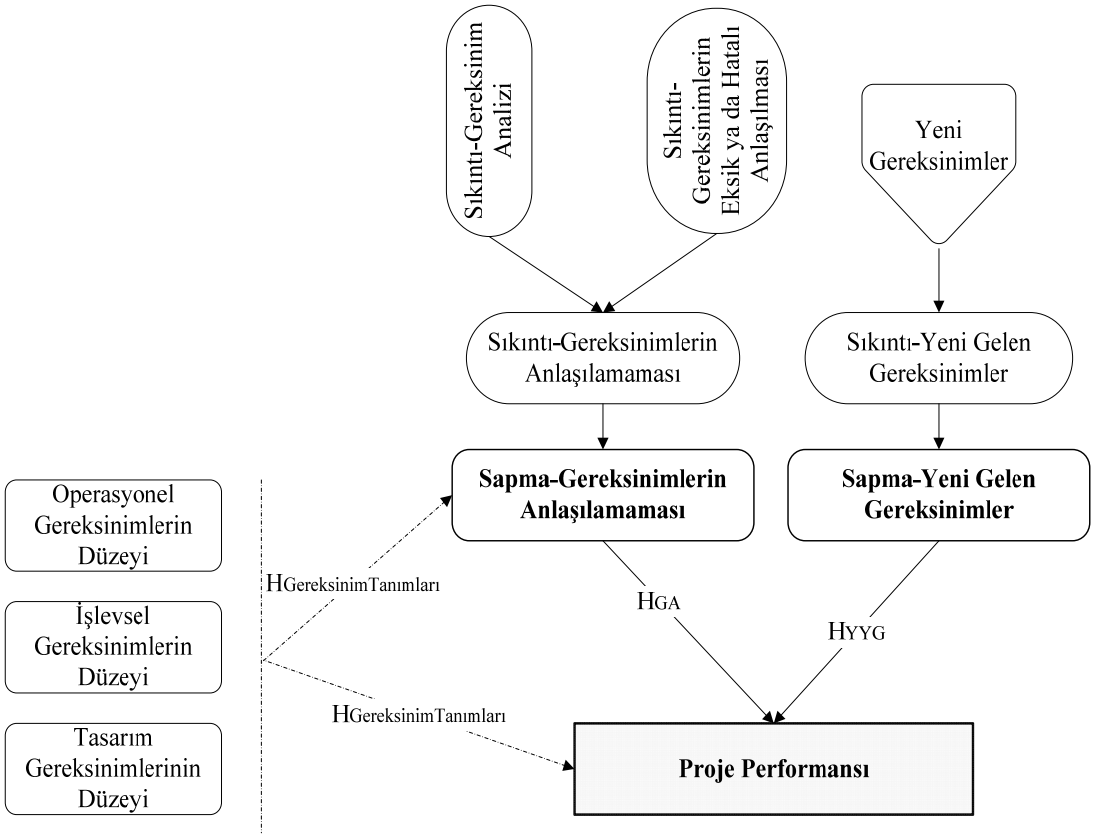
H_a: Projelerdeki iş gücü sapma değerleri ile tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Yine bu bölümde proje başında müşteriden gelen ya da proje ekibi tarafından oluşturulan gereksinimlerin sayısı sorulur. Gereksinim sayıları Çizelge C.3'te

verilmiştir (bkz. EK C). Ürün gereksinimleri sayısı müşteri gereksinimleri, sistem gereksinimleri, yazılım ve donanım gereksinimleri sayısı olarak alınır; Çizelge C.2'de verilen yeni gelen gereksinim sayısıyla birlikte değerlendirilir.

3.3.4 Gereksinim kaynaklı sıkıntıların performans üzerindeki etkileri

Gereksinim kaynaklı tüm sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkileri Şekil 3.1'de gösterilir. Gereksinimlerin anlaşılamaması ve yeni gelen gereksinimler ürün geliştirme sürecini doğrudan etkileyen, süreçte gecikmelere neden olan temel bozucu etmenlerdir. Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ise ürün geliştirme sürecinde doğrudan bir gecikmeye ya da iş gücü sapmasına neden olmaz, süreç üzerinde yarattığı sıkıntılarla süreç performansını olumsuz yönde etkiler.



Şekil 3.1 : Gereksinim kaynaklı sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkileri**.**

3.4 Müşterinin ya da Son Kullanıcıların Süreç Üzerindeki Etkileri

Bilişim sistemleri bilgi yoğun sistemlerdir. Özellikle büyük ve karmaşık sistemlerin gerçekleştirilmesi esnasında bilgisayar biliminin yanı sıra uygulama alanı bilgi ve tecrübesine de ihtiyaç duyulur (Curtis, 1988; Curtis, 1989). Potts'a (1995) göre gereksinimlerin tanımlanması ve alan uzmanlığı yazılım geliştirmenin en önemli iki

sıkıntısıdır. Birçok yazılım geliştirme projesinde ürün gereksinimleri müşteriden elde edilememekte, bunlar yeniden keşfedilmektedir. Bu durum alan uzmanlığını gerekli hale getirir. Tesch ve diğ.'lerine (2009) göre, BT geliştirme bilgisine sahip kullanıcılar ile uygulama alanı bilgisine sahip BT geliştiricileri proje performansını pozitif yönde etkiler. Bu durum alan uzmanlığının yeterli olmadığı projelerde kullanıcıların geliştirme sürecine katılımını zorunlu hale getirir. Kullanıcıların ya da müşterilerin geliştirme süreciyle ilgili memnuniyetleri sürece katkı sağladıkları ölçüde artar (Amoako-Gyampah ve White, 1993; Mckeen ve Guimaraes, 1997).

Boehm (1991) hatalı işlevlerin, özelliklerin ve ara yüzlerin geliştirilme riskini önlemede kullanıcı katılımını işaret eder. Özellikle ürün özelliklerinin belirsiz ve kararsız olduğu durumlarda yahut karmaşık sistem tasarımlarında kullanıcıların ya da müşterilerin geliştirme sürecine katılımı oldukça önemlidir (McKeen ve diğ., 1994). Tiwana ve Keil'e (2006) göre işlevsellik risklerinde müşteri katılımının önemi büyüktür. Yürütülen araştırmalar kullanıcı katılımıyla proje performansı ya da başarısı arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu gösterir. Wang ve Liu'ya (2006) göre, BT projelerinde kullanıcı katılımının ürün performansı üzerinde pozitif yönde bir etkisi vardır. Buna göre güçlü bir kullanıcı katılımı proje performansını iyileştirebilir. Jun ve diğ. (2011), kullanıcı katılımının ve ekip bütünlüğünün ürün performansını doğrudan ve olumlu bir şekilde etkilediğini söyler. Benzer şekilde, kullanıcılar ile BT geliştiricileri arasında kurulan yatay koordinasyon bu iki paydaş arasındaki anlayış farklılığını azaltır. Bu durum proje performansını olumlu yönde etkiler (Chen ve diğ., 2009).

Barki ve Hartwick kullanıcı katılımını, geliştirme süreci boyunca kullanıcıların bazı sorumlulukları üstlenip bazı faaliyetleri yürütmesi olarak tanımlar (Barki ve Hartwick, 1994'te atıfta bulunulduğu gibi). Gerçekleştirilen sistemin karmaşıklığı ve zorluğu arttıkça kullanıcıların projelerde daha kritik görev alması beklenir. Müşterilerden ya da son kullanıcılardan proje tanımlarının yapılması, kullanıcı ara yüzlerini belirlenmesi, proje ekibinin yönlendirilmesi, proje takviminin onaylanması ve sistem testlerinin yürütülmesi gibi oldukça kritik faaliyetlerin yürütülmesi istenir (Mckeen ve Guimaraes, 1997).

Bu doktora tezinde müşterinin ya da son kullanıcıların süreç üzerindeki etkileri, müşterilerden alınan destek ve müşteri kaynaklı sıkıntılar olmak üzere iki şekilde ölçülür: Birinci durumda ürün geliştirme süreci boyunca müşterilerin ya da son

kullanıcıların projeye doğrudan destek verip vermediği, süreç boyunca bazı görevleri üstlenip üstlenmedikleri sorgulanır. Beşli Likert ölçeğinde tanımlanan bu değişken Çizelge C.4'te verilmiştir (bkz. EK C). Bu çalışma müşterilerden ya da son kullanıcılardan destek alma düzeylerine göre proje performansını inceler, $H_{MD(S)}$ ve $H_{MD(İ)}$ önsavlarını sınar.

Projelerdeki toplam süre sapma değerlerine göre oluşturulan önsavlar aşağıda verilmiştir.

$H_{MD(S)}$:

H_0: Projelerin müşteriden destek alma düzeyleri ile süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Projelerin müşteriden destek alma düzeyleri ile süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre oluşturulan önsavlar aşağıda verilmiştir.

$H_{MD(İ)}$:

H_0: Projelerin müşteriden destek alma düzeyleri ile iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Projelerin müşteriden destek alma düzeyleri ile iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Diğer durumda, müşterilerin ya da son kullanıcıların neden olduğu sıkıntılar sorulur. Bazı projeler geliştirme sürecine devam edebilmek ya da bu süreci sonlandırmak için müşterinin sunacağı ortama, veriye, dokümana ve onaya ihtiyaç duyar. Ürün özelliğine bağlı olarak geliştirme ya da test süreçlerinin müşteri ortamında yürütülmesi gerekir. Böyle bir durumda müşteri, bu ortamı proje ekibine zamanında ve eksiksiz bir şekilde sunmalıdır. Yine geliştirme sürecinin belli aşamalarında müşterinin vereceği bir veri kümesine, proje ekibinin elinde olmayan bir dokümana, düzenlemeye, bilgi setine yahut alt yapıya ihtiyaç duyulur. Bunların sağlanmaması durumunda geliştirme süreci durma noktasına gelebilir.

Proje tamamlanma aşamasına gelindiğinde ise, müşteri tarafından yürütülmesi gereken testlerin zamanında yapılamadığı yahut bu testler zamanında yapılsa bile

onay verme sürecinin uzadığı görülür. Bu yüzden biten bir proje kapatılamamakta, proje ekibi farklı görevleri yürütse bile proje hâlâ açık gözükmektedir.

Özet olarak, müşterinin projeye katkı sağlama durumu ile müşteri kaynaklı sıkıntıların neden olduğu durumlar birbirinden oldukça farklıdır. Müşteri geliştirme süreci boyunca ürün gereksinimlerinin anlaşılması konusunda ekibe destek olabilir, bilfiil projede görev alabilir. Öte yandan proje sonuna gelindiğinde, bir nedenden dolayı, test için ortamı sağlayamaz ya da onay verme işlemini zamanında sonlandıramaz.

Bu çalışmada müşteri kaynaklı sıkıntıların proje performansını nasıl etkilediği sorgulanmakta; bu amaç doğrultusunda yazılım temelli sistemleri geliştiren projelere aşağıdaki sorular sorulmaktadır. Sorular ve ilgili değişkenler Çizelge C.4'te anlatılmaktadır (bkz. EK C).

- Geliştirme süreci boyunca müşteri kaynaklı sıkıntılar oluştu mu?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelmektedir?

Çizelge C.4'te verilen SI_Müsteri değişkeni müşteri kaynaklı sıkıntıların oluşup oluşmadığını gösterir. SA_Müsteri(ay) ve SA_Müsteri(%) değişkenleri ise, sırasıyla müşteri kaynaklı sıkıntılar nedeniyle oluşan proje süre sapma miktarlarını ve süre sapma oranlarını verir.

Bu çalışmada müşterilerden kaynaklanan sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkileri incelemekte, $H_{MP(S)}$ ve $H_{MP(İ)}$ önsavları test edilmektedir. Projelerdeki toplam süre sapma değerlerine göre oluşturulan önsavlar aşağıda verilmiştir.

$H_{MP(S)}$:

H_0: Müşterilerin neden olduğu süre sapmaları ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Müşterilerin neden olduğu süre sapmaları ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Müşterilerden kaynaklanan sıkıntıların toplam iş gücü sapma değerleri üzerindeki etkisi $H_{MP(İ)}$ önsavı ile sınanır. İş gücü sapmaları projelerde müşteri kaynaklı

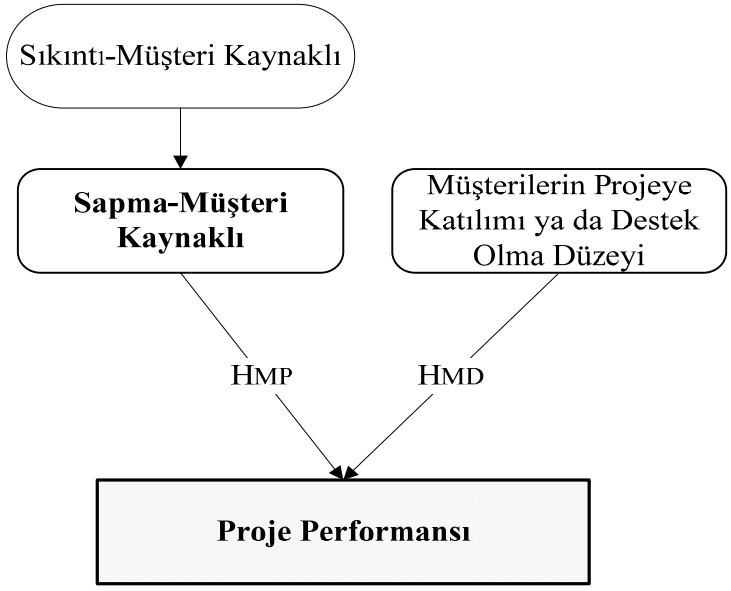
sıkıntıların yaşanması ve bu sıkıntının projeyi geciktirmesi durumlarına göre incelenir.

$H_{MP(İ)}$:

H_0: Müşterilerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Müşterilerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Şekil 3.2, müşterilerin ya da son kullanıcıların proje performansı üzerindeki etkilerini özetler.



Şekil 3.2 :Müşterilerin proje performansı üzerindeki etkisi.

3.5 Teknik Nedenlerden Kaynaklanan Bozucu Etmenler

Genel teknik nedenlerden kaynaklanan sıkıntılar ve bunların proje üzerinde yarattığı olumsuz durumlar iki grup altında incelenir: Teknik özelliklerden kaynaklanan sıkıntılar ve geliştirme ve test ortamından kaynaklanan sıkıntılar.

3.5.1 Teknik özelliklerin yerine getirilmesi

Sistem tasarımı sürecinde analiz edilen gereksinimlere bağlı olarak önce ürünün veya sistemin mimari tasarımı oluşturulur, daha sonra ayrıntılı tasarım gerçekleştirilir. Kurgulanan ürün yazılım ve donanım ürünlerinden oluşuyorsa, ürün gerçekleştirme aşamasında yazılım ve donanım bileşenleri sistem tasarımı belgelerine (tasarım

ürünlerine) göre ayrı ayrı gerçekleştirilir. Bu aşamanın sonunda elde edilen nihai ürün geliştirme ve müşteri ortamlarında sınanır. Ürün geliştirme boyunca tüm süreci etkileyebilecek nitelikte sıkıntılar oluşabilir. Doğrulama ve geçerleme faaliyetleri esnasında bu sıkıntılar hata durumu olarak ortaya çıkar. Chittister ve Haimes (1994) kendinden beklenen işlevleri ve performansı gösteren bir yazılım ürününün oluşturulması esnasında ortaya çıkabilecek tüm olumsuz durumları, 'yazılım teknik riskleri' olarak tanımlar. Buna göre teknik nedenlerden kaynaklanan sıkıntılar, tasarım ve teknoloji yetkinliği ile teknoloji bilgisi şeklinde sınıflandırılır.

Yine mevcut bileşenlerin yeni bir kavramda kullanılması ya da farklı bileşenlerle etkileşimde olma ihtiyacı projelerde belirsizliğe neden olur (De Weck ve diğ., 2007). Meyer ve Utterback (1995) teknoloji tümleştirme (ürün içersindeki çekirdek teknolojilerin sayısı), teknoloji yeniliği, ürünün pazara yeni olması ve müşteri yeniliği gibi ürün özellikleriyle ürün geliştirme süresi arasında güçlü bir ilişki olduğunu söyler. Buna göre geliştirilen ürünün yenilik düzeyi ile tasarım ve gerçekleştirme süreçlerinin başarısı arasında bir ilişki kurulabilmektedir.

Literatürde teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında oluşan riskleri ya da sıkıntıları inceleyen çok fazla sayıda çalışma mevcuttur. Yazılım temelli sistemlerin gerçekleştirilmesi esnasında oluşabilecek riskler aşağıda verilmiştir.

- Teknoloji yeniliği (Barki ve diğ., 1993; Meyer ve Utterback, 1995; Tatikonda ve Rosenthal, 2000).
- Olgunlaşmamış teknolojiler (Conrow ve Shishido, 1997).
- Geliştirilen ürünün teknik ya da teknolojik karmaşıklığı, uygulamaların ve işlevlerin zorluğu (Boehm,1989; Barki ve diğ., 1993; Schewe, 1994; Moynihan, 1997; Kendall ve diğ., 2007).
- Ürün karmaşıklığı (Swink, 2003; Berlin ve diğ., 2009).
- İşlev sayısının ve performans kıstaslarının fazlalılığı (Barclay ve Dann, 2000).
- Mimari tasarımın zaman içinde değişmesi ve hatalı teknik çözümlerin oluşturulması (Cule ve diğ., 2000; Schmidt ve diğ., 2001; Wiegers, 2007).
- İşlevler arasındaki uyuşmazlıkların olması (Simon ve Klerk, 1997).
- İşlevlerin bir benzerinin daha önce yapılmaması (Belassi ve Tukel, 1996).

- İşlevlerin, özelliklerin ve kullanıcı ara yüzlerinin hatalı geliştirilmesi (Boehm, 1991).
- Geliştirilen sistemin diğer sistemlerle birlikte çalışma ihtiyacı (Moynihan, 1997).

Putman ve Myers yazılım hata tiplerini gereksinim hataları, tasarım hataları, algoritma işleme hataları, ara yüz hataları, performans hataları ve dokümantasyon hataları olmak üzere altı başlık altında tanımlar (Chittister ve Haimes, 1996'da atıfta bulunulduğu gibi). Buna göre gereksinimlerin gerçekleştirilmesi esnasında mimari tasarımın ve teknik çözümlerin hatalı oluşturulması, işlevlerin doğru kodlanmaması ve ara yüzlerin hatalı gerçekleştirilmesi nedeniyle süreçte sıkıntılar olabilir. Bu sıkıntıların tamamı teknik özelliklerin yerine getirilememesiyle ilgilidir.

Bu çalışmada teknik özellikleri yerine getirememenin proje performansını nasıl etkilediği sorgulanır. Bu amaç doğrultusunda aşağıda verilen sorular çerçevesinde projelerden bilgi toplanır. Teknik özelliklerle ilgili sorular ve değişken tanımları Çizelge C.5'te verilmiştir (bkz. EK C).

- Teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında sıkıntı yaşandı mı?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde sapma oluşturdu mu?
- Sapma olduysa sapma miktarı nedir?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Teknik özelliklerin yerine getirilememesi durumu tüm projelerde aynı şekilde anlaşılmaz. Doğru bilgiye ulaşabilmek amacıyla bu soru üç farklı şekilde sorulur. Proje ekibine ilk olarak doğrulama ve geçerleme faaliyetleri esnasında ortaya çıkan hatalar ve bu hataların kaynağı sorulur. Daha sonra projelerde yapılan teknik çözüm değişiklikleri hakkında bilgi alınır. Son olarak, teknik çözüm değişikliklerinin ya da teknik hataların dışında tasarım, gerçekleştirme ve test süreçlerindeki sıkıntılar sorulur.

Ürün geliştirme sürecinde yürütülen doğrulama ve geçerleme faaliyetleri sonunda ortaya çıkan hataların nedenleri sorularak teknik nedenlerden dolayı oluşan sıkıntılar ortaya çıkarılır (bkz. EK C, Çizelge C.5).

- Ürün geliştirme boyunca yürütülen gözden geçirmeler, birim testleri, sistem testleri ve müşteri ortamında yürütülen testler esnasında teknik nedenlerden dolayı hatalara rastlandı mı?
- Bu hataların kaynağı nedir? (kodlama hatası, teknik çözüm değişikliğine neden olmayan tasarım hatası ve teknik çözüme neden olan tasarım hatası)
- Bu hatalardan dolayı projenin bütününde ne kadar gecikme oldu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Tasarım ve gerçekleştirme süreçleri esnasında oluşan teknik hatalar (tasarımın hatalı yapılması, kodlama hataları, ara yüzlerin hatalı geliştirilmesi ve veri yapılarının uygun olmaması gibi) bu süreçlerin, doğrulama ve geçerleme süreçlerinin ve dolayısıyla projenin süresini uzatır, iş gücünde artışlara neden olur.

Tasarım hatalarının çoğu teknik çözüm değişikliğine neden olur. Bu çalışmada teknik çözümde değişiklik yapılıp yapılmadığı sorularak ekibinin tasarım sürecine olan hâkimiyeti öğrenilir (bkz. EK C, Çizelge C.5).

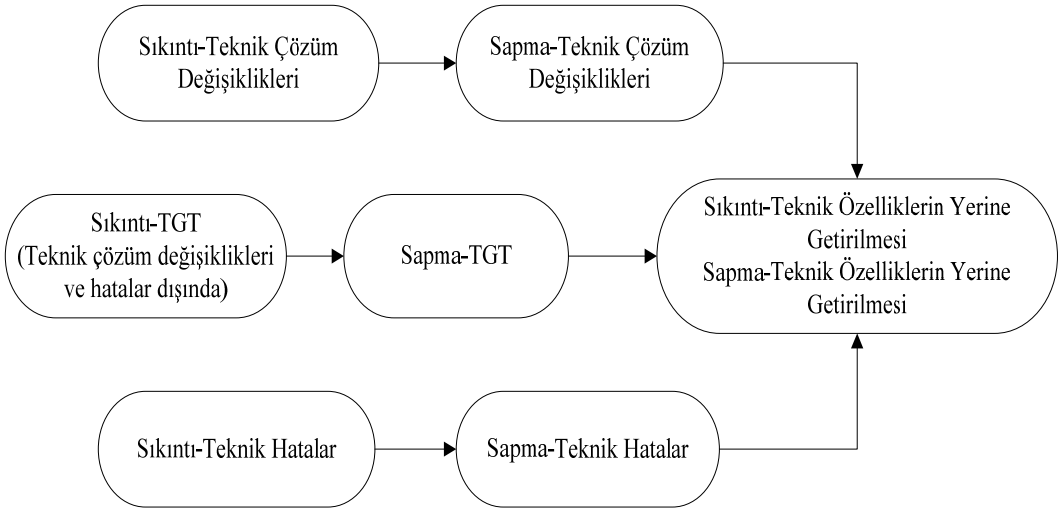
- Geliştirme süreci boyunca teknik çözümü kaç kere değiştirdiniz?
- Teknik çözüm değişikliğinin nedeni nedir? Yeni gelen gereksinimlerden mi yoksa tasarımın hatalı ya da eksik yapılmasından mı?
- Teknik çözüm değişikliği proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Teknik çözüm değişikliklerinin ya da teknik hataların dışında tasarım, gerçekleştirme ve test süreçlerindeki sıkıntılarla ilgili bilgi alınır (bkz. EK C, Çizelge C.5).

- Teknik çözüm değişikliklerinin ya da teknik hataların dışında tasarım, gerçekleştirme ve test süreçlerinde sıkıntı oluştu mu?
- Bu sıkıntı nedeniyle proje kaç ay gecikti ya da planlanan süreden ne kadar saptı?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Teknik çözüm değişikliklerinin, teknik hata durumlarının ve diğer durumların neden olduğu sıkıntılar birlikte değerlendirilir. Buna göre, teknik çözüm değişikliklerinin, teknik hataların ve diğer durumların neden olduğu sıkıntılar ve sapmalar birleştirilir.

Şekil 3.3, teknik özelliklerin yerine getirilememesi nedeniyle oluşan sıkıntıların ve sapmaların kaynağını gösterir.



Şekil 3.3 : Teknik özelliklerin yerine getirilmesi ile ilgili sıkıntılar ve sapmalar.

3.5.2 Geliştirme ortamı ve araçları

Çalışma ortamı yazılım temelli projelerde bir risk etmeni olarak ortaya çıkar. Conrow ve Shishido (1997) çalışma ortamı sıkıntılarını iki grupta toplar: Denenmemiş ya da gelişimi tamamlanmamış tasarım araçlarının ya da teknolojilerin seçilmesi ve tasarım ve gerçekleştirme esnasında uygun olmayan tasarım ya da gerçekleştirme yöntemlerinin kullanılması. Boehm ve diğ.'lerine (1984) göre elverişsiz bir ortamda projeye uygun olmayan araçlarla çalışmak proje ekibini mutlu etmez. Bu durum ekip elemanları üzerinde verimsizliğe neden olabilecek düzeyde bir isteksizlik yaratır.

Basili ve Rombach'a (1987) göre ürün geliştirme projelerinde önce proje yapısına en uygun olabilecek araçlarla ve yöntemlerle ilgili gereksinimler ortaya çıkarılmalı, daha sonra bu gereksinimleri karşılayan yöntemler ve araçlar seçilmelidir. Diğer taraftan teknolojinin hızla değişmesi sektörde mevcut olan teknoloji bilgisini kullanılamaz hale getirir, teknik beceri ihtiyaçlarının çok hızlı değişmesine neden olur (Redmond-Pyle, 1996). Tüm bunlar seçilen yöntemlerin ve araçların ne zaman ve hangi durumlarda kullanılamaz olacağının önceden araştırılması gerektiğini gösterir.

Literatürde çalışma ortamından kaynaklanan sıkıntıları konu alan çok fazla çalışma mevcuttur. Bunlardan önemli olanlar aşağıda verilmiştir.

- Teknik çevre (Baskerville ve Stage, 1996).
- Uygun olmayan yöntem ve araçlar (Conrow ve Shishido, 1997).
- Kullanılan teknolojinin olgunluk düzeyi ve teknolojinin değişimi (Moynihan, 1997; Barki ve diğ., 1993; Simons ve Klerk, 1997).
- Geliştirme ortamının ya da geliştirme teknolojilerinin getirdiği zorluklar (Kendall ve diğ., 2007; Cule ve diğ., 2000).
- Yeni teknolojilerin uygulanması (Keil, 1998; Schmidt ve diğ., 2001; Cule ve diğ., 2000; Barki ve diğ., 1993).
- Gerçek zamanlı performans eksiklikleri (Boehm, 1991).
- Geliştirme ortamını ya da platformu seçme özgürlüğü yahut kısıtları (Moynihan, 1997).

Ürün geliştirme sürecinde çalışma ortamının yeterlilik düzeyi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, çalışma ortamından kaynaklanan bozucu etmenler geliştirme ve test olmak üzere iki kategori altında incelenir. Geliştirme sürecindeki bozucu etmenler geliştirme ortamının hazırlanması ve geliştirme araçlarının kullanımıyla ilgili sıkıntılara odaklanmakta, bu sıkıntıların neden olduğu sapmaları incelemektedir. Test sürecindeki bozucu etmenler ise test ortamının hazırlanması ve test araçlarının kullanımına yönelik sıkıntılara ve bu sıkıntıların neden olduğu sapmalara odaklanır.

Bu çalışmada, ortam ve araç etmenlerinin proje performansını nasıl etkilediği değerlendirilir. Yazılım geliştiriciler için geliştirme ortamı yazılım geliştirme alt yapısının hazırlanması anlamına gelir. Yazılım geliştirme esnasında kullanılan kütüphanelerin ve yazılım alt yapısının oluşturulması, donanım geliştirme ortamının hazırlanması, genel sistem geliştirme ortamının hazırlanması, yazılım ve sistem test ortamının hazırlanması ve tüm bunların kullanımı ile ilgili sıkıntılar ortam etmeninin altında toplanır. Yazılım geliştirmede kullanılan tasarım araçlarının ve programlama dilinin seçilip kurulması, donanım geliştirmede kullanılan tasarım ve gerçekleştirme araçlarının hazırlanması, süreç yönetimi araçlarının seçilip kurulması, yazılım ve sistem test araçlarının hazırlanması ve tüm geliştirme ve test araçlarının kullanımı ile ilgili sıkıntılar araç etmeni altında değerlendirilir.

Aşağıda verilen sorular yardımıyla projelerden ortam ve araç sıkıntıları hakkında bilgi toplanır. Bu sorularla ilgili tüm değişkenler Çizelge C.6'da verilmiştir (bkz. EKC.6).

Geliştirme ortamı için:

- Geliştirme ortamının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Geliştirme araçları için:

- Geliştirme araçlarının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Test aracı için:

- Test araçlarının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Test ortamı için:

- Test ortamının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

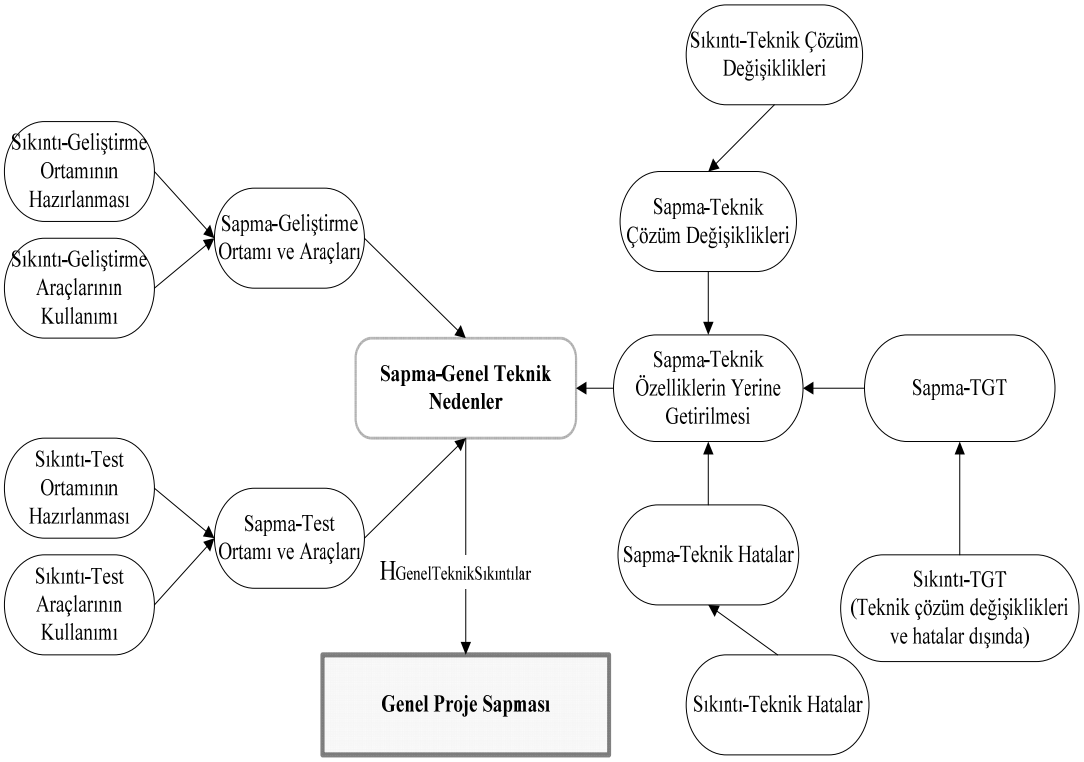
3.5.3 Genel teknik problemlerin proje performansı üzerindeki etkileri

Genel teknik nedenlerden kaynaklanan sıkıntılar ve bu sıkıntıların neden olduğu süre sapmaları yukarıda anlatılan etmenlerin bir toplamıdır. Şekil 3.4, genel teknik sıkıntıların ve sapmaların nasıl hesaplandığını gösterir.

Buna göre genel teknik sıkıntılar teknik özelliklerden, geliştirme çevresinden ve test çevresinden kaynaklanan sıkıntıların toplamıdır. Teknik özelliklerden kaynaklanan

sıkıntılar ve bu sıkıntının neden olduğu sapmalar sırasıyla SI_TÖ, SA_TÖ(ay) ve SA_TÖ(%) değişkenleriyle gösterilir (bkz. EK C, Çizelge C.5).

Gerçekleştirme çevresi ortam ve araçların hazırlanması ve kullanımı ile ilgilenir. Gerçekleştirme ortamının hazırlanmasından ve araçların kullanımından kaynaklanan sıkıntılar SI_GerçekOrtam ve SI_GerçekAraç; sapmalar ise SA_GerçekOrtam(ay), SA_GerçekOrtam(%), SA_GerçekAraç(ay) ve SA_GerçekAraç(%) değişkenleriyle gösterilir (bkz. EK C, Çizelge C.6).



Şekil 3.4 : Genel teknik sıkıntılar ve sapmalar.

Formül 3.8, Formül 3.9 ve Formül 3.10 yardımıyla gerçekleştirme çevresindeki toplam sıkıntılar (SI_Gerçek) ve bunların neden olduğu sapmalar (SA_Gerçek(ay) ve SA_Gerçek(%)) hesaplanır. Türetilen bu değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C).

$$SI_Gerçek = SI_GerçekOrtam \; U \; SI_GerçekAraç \tag{3.8}$$

$$SA_Gerçek(ay) = SA_GerçekOrtam(ay) + SA_GerçekAraç(ay) \tag{3.9}$$

$$SA_Gerçek(\%) = SA_GerçekOrtam(\%) + SA_GerçekAraç(\%) \tag{3.10}$$

Test ortamının hazırlanmasından ve araçların kullanımından kaynaklanan sıkıntılar SI_TestOrtam ve SI_TestAraç; sapmalar ise SA_TestOrtam(ay), SA_TestOrtam(%), SA_TestAraç(ay) ve SA_TestAraç(%) değişkenleriyle gösterilir (bkz. EK C, Çizelge C.6).

Formül 3.11, Formül 3.12 ve Formül 3.13 yardımıyla test ortamındaki toplam sıkıntılar (SI_Test) ve bu sıkıntıların neden olduğu toplam sapmalar, SA_Test(ay) ve SA_Test(%), hesaplanır. Türetilen bu değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C).

$$SI_Test = SI_TestOrtam\ U\ SI_TestAraç \quad \textbf{(3.11)}$$

$$SA_Test(ay) = SA_TestOrtam(ay) + SA_TestAraç(ay) \quad \textbf{(3.12)}$$

$$SA_Test(\%) = SA_TestOrtam(\%) + SA_TestAraç(\%) \quad \textbf{(3.13)}$$

Teknik özelliklerin neden olduğu sıkıntılar (SI_TÖ), teknik çözüm değişikliklerinin (SI_TCD), teknik hataların (SI_HataTeknik) ve diğer durumların (SI_TGT) neden olduğu sıkıntıların bir toplamıdır. Formül 3.14 teknik özelliklerden kaynaklanan sıkıntıları verir. Formül 3.15 teknik özelliklerin sapma miktarlarını (SA_TÖ(ay)) ve Formül 3.16 ise sapma oranlarını (SA_TÖ(%)) hesaplar.

$$SI_TÖ = SI_TGD\ U\ SI_\ HataTeknik\ U\ SI_TGT \quad \textbf{(3.14)}$$

$$SA_TÖ(ay) = SA_\ TGD(ay) + SA_Hata(ay) + SA_TGT(ay) \quad \textbf{(3.15)}$$

$$SA_TÖ(\%) = SA_\ TGD(\%) + SA_Hata(\%) + SA_TGT(\%) \quad \textbf{(3.16)}$$

Bu formüllerdeki SA_ TGD(ay) ve SA_ TGD(%) değişkenleri teknik çözüm değişikliklerinin neden olduğu sapmaların miktarını ve oranını saklar. SA_Hata(ay) ve SA_Hata(%) değişkenleri teknik hatalardan kaynaklanan sapmaların miktarını ve oranını gösterir. SA_TGT(ay) ve SA_TGT(%) değişkenleri ise tasarım, gerçekleştirme ve test aşamalarında diğer nedenlerden dolayı oluşan sapmaların miktarını ve oranını verir.

Ürün geliştirme sürecinde teknik nedenlerden kaynaklanan tüm problemler SI_GTP, bu problemlerin neden olduğu süre sapma miktarları SA_GTP(ay) ve süre sapma oranları ise SA_GTP(%) değişkenleriyle gösterilir. Formül 3.17, genel teknik

sıkıntıları; Formül 3.18 ve Formül 3.19 ise, bu sıkıntıların neden olduğu süre sapma miktarlarınıve oranlarını hesaplanır. Türetilen bu değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C).

$$SI_GTP = SI_TÖ\ U\ SI_Gerçek\ U\ SI_Test \quad \textbf{(3.17)}$$

$$SA_GTP(ay) = SA_TÖ(ay) + SA_Gerçek(ay) + SA_Test(ay) \quad \textbf{(3.18)}$$

$$SA_GTP(\%) = SA_TÖ(\%) + SA_Gerçek(\%) + SA_Test(\%) \quad \textbf{(3.19)}$$

Bu çalışma teknik nedenlerden kaynaklanan sıkıntıların ya da problemlerin proje performansı üzerindeki etkilerini inceler. Çalışmada ilk olarak genel teknik problemlerin neden olduğu süre sapmalarıyla toplam süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenir. Bu ilişkiler $H_{GTP(S)}$ önsavı ile sınanır.

$H_{GTP(S)}$:

H_0: Genel teknik sıkıntıların neden olduğu sapma değerleriyle toplam proje sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Genel teknik sıkıntıların neden olduğu sapma değerleriyle toplam proje sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Çalışmada toplam proje iş gücü sapmalarının, genel teknik sıkıntıların ya da sapmalarının oluşma durumlarına göre farklılık gösterip göstermediği incelenir. Bu amaç doğrultusunda $H_{GTP(İ)}$ önsavı oluşturulur.

$H_{GTP(İ)}$:

H_0: Teknik nedenlerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapmaları bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Teknik nedenlerin sıkıntı/sapma yaratma durumları arasında toplam proje iş gücü sapmaları bakımından anlamlı bir fark vardır.

3.6 İnsan kaynaklarının neden olduğu bozucu etmenler

İnsan kaynaklarının süreksizliği yazılım geliştirme projelerindeki önemli bir risk etmenidir (Cule ve diğ., 2000; Schmidt ve diğ., 2001). Narayanan ve diğ. (2010) ekip sürekliliğinin ve iletişim verimliliğinin yazılım proje performansını olumlu yönde etkilediğini ortaya çıkarmıştır. Scott-Young ve Samson (2008) ekip sürekliliği ile

projenin tamamlanma hızı arasında anlamlı olmasa bile pozitif yönde bir ilişki olduğunu göstermiştir. Akgün ve Lynn'e (2002) göre ekip sürekliliğinin ekip eğitimi ve ürünün pazara çıkış hızı üzerinde doğrudan bir etkisi vardır; ekip eğitimi ve ürünün pazara çıkış hızı ise yeni ürün başarısında oldukça etkilidir.

Bu bölümde insan kaynaklarının neden olduğu sıkıntılar, geliştirme sürecini etkileme durumlarına göre incelenir. İnsan kaynakları geliştirme sürecini ya sapmaya neden olarak doğrudan etkiler ya da farklı bir etmen üzerinden dolaylı bir şekilde etkiler. İnsan kaynaklarının neden olduğu sıkıntılar geliştirme sürecini ya da süreçteki bir faaliyeti durdurabilir. Bu sıkıntılar kendi içinde ikiye ayrılır.

- İnsan kaynağının temininde yaşanan sıkıntılar,
- İş gücü süreksizliğinden kaynaklanan sıkıntılar.

İnsan kaynağının temininde bir gecikme olması durumunda proje planlandığı şekilde yürütülemez. Yine projenin ilerleyen aşamasında kritik personelin işten ayrılması ya da iç ve dış nedenlerden dolayı projeye ara vermesi projeyi olumsuz yönde etkiler. İşten ayrılma ve uzun süreli ara verme durumlarında önce proje aşamalarında ve sonra da proje genelinde gecikmeler olur.

İnsan kaynaklarının neden olduğu sıkıntıların proje üzerindeki etkileri aşağıda verilen sorularla incelenir. Sorular ve ilgili veri kümeleri Çizelge C.7'de verilmiştir.

İnsan kaynaklarının temini:

- İnsan kaynaklarının temininde sıkıntı yaşandı mı?
- İnsan kaynağının temininde ne kadar gecikme oldu?
- Bu gecikme projede ne kadar sapma yarattı?
- Bu sapma projedeki toplam süre sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

İnsan kaynaklarının süreksizliği:

- Projede insan kaynağının süreksizliğiyle ilgili bir sıkıntı oldu mu?
- Bu sıkıntı projeyi nasıl etkiledi?
- İnsan kaynağındaki süreksizlik projede ne kadar sapma yarattı?
- Bu sapma projedeki toplam süre sapmasının yüzde kaçına karşılık gelir?

İnsan kaynaklarının temininde yaşanan sıkıntılar SI_IKTemin ve iş gücü süreksizliğinden kaynaklanan sıkıntılar ise SI_IKSüreksizlik değişkenleriyle gösterilir. Yine bu sıkıntıların neden olduğu sapmalar SA_IKTemin(ay), SA_IKSüreksizlik(ay), SA_IKTemin(%) ve SA_IKSüreksizlik(%) değişkenleriyle gösterilir (bkz. EK C, Çizelge C.7). İnsan kaynaklarının temininde yaşanan sıkıntılar ve insan kaynakları süreksizliği Formül 3.20 yardımıyla birleştirilir. Genel insan kaynakları problemlerini gösteren SI_IKP değişkeni elde edilir. Yine Formül 3.21 ve Formül 3.22 yardımıyla insan kaynaklarının neden olduğu süre sapmalarının miktarları ve oranları elde edilir. Bu bilgiler SA_IKP(ay) ve SA_IKP(%) değişkenlerinde saklanır. Türetilen bu yeni değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C).

$$SI_IKP = SI_IKTemin\ U\ SI_IKSüreksizlik \quad \textbf{(3.20)}$$

$$SA_IKP(ay) = SA_IKTemin(ay) + SA_IKSüreksizlik(ay) \quad \textbf{(3.22)}$$

$$SA_IKP(\%) = SA_IKTemin(\%) + SA_IKSüreksizlik(\%) \quad \textbf{(3.23)}$$

Projelerdeki toplam süre sapma değerlerine göre oluşturulan $H_{İKP(S)}$ önsavı aşağıda verilmiştir.

$H_{İKP(S)}$:

H_0: İnsan kaynaklarının neden olduğu süre sapmaları ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: İnsan kaynaklarının neden olduğu süre sapmaları ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre oluşturulan $H_{İKP(İ)}$ önsavı aşağıda verilmiştir.

$H_{İKP(İ)}$:

H_0: İnsan kaynaklarının sıkıntı/sapma yaratma durumları, projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre farklılık göstermez.

H_a: İnsan kaynaklarının sıkıntı/sapma yaratma durumları, projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre farklılık gösterir.

İnsan kaynaklarının neden olduğu bazı sıkıntılar ürün geliştirme sürecini dolaylı bir şekilde etkiler. Yazılım projelerinde ekip elemanları arasında iletişimin zayıf olması (Cule ve diğ., 2000), iletişim ve koordinasyonda problemlerin oluşması (Curtis ve diğ., 1988; Curtis, 1989) ve ekip elemanları arasında çatışmaların yoğun olması (Barki ve diğ., 1993; Jiang ve Klein, 2000) geliştirme sürecini sıkıntıya sokar. Yazılım projelerinde ekip içindeki bütünlüğün sağlanması süreç performansını (Jun ve diğ., 2011); projelerde iletişimin verimli tutulması ise proje performansını pozitif yönde etkiler (Narayanan, 2010). Buna göre proje ekibi arasında iletişim ve koordinasyonda yaşanan sıkıntılar proje süresini ve iş gücünü olumsuz yönde etkiler.

Çalışmada proje ekibi arasında iletişim ve koordinasyon problemi olup olmadığı sorulur ve elde edilen bilgiler SI_IK_Koordinasyon değişkeninde saklanır. Bu değişkenin veri yapısı Çizelge C.7'de verilmiştir (bkz. EK C).

Ekip iletişiminin ve koordinasyonun süre ve iş gücü sapma değerlerini nasıl etkilediği $H_{İKKoordinasyon(S)}$ ve $H_{İKKoordinasyon(İ)}$ önsavlarıyla sınanır.

$H_{İKKoordinasyon(S)}$:

H_0: Ekip elemanları arasında koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir yoktur.

H_a: Ekip elemanları arasında koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir vardır.

$H_{İKKoordinasyon(İ)}$:

H_0: Ekip elemanları arasında koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir yoktur.

H_a: Ekip elemanları arasında koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir vardır.

Tecrübesiz, proje için gerekli deneyime ve bilgiye sahip olmayan ekip elemanları (Keil ve diğ., 1998; Schmidt ve diğ., 2001;Wallace ve diğ., 2004a; Han ve Huang, 2007) ile projelerde ekip elamanlarının doğru eğitilememesi (Wallace ve diğ., 2004a; Han ve Huang, 2007) yazılım geliştirme sürecini sıkıntıya sokar. İnsan kaynaklarının eğitiminde ya da uyumunda yaşanan sıkıntılar süreç faaliyetlerini durdurmasa bile süreç performansını dolaylı bir şekilde etkiler.

Buna göre ekip eğitiminden ya da uyumundan kaynaklanan sıkıntıların süre ve iş gücü sapma değerlerini nasıl etkilediği $H_{İKEğitimveUyum(S)}$ ve $H_{İKEğitimveUyum(İ)}$ önsavlarıyla sınanır. Çalışmada ekibin eğitimi ya da uyumu ile ilgili bir sıkıntı yaşanıp yaşanmadığı sorulur ve elde edilen yanıtlar SI_IK_EgitimveUyum değişkeninde saklanır. Bu değişkenin veri yapısı Çizelge C.7'de verilmiştir (bkz. EK C).

$H_{İKEğitimveUyum(S)}$:

H_0: Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

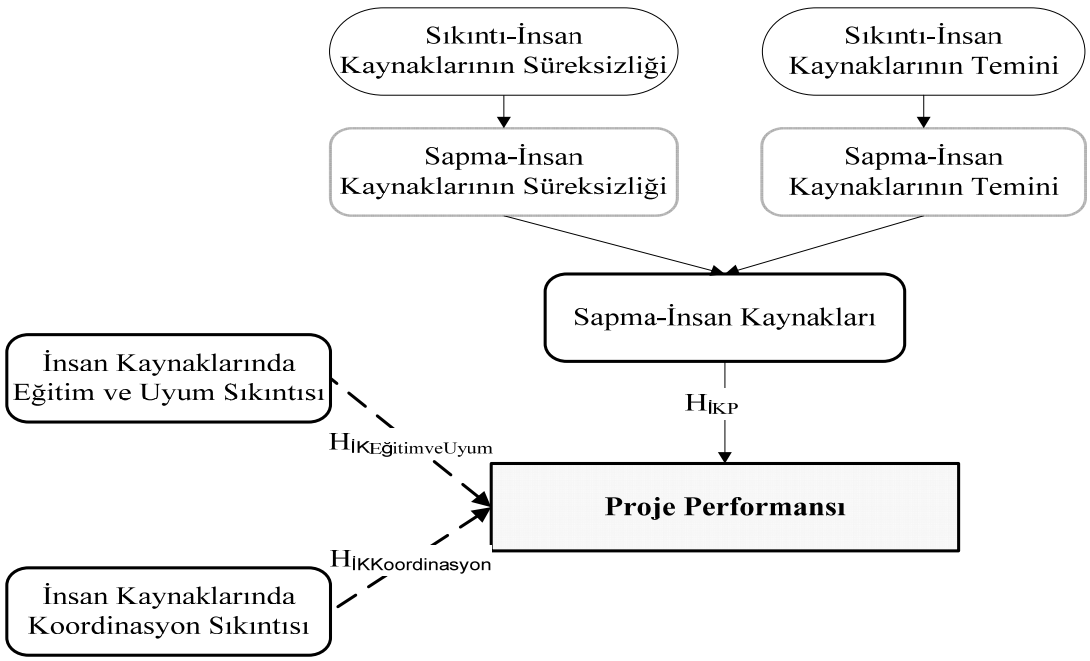
H_a: Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

$H_{İKEğitimveUyum(İ)}$:

H_0: Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Şekil 3.5, insan kaynaklarının neden olduğu sıkıntılar ile ürün geliştirme süreç performansı arasındaki ilişkileri gösterir.



Şekil 3.5 : İnsan kaynaklarının proje performansı üzerindeki etkisi.

3.7 Dış Çevreden Kaynaklanan Bozucu Etmenler

Kurumsal süreçlerin mükemmel işlediği ve ürün geliştirme ortamının yeterli olduğu işletmelerde bile beklenen başarı elde edilemeyebilir. Bunun en önemli nedeni, işletmelerin dış çevreyle olan bağlantılarıdır. Dış çevreyle etkileşim içinde olan bir işletme buradan gelen tüm sıkıntıları ve tehlikeleri karşılamak zorundadır. Dış kaynaklı etmenlerin etkisi azaltılamadığı veya tamamen yok edilemediği durumlarda ürün geliştirme süreci olumsuz yönde etkilenir.

Duncan (1972) dış çevreyle bir işletmenin sınırları dışındaki fiziksel ve sosyal etmenleri ya da dikkate alınması gereken özel karar mekanizmalarını anlatmakta; müşterileri, tedarikçileri, rakipleri, sosyo-politik etmenleri ve teknolojik unsurları ele almaktadır. Bonaccorsi ve Lipparini'in yapmış olduğu sınıflandırmaya göre tedarikçiler ürün geliştirme sürecine üç ana sınıfta dâhil olur: Standart öğe sağlayıcıları, baskılı devre tasarımcıları ve özel elektronik ürün sağlayıcıları (McIvor ve diğ., 2006'da atıfta bulunulduğu gibi). Standart öğe sağlayıcıları firmalara standart elektronik öğeleri (devreler, araçlar gibi) temin eder. Bunlar firma tarafından onaylanmış bir tedarikçi listesi üzerinden seçilen tedarikçilerdir. Baskılı devre üretimcileri, tasarım ve ürün özellikleri tamamlandıktan sonra ürün geliştirme sürecine dâhil edilirler. Standart öğe sağlayıcılara göre daha sınırlı bir tedarikçi listesine sahip olan bu sınıfta tedarikçiler ürün teslim zamanlarına ve fiyatlarına göre tercih edilir. Özel elektronik ürün sağlayıcıları firmalardan gelen özel taleplere göre hizmet verirler.

Yukarıdaki sınıflandırmada standart öğe sağlayıcılarıyla olan ilişkiler satın alma bölümünde, baskılı devre üreticileri ve özel elektronik ürün sağlayıcılarıyla olan ilişkiler ise alt yükleniciler bölümünde incelenir.

Nihai üründeki kritik bir parçanın üretilmesini üstelenen tedarikçi firmalarla olan ilişkiler oldukça önemlidir. Tedarikçi firmanın performansı doğrudan ürünün performansını etkiler. Bu nedenle, tedarikçi firma ile ürün geliştirme sürecinin kavram geliştirme aşamasında çalışılmaya başlanır (McIvor ve diğ., 2006).

Bu çalışmada dış çevreyle, işletmenin birebir ilişkide olduğu, ürün geliştirme süreci boyunca en az bir kez sürece girdi sağlayan tedarikçiler, alt yükleniciler ve proje ortakları gibi yapılar kastedilir. Bu yapılara müşteri dâhil değildir. Yazılım temelli

ürünleri geliştiren firmalarda müşterinin yeri çok farklıdır. Bu nedenle müşterinin davranışı ayrı bir başlık altında incelenir.

3.7.1 Satın alma

Satın alma riski, tedarikçilerin beklenen zamanda sipariş edilen malları teslim edememe olasılığı olarak tanımlanır (Chin ve diğ., 2009). Tedarikçi firmaların ürün teslim etme sürelerine sadık kalmaları, teslim sürelerinin esnek ve hızlı olması tedarikçi seçimi için önemli kıstaslardan biridir (Muralidharan ve diğ., 2002). Ürün geliştirme sürecinde temin edilen ürünün niteliğine ve bu ürünü sağlayan tedarikçilerin sayısına, konumuna ve uzaklığına göre satın alma süreçlerinin performansları farklılık gösterir.

Literatürde tedarikçi risklerini konu alan çalışmalar mevcuttur. Barki ve diğ. (1993) yazılım ve donanım tedarikçilerinin sayısını; Belassi ve Tukel (1996) ve Simons ve Klerk (1997) tedarikçilerle olan ilişkilerin düzeyini ve Cule ve diğ. (2000) ve Schmidt ve diğ. (2001) tedarikçiler üzerinde kontrolün sağlanamamasını bir risk etmeni olarak göstermiştir. Ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca satın alma sürecinin performansı sadece tedarikçi firmaların performansı ile belirlenmez. Satın alma faaliyetlerinin performansı satın alma süreçlerine, satın alma birimine ve mevcut kısıtlara veya yaptırımlara göre farklılık gösterir.

Bilişim alanında ürün geliştiren firmalar tasarım, geliştirme ve test ürünlerine, yazılım ürünlerinin üzerinde çalıştığı donanımlara, elektronik öğelere, diğer disiplinlerden gelen tasarım ve geliştirme araçlarına duyulan ihtiyaç doğrultusunda satın alma sürecini başlatır. Bu çalışmada satın alma sürecinde yaşanan sıkıntıların proje performansını nasıl etkilediği incelenir. Çalışmada yazılım ve donanım ürünü teminiyle ilgili sorular Çizelge C.8'de verilmiştir.

Satın alma sıkıntıları üç adımda incelenir. Önce yazılım ve donanım temininde yaşanan sıkıntılar ve bu sıkıntıların neden olduğu gecikmeler ele alınır. Daha sonra bu gecikmelerin proje aşamasında yarattığı sapmalar incelenir. Son aşamada ise ürün tedariki nedeniyle proje genelinde oluşan süre sapmaları hesaplanır.

Veri toplama aşamasında yazılım ve donanım tedariki sıkıntıları ayrı ayrı ele alınır. Bu kapsamda sorulan soruların ana başlıkları aşağıda verilmiştir.

- Yazılım ve donanım gereçlerinin temininde sıkıntı yaşandı mı?

- Temin sürelerinde yaklaşık ne kadar bir gecikme oldu?
- Teminde yaşanan sıkıntılar proje aşamasında gecikmeye neden oldu mu?
- Teminde yaşanan sıkıntılar proje süresinde sapmaya neden oldu mu?
- Bu sapma projedeki toplam süre sapmasının yüzde kaçına karşılık gelir?

Yazılım ve donanım temininden kaynaklanan sıkıntılar sırasıyla SI_SWTemin ve SI_HWTemin; sapma miktarları SA_SWProje(ay) ve SA_HWProje(ay) ve sapma oranları ise SA_SWProje(%) ve SA_HWProje(%) değişkenleriyle gösterilir (bkz. EK C, Çizelge C.8).

Yazılım ve donanım satın alma faaliyetleri esnasında ortaya çıkan sıkıntılar ve sapmalar birleştirilerek genel ürün tedariki sıkıntılarına ve sapmalarına dönüştürülür. Tedarik süresindeki toplam gecikme SAlma_Gecikme, genel satın alma sıkıntıları SI_SAlma ve bu sıkıntıların neden olduğu sapmalar SA_SAlma(ay) ve SA_SAlma(%) ile gösterilir. Formül 3.24, yazılım ve donanım temininde yaşanan sıkıntıları SI_SAlma değişkeni altında birleştirir. Formül 3.25 yazılım ve donanım teminindeki gecikmeleri toplayarak genel satın alma gecikmesini; Formül 3.26 yazılım ve donanım satın almaları nedeniyle toplam proje süresinde oluşan sapmanın miktarını ve Formül 3.27 yazılım ve donanım satın almalarının neden olduğu sıkıntıların toplam proje süresini hangi oranda saptırdığını hesaplar. Türetilen bu değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C).

$$SI_SAlma = SI_SWTemin \; U \; SI_HWTemin \tag{3.24}$$

$$SAlma_Gecikme = SA_SWTemin(ay) + SA_HWTemin(ay) \tag{3.25}$$

$$SA_SAlma(ay) = SA_SWProje(ay) + SA_HWProje(ay) \tag{3.26}$$

$$SA_SAlma(\%) = SA_SWProje(\%) + SA_HWProje(\%) \tag{3.27}$$

Şekil 3.6 satın alma sıkıntılarından kaynaklanan sapmalarla proje performansı arasındaki ilişkiyi gösterir. Satın alma temininden kaynaklanan sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkileri süre ve iş gücü sapma değerlerine göre ayrı ayrı incelenir.

Projelerdeki toplam süre sapma değerlerine göre oluşturulan $H_{SAP(S)}$ önsavı aşağıda verilmiştir.

$H_{SAP(S)}$:

H_0: Satın alma sıkıntılarının neden olduğu sapmalar ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

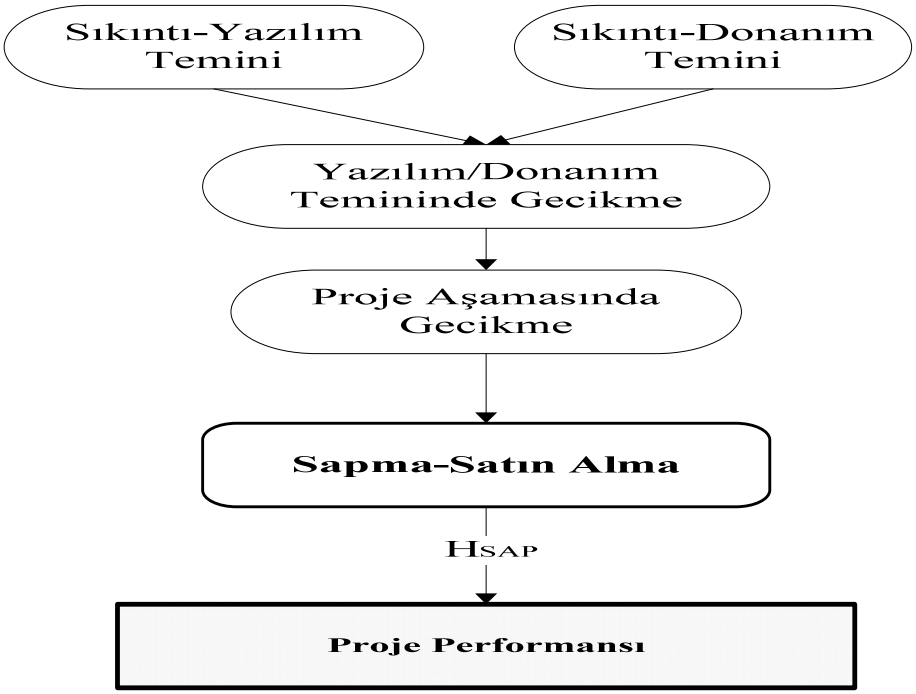
H_a: Satın alma sıkıntılarının neden olduğu sapmalar ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre oluşturulan $H_{SAP(İ)}$ önsavı aşağıda verilmiştir.

$H_{SAP(İ)}$:

H_0: Satın alma faaliyetlerinde sıkıntı/sapma yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Satın alma faaliyetlerinde sıkıntı/sapma yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.



Şekil 3.6 : Satın alma sıkıntılarının proje performansı üzerindeki etkisi.

3.7.2 Alt yükleniciler ve proje ortakları

Firmalar, kârlılığı az olan ya da işletmeye katkı sağlamayan işlerin bir kısmını dışarıya vererek ana faaliyet alanlarına daha fazla odaklanmayı tercih ederler (Quinn ve Hilmer, 1994). Diğer firmalarda olduğu gibi bilişim firmaları da görevlerinin bir kısmını başka firmalara yaptırma eğilimindedir. Gömülü yazılım geliştiren firmalar

baskılı devre tasarımlarını bu konunun uzmanı olan firmalara yaptırır. Salt yazılım geliştiren firmalar, uzmanlığın az olduğu bir konuda başka bir firmadan ya da kurumdan hizmet almayı tercih eder. Ürün geliştirme esnasında ihtiyaç duyulan yazılım kütüphaneleri ya da ara yüz tasarımları firma dışında hazırlanır (Filho, 2005).

Bu tip firmalar piyasaya kısa zamanda kaliteli ürünler sunarak rekabet güçlerini arttırmayı ya da en azından korumayı amaçlar. Geçmişte zamandan ve paradan tasarruf etmek amacıyla yürütülen alt yüklenici faaliyetleri günümüzde biraz şekil değiştirmiştir. Özellikle çok disiplinli projelerde yer alan firmalar, uzmanlık alanlarının dışında kalan işleri alt yüklenici firmalara yaptırarak, ürün geliştirme sürecinin risklerini paylaşır.

Diğer taraftan, alt yüklenicilerle çalışmak firmalara farklı yönde riskler getirir. Ropponen ve Lyytinen'e göre (2000) alt yüklenici riskleri yazılım geliştirme sürecindeki altı önemli risk etmeninden biridir. Earl (1996) getirdiği bütün faydalara rağmen dış kaynak kullanımının yönetim zafiyeti, ortak bir kültür oluşturamama, örgütsel öğrenme kaybı, yenilik kapasitesi kaybı, gizli kalmış maliyetler ve işletme belirsizlikleri gibi riskleri barındırdığını söyler. Alt yüklenici firmanın dışarıda olması firma ve proje üzerindeki kontrolü azaltmakta (Russell, 2001); uzmanlığın az olduğu işlerin dışarıya verilmesi verilen hizmetin kalitesini ve maliyetini değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır.

Yine alt yüklenicilerin doğru seçilmemesi, alt yüklenicilerin düzgün yönetilmemesi veya işin doğru tanımlanmaması ürün geliştirme sürecinde sıkıntı yaratır. Wallace ve diğ. (2004b) ekip, planlama ve kontrol risklerinin dışarıya verilen projelerde, firma içinde yapılan projelere göre, daha yüksek olduğunu göstermiştir. Han ve diğ.'lerine (2008) göre bilgi paylaşımı ve iletişim kalitesi ile dış kaynak kullanımı başarısı arasında dolaylı bir ilişki mevcuttur. Tiwana (2008) 120 adet yazılım dış kaynak paydaşı arasında bir çalışma gerçekleştirmiş; proje performansının çıktı ve süreç kontrolleri ile iyileştiğini göstermiştir.

Bu çalışmada ürün geliştirme yaşam döngüsünde alt yüklenici kullanan projelerin karşı karşıya kaldığı sıkıntılar incelenir. Alt yüklenicilerden kaynaklanan sıkıntılar aşağıda verilen sorularla sorgulanır. Bu sorulara ilişkin değişkenler Çizelge C.9'da verilmiştir.

- Projedeki alt yüklenici sayısı nedir?

- Alt yüklenicilerden kaynaklanan sıkıntılar yaşandı mı?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Ürün geliştirme sürecinde yürütülen çalışmalar ortaklık düzeyinde farklı firmalar tarafından paylaşıldığında projenin karmaşıklığı artmakta, kritik kararların alınmasında gecikmeler olabilmektedir. Jiang ve Klein (2000) proje ekibinde rollerin ve sorumlulukların açık bir şekilde tanımlanmadığı durumlarda proje performansının olumsuz yönde etkileneceğinden bahseder. Bu durum proje ortakları içinde geçerlidir.

Ürün geliştirme sürecinde ortaklarından gelen sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkileri aşağıda verilen sorularla incelenir. Bu sorular ve ilgili değişken tanımları Çizelge C.9'da verilmiştir.

- Projedeki ortakların sayısı nedir?
- Ortaklar projede sıkıntı yarattı mı?
- Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?
- Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?

Bu doktora tezinde alt yüklenicilerden ve proje ortaklarından gelen sıkıntılar birlikte değerlendirilir. Buna göre alt yüklenicilerden ve proje ortaklarından gelen sıkıntılar sırasıyla SI_AY ve SI_PO değişkenleriyle; alt yüklenicilerin neden olduğu süre sapmaları SA_AY(ay) ve SA_AY(%) değişkenleriyle ve proje ortaklarının neden olduğu süre sapmaları ise SA_PO(ay) ve SA_PO(%) değişkenleriyle gösterilir. Değişken tanımları EKC.9'da verilmiştir.

Formül 3.28, alt yüklenicilerden ve proje ortaklarından gelen sıkıntıları SI_AYPO değişkeni altında birleştirir. Formül 3.29, alt yüklenicilerin ve proje ortaklarının neden olduğu süre sapma miktarlarını SA_AYPO(ay) değişkeni altında toplar. Formül 3.30, her iki etmen nedeniyle oluşan sapmanın toplam proje süre sapmasındaki oranını hesaplar. Hesaplanan bu süre sapma oranları SA_AYPO(%) değişkeninde saklanır. Türetilen bu değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C).

$$SI_AYPO = SI_AY \; U \; SI_PO \quad \textbf{(3.28)}$$

$$SA_AYPO(ay) = SA_AY(ay) + SA_PO(ay) \quad \textbf{(3.29)}$$

$$SA_AYPO(\%) = SA_AY(\%) + SA_PO(\%) \quad \textbf{(3.30)}$$

Alt yüklenicilerden ve proje ortaklarından kaynaklanan sıkıntıların proje performansı üzerindeki etkileri süre ve iş gücü sapma değerlerine göre ayrı ayrı incelenir. Projelerdeki toplam süre sapma değerlerine göre oluşturulan $H_{AYPO(S)}$ önsavı aşağıda verilmiştir.

$H_{AYPO(S)}$:

H_0: Alt yüklenicilerden ve proje ortaklarından gelen sıkıntılarının neden olduğu sapmalar ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Alt yüklenicilerden ve proje ortaklarından gelen sıkıntılarının neden olduğu sapmalar ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

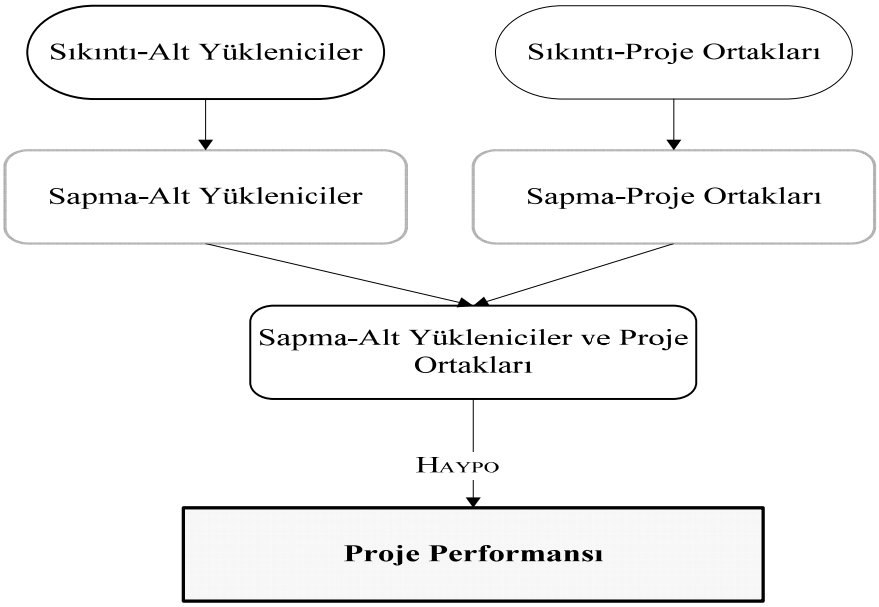
Projelerdeki toplam iş gücü sapma değerlerine göre oluşturulan $H_{AYPO(İ)}$ önsavı aşağıda verilmiştir.

$H_{AYPO(İ)}$:

H_0: Alt yükleniciler ve proje ortakları nedeniyle sapma yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Alt yükleniciler ve proje ortakları nedeniyle sapma yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Şekil 3.7 proje ortaklarından ve alt yüklenicilerden gelen sıkıntılarla genel proje performansı arasındaki ilişkiyi gösterir.



Şekil 3.7 : Alt yüklenicilerin ve proje ortaklarının proje performansı üzerindeki etkisi.

3.8 Proje Ekibinin ve Proje Yöneticisinin Yetkinlik Düzeyleri

Ürün geliştirme sürecinde insan kaynaklarının yetkinliği son derece önemlidir. Öyle ki, seçilen ekibin teknik yetkinliği, projenin kapsamı ve ekibin projeye uygunluğu proje performansını etkiler (Ewusi-Mensah, 1997).Adams ve diğ., Jehn ve diğ. ve Carlile bir ekip oluştururken ekibin sıkça karşılaştığı problemleri çözebilecek kadar teknik bilgi ve deneyime sahip olması gerektiğini söyler (Jablokow ve Booth, 2006'da atıfta bulunulduğu gibi). Öyle ki, proje ekibinin problem çözme yeteneği ile projenin tamamlanma hızı arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır (Scott-Young ve Samson, 2008).

Diğer taraftan teknik beceri proje ekibinin kalitesini tek başına karşılayamaz (Chi ve Chen, 2009). Birçok yazılım geliştirme projesinde proje ekibindeki uygulama alan bilgisi eksikliği önemli bir problem olarak görülmektedir. Proje ekibi, belli koşullar altında bir sistemin nasıl davranması gerektiğini bilmek zorundadır (Curtis ve diğ., 1988). Vitalari'ye göre gereksinimleri analiz eden ekip elemanlarının davranışı kuruma özgü bilgi, işlev alanı bilgisi, uygulama alanı bilgisi ve geliştirme yöntemleri bilgisiyle desteklenir (Loucopoulos ve Champion, 1989'da atıfta bulunulduğu gibi). Ullman alan bilgisini, süreç bilgisini ve genel bilgiyi mühendislik tasarımcılarının çalışmalarında kullandıkları ya da ihtiyaç duydukları temel bilgi türleri olarak sıralar (Court, 1997'de atıfta bulunulduğu gibi).

Diğer taraftan, yazılım projelerinde tasarımcıların teknik bilginin ve alan uzmanlığının yanı sıra farklı özelliklere de sahip olmaları gerekir. Bu özellikler arasında birlikte çalışabilme yeteneği biraz daha ön plana çıkar. Jiang ve Klein (2000), bir projede tüm ekibin birlikte çalışabilme yeteneğiyle proje performansı arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu söyler.

Benzer şekilde Liu ve diğ. (2005) bilgi yönetme yetkinliği ile yeni ürün geliştirme performansı arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bir projenin teknik karmaşıklığı arttıkça ekipler arasında koordinasyonun etkin bir şekilde yönetilmesi daha da önem kazanır. Bir projenin başarısı, farklı gruplar arasında koordinasyonu sağlayabilecek, teknik beceriye ve alan uzmanlığına sahip proje yöneticilerine bağlıdır (Ewusi- Mensah, 1997). Liderlik özelliğine sahip proje yöneticileri ekip içindeki iletişimi, iş birliğini ve uyumu geliştirerek projenin başarılı olmasını sağlar (Yang ve diğ., 2011). Proje yöneticisinin liderlik tarzı yeni ürün geliştirme projelerinin hızında oldukça etkilidir (McDonough ve Barczak, 1991). Boer ve During (2001) yeni ürün geliştirmede teknik becerilerin yanı sıra sosyal ve yönetimsel yeteneklerin, uygun davranışların, resmi ve resmi olmayan gücün de etkili olduğunu söyler. Özellikle, yenilikçilik özelliği olan bir ürünü geliştirirken bilginin etkin bir şekilde yönetilmesi gerekir. Böyle bir proje ancak ekipteki bilginin etkin bir şekilde yönetilmesiyle başarılı olabilir (Akgün ve diğ., 2008).

Bstieler'e (2005) göre yeni ürün geliştirme sürecinde zaman verimliliğinin en temel belirleyicisi geliştirme ekibinin kompozisyonudur. Proje ekibi projeyi verimli bir şekilde yönetecek şekilde kurulmalı, farklı disiplinlerden çok işlevli bir takım oluşturulmalı ve liderlik özelliği kuvvetli olan yöneticiler seçilmelidir. Yine Scott-Young ve Samson'a (2008) göre ekip tecrübesi, ekip içindeki iletişimi ve iş birliğini arttıracak ofis tasarımları ve proje yöneticisinin devamlılığı proje süresini hızlandırır.

Anderson (1992) proje yöneticilerinde liderlik yeteneğinin ve idari tecrübenin diğer özellikler arasında öne çıktığını söyler. Buna göre, proje planlama çalışmalarıyla etkin liderlik yeteneği arasında kuvvetli bir ilişki vardır. El-Sabaa'ya (2001) göre proje yönetiminde beşeri yetenekler en fazla etkiye sahiptir, bunu kavramsal ve örgütsel yetenekler ve daha sonra da teknik yetenekler takip eder.

Benzer şekilde yazılım projelerinde etkin proje yönetme becerisinin ve yönteminin eksik olması, ekip elemanlarının görev ve sorumluluklarının düzgün tanımlanmaması

ve kontrolün sağlanamaması birer yönetim riski olarak tanımlanır (Schmidt ve diğ., 2001). Etkin bir yazılım risk yönetiminde, yazılım risklerinin doğasını anlayan proje yöneticilerine ihtiyaç duyulur. Tüm bir proje yaşam döngüsü boyunca gereksinimleri etkin bir şekilde yönetemeyen, yazılım risk yönetimini planlamayan ya da bunu izlemeyen proje yöneticileri olabilir. Böyle bir durumda projelerin düşük performans göstermesi çok muhtemeldir. Han ve Huang (2007) gereksinim, planlama ve kontrol ve ekip risklerinin düşük performans gösteren yazılım projelerindeki en önemli riskler olduğunu söyler.

Literatürde ekip ve proje yönetimi risklerini konu alan çok sayıda çalışma vardır ve bunlar Çizelge 2.3'te özetlenmiştir.

Bu çalışmada proje ekibinin ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile proje performansı arasındaki ilişkiler incelenir. Proje ekibinin ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri Çizelge C.10'da verilen sorularla elde edilir (bkz. EK C). Proje ekibinin yetkinlik düzeyi alan uzmanlığı, teknik tecrübe ve proje tecrübesi olmak üzere üç kategori altında incelenmekte, yanıtlar oran ölçeğinde alınmaktadır.

- Projeden önce ilgili alanda ve konuda benzer çalışmaları yapmış ve bunları sonlandırmış elemanların oranı nedir?
- Projeden önce farklı alanda bile olsa ürün tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testi konularında çalışma yapmış ve bunları sonlandırmış elemanların oranı nedir?
- Projeden önce ürün tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testi ile ilgili benzer araçları/malzemeleri kullanan elemanların oranı nedir?

Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri proje yönetimi tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik tecrübe olmak üzere üç kategori altında değerlendirilir. Sorular beşli Likert ölçeğinde sorulmuştur.

- Proje yöneticisi proje yönetimi konusunda ne kadar deneyime sahiptir?
- Proje yöneticisi çalışılan alanla ilgili ne kadar deneyime sahiptir?
- Proje yöneticisi ne kadar teknik deneyime sahiptir?

Yazılım temelli projelerde proje performansının ekibin ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeylerine göre farklılık gösterip göstermediği süre ve iş gücü sapma değerlerine göre ayrı ayrı incelenir.

3.8.1 Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri

Burada proje başlangıcında uygulama alanı deneyimine sahip, proje tecrübesi olan ve teknik konularda deneyimli olan elemanların oranı ile süre ve iş gücü sapma değerleri karşılaştırılır. Bu karşılaştırmalarda Kruskal-Wallis sınama yöntemi kullanılır.

Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri ile toplam süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler $H_{EkipYetkinAlan\ (S)}$, $H_{EkipYetkinProje\ (S)}$ ve $H_{EkipYetkinTeknik(S)}$ önsavları ile sınanır.

$H_{EkipYetkinAlan\ (S)}$:

H_0: Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{EkipYetkinProje\ (S)}$:

H_0: Proje ekibinin proje deneyimi ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje ekibinin proje deneyimi ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{EkipYetkinTeknik(S)}$:

H_0: Proje ekibinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje ekibinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri ile toplam iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler $H_{EkipYetkinAlan\ (İ)}$, $H_{EkipYetkinProje\ (İ)}$ ve $H_{EkipYetkinTeknik(İ)}$ önsavları ile sınanır.

$H_{EkipYetkinAlan\ (İ)}$:

H_0: Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{EkipYetkinProje (İ)}$:

H_0: Proje ekibinin proje deneyimi ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje ekibinin proje deneyimi ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{EkipYetkinTeknik(İ)}$:

H_0: Proje ekibinin teknik deneyimi ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje ekibinin teknik deneyimi ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

3.8.2 Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri

Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile toplam süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler $H_{PYYeterYönetim(S)}$, $H_{PYYeterAlan(S)}$ ve $H_{PYYeterTeknik(S)}$ önsavları ile sınanır.

$H_{PYYeterYönetim(S)}$:

H_0: Proje yöneticisinin yönetim yetkinliği ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje yöneticisinin yönetim yetkinliği ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{PYYeterAlan(S)}$:

H_0: Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{PYYeterTeknik(S)}$:

H_0: Proje yöneticisinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje yöneticisinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile toplam iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler $H_{PYYeterYönetim(İ)}$, $H_{PYYeterAlan(İ)}$ ve $H_{PYYeterTeknik(İ)}$ önsavları ile sınanır.

$H_{PYYeterYönetim(İ)}$:

H_0: Proje yöneticisinin yönetim yetkinliği ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje yöneticisinin yönetim yetkinliği ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{PYYeterAlan(İ)}$:

H_0: Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

$H_{PYYeterTeknik(İ)}$:

H_0: Proje yöneticisinin teknik deneyimi ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H_a: Proje yöneticisinin teknik deneyimi ile toplam proje iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

3.9 Ürünün Yenilik ve Ar-Ge Özellikleri

3.9.1 Ürünün yenilik yönü

Ürün geliştirme sürecinin zorluğu ya da karmaşıklığı geliştirilen ürünün özellikleriyle şekillenir. Piyasadakilere benzemeyen bir ürünü tasarlama amacında olan ya da henüz çözüme kavuşmamış bir problemi hedef alan projelerin karmaşıklığı diğerlerine göre daha fazladır. Ürün karmaşıklığı ile yeni ürün geliştirme projelerindeki süre performansı arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki mevcuttur (Swink, 2003). Buna göre teknolojik karmaşıklığı yüksek olan projeler diğer projelere göre çok daha fazla başarısız olma tehlikesiyle karşı karşıya gelir (Schewe, 1994).

Bstieler (2005), yeni ürün geliştirme yaşam döngüsünde teknolojik belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda teknik yetkinlik ve proje ekibi ile zaman verimliliği

arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu söyler. Diğer bir deyişle, teknik yetkinliğin ve proje ekibinin zaman verimliliği üzerindeki etkisi teknolojik belirsizlikle artar.

Carbonell ve Rodriguez (2006) ekip tecrübesi ile ekip sürekliliğinin yenilik hızı üzerine pozitif bir etkisi olduğunu göstermiştir. Öte yandan, başarılı bir yenilik yönetiminde hem proje hem de firma ile ilgili etmenler göz önünde bulundurulmalıdır (Schewe, 1994). Romijn ve Albaladejo (2002) elektronik ve yazılım ürünleri geliştiren firmalarda yenilik performansı ile iç ve dış etmenler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişkili olduğunu ortaya çıkarmıştır. Çalışma, mühendislik bilgi ve deneyiminin orta seviyede teknik yeteneklere ya da genel yönetim yetkinliğine göre daha önemli olduğunu vurgular. Van der Panne ve diğ.'lerine (2003) göre yenilik başarısında firmaların yeni ürün geliştirme tecrübesi, uyguladığı strateji ve yönetim biçimi ve yürütülen projenin temel yetkinlik alanına uyumu etkilidir.

Meyer ve Utterback (1995) teknoloji yeniliği, pazar yeniliği ve müşteri yeniliği ile geliştirme zamanı arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu söyler. Ali'ye (2000) göre ürün yeniliği geliştirme zamanı ile pazar performansı arasındaki ilişkiyi etkiler. Buna göre ürün yeniliği ve geliştirme zamanı arasındaki etkileşimin etkisi gelir ve kârlılığı açıklamada kullanılabilir.

Garcia ve Calantone'ya göre (2002) yazılım yeniliği ile ürün karakteristikleri ve pazar yapısı arasında ilişkili kurulabilmektedir. Tatikonda ve Rosenthal (2000) ürünün teknolojik yenilik düzeyi ile projenin maliyet ve zaman çıktıları arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu göstermiştir. Yine McDonough (1993) bir işin türü ile hedeflenen zaman arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu, önemli teknolojilerin geliştirilmesi ya da yeni teknolojilerin uygulamaya alınması gibi daha radikal görevleri üstlenen projelerin zamana uymada başarısız olduğunu söyler.

Diğer taraftan yüksek ürün yeniliği firma ünü ve kârlılığı, toplam proje başarısı ve bilgi kazanımı gibi proje performans çıktılarında bir artışa neden olur (Jordan ve Segelod, 2006). Calantone ve diğ. (2006) ürün yeniliği ile ürün avantajı arasında pozitif yönde bir ilişki kurulabildiğini ve ürün avantajının da yeni ürün kârlılığını arttırdığını göstermiştir. Öte yandan ürün yeniliği, yeni ürün kârlılığı üzerinde etkili olan müşteri aşinalığını azaltır.

Diğer tüm sektörlerde olduğu gibi bilişim sektöründe de ürün yeniliği firmalara rekabet avantajı kazandırır. Voss'a göre (1985) bilişim alanındaki yenilikler, kullanıcı ihtiyaçları bilgisi ile teknik bilgisayar deneyimi arasındaki uyumun bir sonucudur. Buna göre pazarla ilgili durumlar ya da teknolojik etmenler, yeniliklerin ortaya çıkmasına neden olur. Benzer şekilde Danneels (2002), firmaların sahip olduğu teknoloji ve müşteri yetkinlikleriyle ürün yeniliğinin elde edebileceğini söyler. Danneels ve Kleinschmidt (2001) ürünün finansal performansı ile teknoloji ve pazar benzerlikleri arasında bir ilişki olmadığını ama teknoloji ve pazar uyumu ile bir ilişkili kurulabileceğini göstermiştir. Buna göre yöneticiler, yeni ürünün firmadaki mevcut teknolojiye ve pazar yetkinliğine ne kadar uyduğunu değerlendirmelidir.

Feldman yeniliği yeni bir kavramı uygulamaya indirgeme ve bundan ticari bir başarı sağlama, fikirleri hayata geçirme ve bilgiyi paraya dönüştürme faaliyeti olarak tanımlar (Ramadani ve Gerguri, 2011'de atıfta bulunulduğu gibi). Yenilikçi bir ürünün yeni olma derecesini belirleyen çok fazla etmen mevcuttur. Ürün hedeflediği kitleye yeni olabilir. Diğer bir deyişle, geliştirilen ürün dünyaya, pazara, firmaya, sektöre, bilimsel komiteye ya da müşteriye yenidir. Benzer şekilde, üründe ya da geliştirme sürecinde bir ya da birden fazla özellik yeni olabilir. Buna göre geliştirilen ürünün teknolojisi, tasarım özellikleri, servisleri, müşterisi, müşteri ihtiyaçları, kullanımı ve geliştirme becerisi yenilik düzeyini belirler (Garcia ve Calantone, 2002).

En genel anlamda yenilik düzeyi artımsal ve radikal olmak üzere ikiye ayrılır. Artımsal yenilik temel teknoloji ve ürün konfigürasyonu aynı kalmak koşuluyla ürün üzerinde görünüm, esneklik ve diğer özellikleri sağlamak amacıyla yapılan ve önem derecesi az olan değişikliklerdir. Öte yandan, teknolojinin bir önceki üründen oldukça farklı olması durumunda radikal yenilikten bahsedilir (Balachandra ve Firar, 1997). Yenilik literatüründe artımsal yenilik ile radikal yenilik arasında kalan yeni sınıfların da olduğu görülür. Öyle ki, Drucker yeniliği artımsal, katkı, tamamlayıcı ve radikal yenilik olarak dört sınıfta inceler (Ramadani ve Gerguri, 2011'de atıfta bulunulduğu gibi). Yine Booz-Allen ve Hamilton (1982) projeleri mevcut ürünü iyileştirme, maliyet azaltma, yeniden konumlandırma, yeni ürün hattı yaratma, mevcut ürün hattına ilaveler yapma ve dünya çapında yeni ürün geliştirme olmak üzere altı kategori altında toplamıştır.

Bu çalışmada geliştirilen üründeki yenilik düzeyi üç kategoride incelenir. Birinci düzeyde geliştirilen ürün herhangi bir yeni özellik içermez. Üçüncü düzeyde geliştirilen ürün ya uluslararası düzeyde yenilik içeren bir üründür ya da bilinen bir teknolojinin, tekniğin ya da yöntemin yeni bir alana, sürece ya da ürüne uygulanması sonunda ortaya çıkan, piyasada benzeri olmayan bir üründür. İkinci düzeyde ise daha önce geliştirilmiş olan ürünlere yeni özellikler katılmakta ve farklı amaçlarla geliştirilen özellikler tek bir ürün altında toplanmaktadır. Tek bir müşteri için geliştirilen ürünler, birden fazla müşteri grubunda satılabilecek genel amaçlı ürünlere dönüştürülür. Bu kategoride olan projeler radikal teknolojik yeniliklerle uğraşmamakta, çalışılan alanla ilgili olan artımsal yeniliklere odaklanmaktadır. Yine, uluslararası piyasalarda mevcut olan ve yeni özelliklerle iç piyasaya sunulan ürünlerde bu kategori altında değerlendirilir.

Bu doktora tezinde geliştirilen ürünün yenilik düzeyi ile proje performansı arasındaki ilişki incelenir. Ürünün yenilik düzeyi ile toplam süre sapma değerleri arasındaki ilişki $H_{PrYenilik\ (S)}$ ve $H_{PrYenilik\ (İ)}$ önsavları ile sınanır.

$H_{PrYenilik\ (S)}$:

H_0: Geliştirilen ürünün yenilik düzeyleri arasında toplam proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Geliştirilen ürünün yenilik düzeyleri arasında toplam proje süre değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Ürünün yenilik düzeyi ile toplam iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişki aşağıda verilen önsavla sınanır.

$H_{PrYenilik\ (İ)}$:

H_0: Geliştirilen ürünün yenilik düzeyleri arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Geliştirilen ürünün yenilik düzeyleri arasında toplam proje iş gücü değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Ürünün yenilik düzeyleriyle ilgili sorular ve değişken tanımları Çizelge C.11'de verilmiştir (bkz. EK C).

3.9.2 Ürünün Ar-Ge yönü

Literatür çalışmalarında Ar-Ge projelerini konu alan pek çok çalışma mevcuttur. Katz ve Tushman (1979) endüstriyel Ar-Ge projelerinin teknik performansı ile geliştirme ekibinin haberleşme ve problem çözme eğilimleri arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmıştır. Sicotte ve Langley (2000) Ar-Ge projelerinde bütünleşme mekanizmaları ile proje performansı arasındaki ilişkileri incelemiş; liderlik, planlama, süreç tanımlama, bilgi teknolojilerinin kullanımı ve yatay haberleşmenin sağlanması ile Ar-Ge proje performansı arasında pozitif yönde kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Naveh (2007) süreçleri ve kuralları resmi bir şekilde tanımlayan formalite, bunları değişen ortama göre uyarlayan takdir yetkisi ve projeyle ilgili bilgi eksikliklerini ifade eden belirsizlik etmenlerine odaklanmış, bu etmenlerin Ar-Ge proje performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Bu çalışmada pazara çıkma zamanındaki, proje maliyetindeki ve birim maliyetteki hedeflerden sapılma durumları, hatalar arasındaki ortalama süre (MTBF), arızayı çözme süresi (MTTR) ve müşteri memnuniyeti proje performansını belirler.

Bu doktora çalışmasında projelerin Ar-Ge yönü ile proje performansı arasındaki ilişkiler incelenir. Ürünün Ar-Ge yönü üç şekilde değerlendirilir: (1) Ar-Ge yönü olmayan standart uygulama ya da uyarlama projeleri, (2) Ar-Ge yönü düşük ya da orta olan projeler ve (3) Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi olan projeler.

Ürünün Ar-Ge yönüyle toplam süre sapma değerleri arasındaki ilişki $H_{PrArGe(S)}$ önsavı ile sınanır.

$H_{PrArGe(S)}$:

H_0: Geliştirilen ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Ha: Geliştirilen ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Ürünün Ar-Ge yönüyle toplam iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişki $H_{PrArGe(İ)}$ önsavı ile sınanır.

$H_{PrArGe(İ)}$:

H_0: Geliştirilen ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Ha: Geliştirilen ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Ürünün Ar-Ge düzeyleriyle ilgili sorular ve değişken tanımları Çizelge C.11'de verilmiştir (bkz. EK C).

3.10 Ön Hazırlık Çalışmaları, Yeniden Kullanım ve Referans Alınan Yapılar

Bu bölümde proje öncesinde yürütülen hazırlık çalışmalarının, yeniden kullanılan ürünlerin ve referans alınan yapıların ya da ürünlerin proje performansını ne yönde etkilediği araştırılır. Bu etmenlerle ilgili sorular ve değişken tanımları Çizelge C.11'de verilmiştir (bkz. EK C).

3.10.1 Ön hazırlık çalışmaları

Bazı yazılım geliştirme projelerinde başarısızlığın kaynağı proje başlamadan önce alınan kararlara kadar uzanır. Müşteri gereksinimlerini ve proje kapsamını tam olarak anlamadan imzalanan anlaşmalar, işe uygun olmayan elemanların alımı ve teknik problemlerin nedenini anlamadan kabul edilen ürün değişiklikleri proje öncesinde yapılan kritik hatalar arasında yer alır (Ahonenve Savolainen, 2010). Cooper ve Kleinschmidt'e (1993) göre proje başlamadan önce yürütülen tasarım ve geliştirme çalışmaları yeni ürün başarısını olumlu yönde etkiler.

Yeni ürün geliştiren bazı projeler, müşteriyle anlaşma imzalamadan önce, çalışılan konuyla ilgili ciddi bir ön hazırlık çalışması yürütür. Bu çalışmalarda fikir oluşturma ve pazar analizinin (Khurana ve Rosenthal, 1998) yanı sıra kavramsal modelin ve ürün özelliklerinin tanımlanması, ön tasarım faaliyetlerinin yürütülmesi, belli problemlerin çözümüne yönelik ilk örneklerin oluşturulması gibi faaliyetler yürütülür. Proje öncesinde tek başına ya da son kullanıcılar yahut paydaşlarla birlikte yürütülen çalışmaların amacı sadece ürün özelliklerinin anlaşılması değildir. Proje öncesinde BT kullanıcılarıyla yürütülen ortaklıklar, geliştiriciler ile kullanıcılar arasındaki koordinasyonun güçlendirilmesinde ve anlayış farklılıklarının azaltılmasında etkilidir (Chen ve diğ., 2009).

Bu çalışmada proje öncesinde yürütülen ön hazırlık çalışmalarının proje performansını ne şekilde etkilediği incelenir. Buna göre, proje süre sapmalarının ön

hazırlık çalışmalarının yürütülme durumuna göre değişip değişmediği $H_{PrÖnHazırlık(S)}$ önsavı ile sınanır.

$H_{PrÖnHazırlık(S)}$:

H_0: Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında toplam proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında toplam proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Proje iş gücü sapma değerlerinin ön hazırlık çalışmalarının yürütülme durumuna göre farklılık gösterip göstermediği $H_{PrÖnHazırlık(İ)}$ önsavı ile sınanır.

$H_{PrÖnHazırlık(İ)}$:

H_0: Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

3.10.2 Yeniden kullanım

Prieto-Diaz ve Freeman (1987) yeniden kullanılabilirliği daha önceden temin edilen kavramların ve nesnelerin yeni durumda kullanımı olarak tanımlar. Yazılım mühendisliğinde yeniden kullanım, yeni yazılım sistemlerinin oluşturulmasında mevcut varlıkların kullanımıdır. Yazılım mühendisliğinde yeniden kullanım sadece yazılım kodlarına odaklanmaz; yeniden kullanım ile gereksinimlerin, verilerin, mimari yapıların, tasarım modellerinin, algoritmaların, test dokümanlarının, programların ve ortak sistemlerin ve bileşenlerin yeniden kullanımı kastedilir (Jones, 1984; Prieto-Diaz, 1993; Welzer ve diğ., 1999).

Yazılım firmaları yeniden kullanım ile ürün kalitesini iyileşmeyi, verimlilik artışını ve pazara çıkma zamanında hızlanmayı hedefler (Mili ve diğ., 1999). Kamalraj ve diğ. (2009) bileşenleri, parçaları ve öğeleri yeniden kullanmanın birden fazla avantajı olduğunu söyler. Buna göre iş gücünden tasarruf etme, ürün kalitesini arttırma, teknik ekip üzerindeki iş yükünü ve baskıyı azaltma, ekip verimliliğini arttırma ve müşteri memnuniyetini arttırma bu amaçlardan birkaçıdır.

Özellikle mevcut yazılım kodu anlaşılır bir şekilde yazılmışsa ya da bunu inceleyen programcı yeterli deneyime sahipse, bir yazılım parçasının yeniden kullanımı onun yeniden yazılmasından çok daha kısa sürer (Prieto-Diaz ve Freeman, 1987). Selby'e (2005) göre yazılım bileşenlerini yeniden kullanan projelerde geliştirme çabası azalır, projelerde daha az hata oluşur ve hatalar daha az çabayla düzeltilir.

Bu çalışmada yeniden kullanım, geliştirme sürecinin kullandığı alt yapılar (kütüphaneler, yazılım bileşenleri, donanım bileşenleri ve ara yüzler gibi) çerçevesinde incelenir. Yeniden kullanımın proje performansı üzerindeki etkisi $H_{PrYenidenKullanım(S)}$ ve $H_{PrYenidenKullanım(İ)}$ önsavlarıyla sınanır.

$H_{PrYenidenKullanım(S)}$:

H_0: Ürün geliştirme sürecinde daha önceden oluşturulmuş yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında, toplam proje süre sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Ürün geliştirme sürecinde daha önceden oluşturulmuş yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında, toplam proje süre sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark vardır.

$H_{PrYenidenKullanım(İ)}$:

H_0: Ürün geliştirme sürecinde daha önceden oluşturulmuş yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında, toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Ürün geliştirme sürecinde daha önceden oluşturulmuş yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında, toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark vardır.

3.10.3 Referans alınan yapılar

Geriye mühendislik, bir sistemi inceleme ya da mevcut bir sistemin öğelerini ve diğer sistemlerle olan etkileşimini ortaya çıkarma ve başka bir formda ya da daha üst düzeyde sistemin bir gösterimini yaratma sürecidir (Chikofsky ve Cross, 1990). Böylece sistem bileşenlerinin davranışı tanımlanır, tanımlanan işlevsel öğeler yardımıyla üst seviye sistem davranışı ortaya çıkarılır (Weide ve Heym, 1995).

Yazılım projelerinde geriye mühendislik faaliyetleri, yazılım eserlerini uygulama problemi alanında (gerçekleştirme dili ve iş kuralları gibi) ve çevresel (işletim sistemleri ve donanım konfigürasyonu gibi) alanda anlama isteği doğrultusunda uygulanır (Buss veHenshaw, 1991). Burada yazılım eserleri ile prosedürler, bileşenler, alt sistemler ve ara yüzler gibi yazılım öğeleri; tedarikçi ve müşteri gibi bağımlılıklar ve öğe türü ve ara yüz büyüklüğü gibi özellikler anlatılır.

Bazı projelerin amacı uluslararası piyasalarda mevcut olan bir ürünü, yeni özellikler katarak iç piyasaya sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda ürün geliştiren firmalar ürün özelliklerini belirlerken mevcut ürünleri referans alırlar ve tersine mühendislik yaparak tüm ürün özelliklerini (işlev tanımlarını ve tasarım özelliklerini) ortaya çıkarırlar.

Bu çalışmada referans alınan yapılarla ya da ürünlerle proje esnasında geriye mühendislik amacıyla incelenen ürünler, sistemler ve alt yapılar kastedilmekte; bu yapıların proje performansı üzerindeki etkisi incelenmektedir. Yazılım geliştirme yaşam döngüsü boyunca mevcut yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle bunları referans almayan projeler arasındaki fark analiz edilir. Buna göre ürün geliştirme sürecinde referans yapıları ya da ürünleri kullanmanın etkisi $H_{PrReferansYapı(S)}$ ve $H_{PrReferansYapı(İ)}$ önsavları ile belirlenir.

$H_{PrReferansYapı(S)}$:

H_0: Ürün geliştirme sürecinde başka yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle almayan projeler arasında toplam proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Ürün geliştirme sürecinde başka yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle almayan projeler arasında toplam proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

$H_{PrReferansYapı(İ)}$:

H_0: Ürün geliştirme sürecinde başka yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle almayan projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur.

H_a: Ürün geliştirme sürecinde başka yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle almayan projeler arasında toplam proje iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

3.11 Tüm Etmenlerin Birlikte Değerlendirilmesi

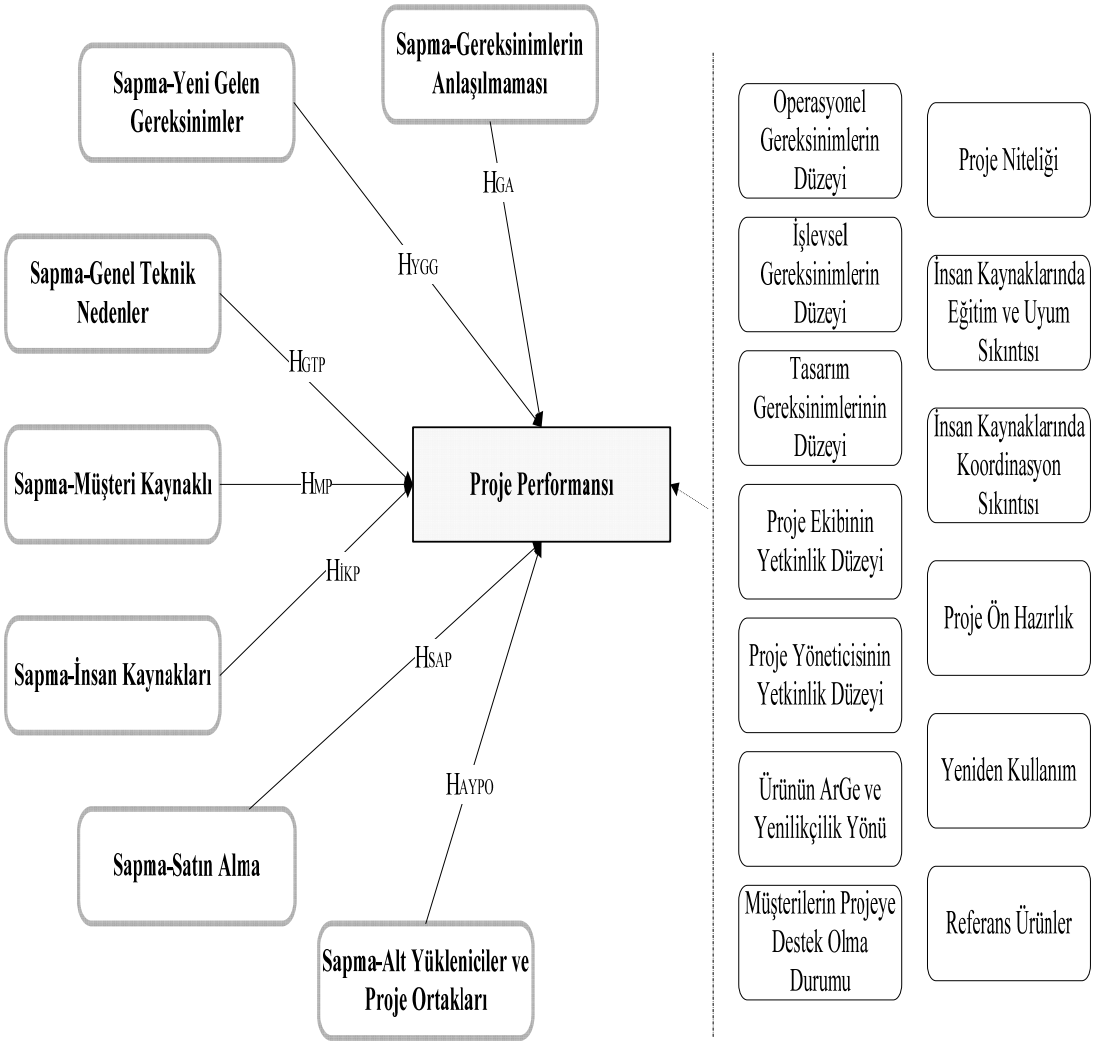
Ürün geliştirme sürecinde bir projenin süre sapma değerlerini birden fazla etmen etkileyebilir. Bir projede gereksinimlerin anlaşılmaması nedeniyle proje süresinde gecikme olabilir, hatalı teknik çözüm nedeniyle geliştirme süreci uzayabilir, test aşamasında yeni gelen bir özellik nedeniyle tüm geliştirme süreci etkilenebilir ya da işini geciktiren bir alt yüklenici gerçekleştirme sürecini durdurabilir. Bir projenin başına gelebilecek en kötü durum projede tüm etmenlerin tetiklenmesidir.

Bir projede birden fazla etmen tetiklenebilir ama projenin toplam sapması bunların bir toplamı olmayabilir. Örneğin, gerçekleştirme aşamasında müşteriden yeni bir istek alınsın. Bu yeni gereksinimden dolayı projenin süresi uzar. Aynı dönemde projedeki alt yüklenici işini geç teslim etmekte ve geliştirme sürecinde tüm projeyi etkileyecek düzeyde bir gecikme olmaktadır. Yeni bir gereksinim gelmeseydi projedeki toplam gecikme alt yüklenicinin neden olduğu gecikmeyle ilişkilendirilecekti. Öte yandan proje yöneticisi iş planlarını ve görev atamalarını değiştirir, sapmanın sadece yeni gereksinim mertebesinde kalmasını sağlar.

Benzer durumlar nedeniyle önce projenin toplam sapma miktarı hesaplanır ve daha sonra her bir bozucu etmenin yarattığı sapmanın miktarı öğrenilir. Etmenlerin neden olduğu sapmalar aşağıda verilen soru tipiyle öğrenilir.

- Projede diğer tüm olumsuz durumları dışarıda bırakırsak, bu durum projede nasıl bir etki yarattı, proje süresini ne kadar uzattı?
- Proje süresindeki sapmanın yüzde kaçı bu etmene aittir?

Bu çalışmada ürün geliştirme süreci üzerinde etkili olabilecek tüm etmenler mercek altına alınmakta, bu etmenlerin proje performansı üzerindeki etkileri istatistiksel yöntemlerle sınanmaktadır. Geliştirme süreci üzerinde etkili olabilecek tüm etmenler Şekil 3.8'de gösterilir.



Şekil 3.8 : Bozucu etmenlerin proje performansı üzerindeki etkisi.

4. MODELLEME YÖNTEMLERİ

4.1 Verilerden Bilgi Keşfetme Yaklaşımı

Model oluşturma işlemi tümevarımla öğrenme sürecidir. Model oluşturma aşamasında kavramsal sistem çevreyi gözlemler, nesneler ve olaylar arasındaki benzerliği ortaya çıkartır, aynı türden olan nesneleri sınıflara ayırır ve bu sınıfların davranışlarını öngörmeye yönelik kurallar oluşturur. Makine öğrenme (machine learning) ve veri madenciliği (data mining) sistemleri tüme varımla öğrenme işlemlerinin otomatik hale getirilmesiyle ilgilenir (Holsheimer ve Siebes, 1994).

Veri madenciliği ya da Verilerden Bilgi Keşfetme (VBK) sistemleri büyük miktarda olan bir veri kümesinden daha küçük ama değerli bir kümenin elde edilme sürecini anlatır (Han ve Kamber, 2006). Veri kümelerinde faydalı örüntüleri bulma işlemlerine bilgi çıkarsama, bilgi keşfetme, bilgi harmanlama ve örüntü işleme gibi farklı isimler verilebilir. VBK sürecinde veri madenciliği, verilerden en uygun modellerin veya örüntülerin elde edilmesi için özel algoritmaların uygulandığı bir alt süreçtir (Fayyad ve diğ., 1996).

Veriler örüntüleri ya da modelleri referans gösteren durum ya da olay kümesinden oluşur (Fayyad ve diğ., 1996). Veri madenciliği, VBK sürecinde veriler üzerinden örüntülerin çıkarsandığı bir süreç adımıdır. VBK sürecinde problemin uygulama alanının öğrenilmesi ve hedef veri kümesinin oluşturulması en temel iki süreç adımıdır. Oluşturulan veri kümesine öncelikle veri temizleme, veri tümleştirme, veri seçimi ve veri dönüştürme işlemleri uygulanır. Daha sonra veri örüntülerinin oluşturulması amacıyla en uygun yöntemler ve algoritmalar seçilerek elde edilen bulgular değerlendirilir (Fayyad ve diğ., 1996; Han ve Kamber, 2006).

Doğrulama ve keşfetme, bilgi keşfetmenin iki önemli amacıdır. Doğrulama amacıyla kullanıcıların önsavları sınanır (Fayyad ve diğ., 1996). Keşif amacıyla veri kümesi üzerinde yeni örüntüler elde edilir (Fayyad ve diğ., 1996; Han ve Kamber, 2006). Bu doktora tezinde bilgi keşfetmenin iki amacı da uygulanmaya alınmaktadır.

Bilgi keşfetme, öngörü ve tanımlama olarak da ikiye ayrılır. Öngörü veritabanındaki bilgileri kullanarak bilinmeyen değerleri veya farklı değişkenlerin gelecekte alabileceği değerleri ortaya çıkarır. Tanımlama ise veriyi tanımlayan örüntüleri bulmaya odaklanır (Fayyad ve diğ., 1996; Han ve Kamber, 2006). Bu araştırmada bilgi keşfetmenin öngörü ve tanımlama yaklaşımları birlikte ele alınacak, veriler bu yaklaşımlara göre analiz edilecektir.

Veri madenciliği gözlemlenen verilerden en uygun modeli veya örüntüyü oluşturmayı hedefler. Literatürde tanımlı olan veri madenciliği algoritmalarının çoğu istatistik, örüntü tanımlama, makine öğrenimi veritabanı alanlarından gelir. Model oluşturmada en sık kullanılan fonksiyonlar arasında sınıflandırma, regresyon, kümeleme, özetleme, bağımlılık modelleri, ilişki analizi ve sıralama analizleri yer alır. Weis ve Kulikowski sınıflandırmayı verinin önceden tanımlanan sınıflara yönlendirildiği bir modeli veya fonksiyonu öğrenme işlemi olarak tanımlar (Fayyad ve diğ., 1996'da atıfta bulunulduğu gibi).

Veri sınıflarını tanımlayan veya onları birbirinden ayıran bu yöntem (Eğer-Öyleyse) kural sınıfları, karar ağaçları, matematiksel formüller veya yapay sinir ağları gibi farklı formları kullanabilir (Han ve Kamber, 2006; Rätsch, 2004). Regresyon analizi ise iki ya da fazla değişken arasındaki ilişkiyi kullanarak bir değişkenin diğerleri aracılığıyla tahmin edilmesini sağlar. Doğrusal regresyon analizinde, bir bağımlı değişken bir ya da daha fazla bağımsız değişkenin doğrusal fonksiyonu olarak modellenir.

Bu araştırmada önce bozucu etmenlerle geliştirme süreç performansları arasındaki ilişkiler incelenir; korelasyon yöntemiyle bu ilişkinin yönü ve şiddeti ortaya çıkarılır. Daha sonra regresyon analizi yöntemi kullanılarak temel bozucu etmenlere göre süre sapma değerlerinin tahmin modelleri oluşturulur. Son olarak, karar ağaçları yöntemiyle süreci doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkileyen etmenlerin geliştirme süreci üzerindeki etkileri, akış diyagramlarına benzeyen mekanizmalarla modellenir. Bu modellerde karar ağaçlarındaki her bir dal bir testin sonucunu, yaprak düğümleri ise sınıfları temsil eder.

4.2 Çok Değişkenli Regresyon Yöntemi

Bir regresyon modelinde bağımlı değişkendeki değişiklik bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyle açıklanır. Örneklem büyüklüğü istatistiksel analizin gücünü belirler. Genel kural örneklem büyüklüğünde 5:1 oranının altına düşmemektir. Her bir bağımsız değişken için en az beş gözlem yapılmalıdır. Öte yandan bazı kaynaklar, her bir değişken için en az 15 ya da 20 gözlem yapılmış olmasını tavsiye eder (Hair ve diğ., 2005).

Çok değişkenli regresyon analizi yöntemi tek bir bağımlı değişkenle birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkileri analiz etmede kullanılır. Burada kullanılan her bağımsız değişken regresyon bağımsız veri kümelerinde en iyi tahmin modelini üretecek şekilde ağırlıklandırılır. Bu ağırlık, bağımsız değişkenlerin tahmin değerleri üzerindeki göreceli katkılarını ve yapılan tahminlerde bu değişkenlerin etkisini gösterir. Yöntem, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi Formül 4.1a ve Formül 4.1b'de verilen denklemlerle açıklar (Ramsey ve Schafer, 2002; Hair ve diğ., 2005).

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \ldots + \beta_k x_k + \varepsilon_i \quad \text{ya da} \qquad \textbf{(4.1a)}$$

$$y = \hat{y}_i + \varepsilon_i \qquad \textbf{(4.1b)}$$

Formül 4.1a'daki α değeri regresyon modelinin sabit terimi iken β_i, model katsayılarının en küçük kareler tahmin edicileridir. "ε_i" değeri regresyon doğrusunun hata terimleri ya da kalıntılarıdır. β_1, β_2 ,…..,β_3 katsayıları, bütün öbür değişkenlerin değerleri aynı kalırken, bağımsız değişkenlerden birinin 1 birim artması sonucu bağımlı değişkende beklenen artışı gösterir. Kısmi regresyon katsayısı olarak adlandırılan bu katsayılar, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin ayrı birer ölçüsüdür (Newbold, 2000).

Bir regresyon denkleminin doğruluğu yedi aşamada sınanır: Normallik, doğrusallık, model uyumu, bağımsızlık, hataların dağılımı, hataların ardışık bağımlılığı ve varyansların sabitliği. Bir regresyon modelinde bağımlı değişken, normal ya da normale yakın bir dağılım sergilemelidir.

Doğrusallık, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi gösterir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusallığı, bağımlı değişkendeki bir

değişimin bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilen miktarıdır (Hair ve diğ., 2005; Ramsey ve Schafer, 2002).

Model uyumu, oluşturulan modelin ve üretilen katsayıların anlamlı olup olmadığını inceler. Regresyon analizinde yer alan R değeri, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin doğrusal kombinasyonu arasındaki pozitif doğrusal ilişkiyi tanımlar. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenin davranışını açıklamadaki ölçüsü belirlilik katsayısı (R kare) ile hesaplanır. R kare değeri, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanan değişimidir. Geliştirilen modellerde bu değerler bire yakın olmalıdır. Belirlilik katsayısının hesaplanmasıyla ilgili tüm denklemler Formül 4.2, Formül 4.3, Formül 4.4, Formül 4.5 ve Formül 4.6'da verilmiştir. Burada ỹ değeri, bağımlı değişkenin örneklem ortalamasıdır (Newbold, 2000).

Bütün Kareler Toplamı (BKT):

$$\text{BKT} = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \tilde{y})^2 \quad \textbf{(4.2)}$$

Regresyon Kareleri Toplamı (RKT):

$$\text{RKT} = \sum_{i=1}^{n} (\hat{y}_i - \tilde{y})^2 \quad \textbf{(4.3)}$$

Hata Kareleri Toplamı (HRT):

$$\text{HKT} = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i{}^2 \quad \textbf{(4.4)}$$

Bütün Kareler Toplamı (BKT):

$$\text{BKT} = \text{RKT} + \text{HKT} \quad \textbf{(4.5)}$$

Regresyon Belirlilik Katsayısı (R^2):

$$R^2 = 1 - \frac{HKT}{BKT} \quad \textbf{(4.6)}$$

Formül 4.6'daki kareler toplamları uygun serbestlik derecesine bölündüğünde düzeltilmiş belirlilik katsayısı elde edilir. Formül 4.7, düzeltilmiş belirlilik katsayısını verir. Burada k bağımsız değişken sayısı, n ise gözlem noktaları sayısıdır (Newbold, 2000).

$$\text{Düzeltilmiş } R^2 = 1 - \frac{HKT/(n-k-1)}{BKT/(n-1)} \quad \textbf{(4.7)}$$

Kurulan regresyon modelinde katsayıların anlamlılığı aşağıdaki önsav ile sınanır (Newbold, 2000).

H_0: $\beta 1 = \beta 2 = \ldots = \beta 1 = 0$

H_a: En az bir $\beta_i \neq 0$

Oluşturulan modelin ne kadar anlamlı olduğu Anova istatistik yöntemiyle sınanır. Burada F testi ile modelin anlamlılığı test edilir. Diğer bir deyişle, α anlamlılık düzeyinde modelin anlamlılığı F oranı ($F_{k,n-k-1}$) ile hesaplanır. Buna göre F oranı Formül 4.8'de verilmiştir. Bu denklemde F oranı $>F_{k,n-k-1,\alpha}$ ise sıfır önsavı reddedilir. Buna göre kurulan model anlamlıdır (Newbold, 2000; Hair ve diğ., 2005).

$$\text{F oranı} = \frac{RKT/k}{HKT/(n-k-1)} \quad \textbf{(4.8)}$$

Katsayıların anlamlılığı, Beta katsayılarının anlamlılığıyla belirlenir. Kısmi β değerleri ile bir regresyon denklemine ilave edilen değişkenin tahmin değerlerine olan katkısı tanımlanır (Ramsey ve Schafer, 2002; Hair ve diğ., 2005).

Bağımsızlık, bağımsız değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantıları inceler. Çoklu doğrusal bağlantı analizleri iki ya da ikiden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bir bağımsız değişken ile diğer bağımsız değişkenler arasında kuvvetli bir ilişki varsa çoklu doğrusallık sorunu ortaya çıkar. Çoklu doğrusallık sorunu tolerans ve Varyans Şişirme Faktörleriyle (VIF-Variance Inflation Factors) hesaplanır. Tolerans değeri, bir bağımsız değişkenin diğer bağımsız değişkenler tarafından açıklanma miktarıdır. Buna göre, seçilen bir bağımsız değişken önce bağımlı bir değişken yapılır ve daha sonra diğer bağımsız değişkenlerin bu değişkeni açıklama oranı hesaplanır. Tolerans değeri Formül 4.9 ile hesaplanır. Diğer bağımsız değişkenlerin bu değişkeni açıklama oranı (R_i^2) birden çıkarılarak tolerans değeri elde edilir. Tolerans değeri sıfıra yaklaştıkça bağımsız değişkenler arasındaki doğrusallık artar. Formül 4.10, VIF değerinin tolerans değeriyle doğrudan ilişkili olduğunu gösterir (Hair ve diğ., 2005; O'Brien, 2007).

$$TOL_i = 1\text{-}R_i^2 \quad \textbf{(4.9)}$$

$$VIF_i = \frac{1}{(1-R_i^2)} \quad \textbf{(4.10)}$$

VIF değerinin belli bir değerin üzerinde olması, bağımsız değişkenler arasında yüksek düzeyde doğrusal bir ilişki olduğunu gösterir. Briand ve diğ. (1999) ve Vaccaro ve diğ. (2012) yürüttükleri analizlerde VIF değerinin üst sınırını 10 olarak kabul etmiştir. Öte yandan daha hassas ölçümlerde bu sınır aşağıya inebilmektedir. Öyle ki, Acedo ve Florin (2007) VIF değerinin üst sınırının 5 ve O'Brien (2007) ise 4 olabileceği söyler.

Regresyon modellerinde çoklu doğrusal bağlantı sorunu özdeğerler (eigenvalue) ve Koşul Durumlarıyla (CI-Condition Index) da belirlenir. Özdeğer tablosundaki değerler sıfıra yakın olmamalıdır. Yine koşul durumlarının 15'ten büyük olması doğrusallık problemini işaret eder. Bu değerlerin 30'dan büyük olması istenmeyen bir durumdur (Liu ve diğ., 2003).

Regresyon denkleminde tahmin hatalarının tamamen rassal dağılması, normal bir dağılım sergilemesi ve birbiriyle ilişkili olmaması beklenir (Ramsey ve Schafer, 2002; Hair ve diğ., 2005).

Bir regresyon modeli oluşturulduktan sonra hataların ardışık bağımlı olup olmadığına bakılır. Ardışık bağımlılık sorununda en yaygın kullanılan yöntem Durbin Watson (DW) test istatistiğidir. Formül 4.11, tahmin edilen regresyon kalıntıları üzerinden DW değerini hesaplar. Formülde en küçük kareler yöntemi uygulanır (Newbold, 2000).

$$d = \frac{\sum_{i=2}^{n}(\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2} \quad \textbf{(4.11)}$$

H_0: Regresyon modelindeki hatalarda ardışık bağımlılık yoktur.

H_a: Regresyon modelindeki hatalarda ardışık bağımlılık vardır.

Hesaplanan DW değeri, d_L ve d_U değerlerine göre değerlendirilir. Bulunan DW değeri, d_L'den küçükse sıfır önsavı reddedilir; hatalar arasında ardışık bağımlılık vardır, önsavı kabul edilir. Hesaplanan DW değeri, d_U'dan büyükse sıfır önsavı kabul edilir. DW değerinin 2'ye yakın çıkması, hata terimlerinde ardışık bağımlılık

olmadığını gösterir. Öte yandan DW değeri, d_L ve d_U değerleri arasında kalıyorsa sınama sonuçsuzdur. d_L ve d_U değerleri, α anlamlılık düzeyine, k bağımsız değişken sayısına ve n gözlem noktaları sayısına göre bulunur (Newbold, 2000). Buna göre, α=0.5, k=6 ve n=64 iken d_L = 1.432 ve d_U= 1.767'dir. Buradaki k bağımsız değişken sayısı sabit değeri de kapsar.

Hata terimlerinin varyanslarının aynı olmadığı durumlar değişen varyans problemini gösterir. Değişen varyans probleminde hata terimleri sürekli artma ya da azalma eğilimindedir (Newbold, 2000; Ramsey ve Schafer, 2002; Hair ve diğ., 2005). Problem, hata terimlerinin dağılımı incelenerek ya da Bruesch-Pegan-Godfrey gibi istatistik testleri uygulanarak ortaya çıkarılır.

Tüm bu sınamalara ilave olarak, oluşturulan regresyon modelinde kaldıraç noktaları tespit edilmelidir. Kaldıraç noktaları ile bir ya da birden fazla bağımsız değişkende tamamen farklı davranış sergileyen ve regresyon tahminlerini etkileyen gözlemler belirlenir (Hair ve diğ., 2005). Kaldıraç noktaları Cook mesafesi (Cook's distance) ile birlikte değerlendirilir. Cook mesafesi, belli bir gözlemi silerek bu gözlemin model üzerindeki etkisini belirler (Cook, 1977).

4.3 Karar Ağaçları

Bir karar ağacı, bir kök, düğüm kümesi ve kenarlardan oluşan çevrimsel olmayan bir grafiktir. Akış diyagramlarına benzeyen karar ağaçlarında her bir dal bir testin sonucunu, yaprak düğümleri ise sınıfları temsil eder. Bilinmeyen bir örneklemi sınıflandırırken örneklemin özellikleri karar ağacı karşısında sınanır (Rätsch, 2004).

Bir karar ağacı sonlu sayıda sınıfı temsil eden sınıflardan oluşur. Bir ağaçtaki düğümler özellik adlarına göre etiketlenir. Kenarlar ise bu özelliklerin olası değerleri ile temsil edilir. Yapraklar farklı sınıfları gösterir. Bir nesne yukarıdan aşağıya bir yol izleyerek ve nesne özelliklerinin değerlerini dikkate alarak sınıflandırılır (Holsheimer ve Siebes, 1994; Jenhani ve diğ., 2008).

Karar ağaçları bir dizi kurala göre sınıf oluşturan hiyerarşik ağaç yapılarıdır. Sınıfların özellikleri dikkate alınarak sınıfların ortaya çıkarılmasına yönelik bir kurallar dizisi oluşturulur. Sınıf özellikleri ad ölçeği, sıra ölçeği veya oran ölçeği gibi ölçek sınıflarında tanımlanabilir. Sınıflar ise niteliksel (sıra ölçeği gibi) türde tanımlanmalıdır. Karar ağaçları modelinin kullanıcılar tarafından yorumlanması

göreceli olarak kolaydır (Fayyad ve diğ., 1996). Bununla birlikte ağaç ve kural gösterimlerine uygulanan bir kısıtlama, model işlevlerini de kısıtlar. Geniş karar ağaçları daha fazla bilgi içermesine rağmen yorumlanması oldukça zordur (Holsheimer ve Siebes, 1994).

Karar ağaçları genellikle soldan sağa ya da kökten aşağıya doğru çizilir. Karar ağaçları veri sınıfının tanımlanması ya da bir örüntünün tahmin edilmesinde kullanılabilir. Karar ağaçlarının veriye göre oluşturulup eğitilmesi nedeniyle bu tekniğe tümevarımsal teknik denir.

Karar ağaçları diğer sınıflandırma yöntemlerinde olduğu gibi öğrenme ve doğrulama olmak üzere iki aşamada değerlendirilir. Öğrenme veri kümesiyle oluşturulan ağaç yapıları test veri kümesiyle sınanır.

Bir karar ağacı sınıflandırma yönteminde ayrıştırmanın iyiliği, homojen olmama ölçütü ile belirlenir (Apaydın, 2004, p. 176). Verilen bir veri kümesinin homojen olması sahip olduğu özelliklere ya da sınıf özelliklerine bağlıdır. Bir tablo sadece tek bir sınıf içerirse bu tablo saf ya da homojendir, denir. Bununla birlikte, bir tablo birden fazla sınıfa sahip ise bu tablo homojen değildir ya da saf değildir. Karar ağaçlarında saf olmamanın sayısal olarak ölçüldüğü birden fazla ölçüm tekniği söz konusudur.

Karar ağacı algoritmalarının temel işlevi seçim ağacındaki her düğümde en uygun değişkenin seçilmesini sağlamaktır. Değişken değerinin ölçüsü bilgi kazanımları olarak verilen bir değerle belirlenir. Bir veri kümesinde hangi özelliklerin veriyi daha homojen ayrıştırdığı bilgi kazançları ile ortaya çıkarılır.

CHAID düzeltilmiş anlamlılık (Bonferroni sınaması) sınamasını kullanan bir karar ağacı yöntemidir. Yöntem bağımlı değişken olarak hem sürekli hem de kategorik değişkeni kullanır. CHAID algoritması 1980 yılında G. V. Kass tarafından geliştirilmiştir (Diepen ve Franses, 2006; Antipov ve Pokryshevskaya, 2009; Trnka, 2010). Yöntem, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunda ayrıştırma işlemine başlar (Pendharkar, 2004; Diepen ve Franses, 2006). CHAID yöntemiyle CART yöntemi çok farklı teorik alt yapılardan gelmelerine rağmen benzer sonuçları ürettikleri gözlenmiştir (Diepen ve Franses, 2006).

CHAID algoritmasında uygulanan adımlar kayıp değerlerin bulunması, ağacın büyütülmesi, durdurma kurallarının uygulanması ve modelin performans ölçümlerinin bulunması olarak sıralanır.

Ağaç büyütme işlemleri iki aşamada gerçekleşir: Birleştirme işlemleri ve ayrıştırma işlemleri. Birleştirme işlemlerinde her bir açıklayıcı değişkenin kategorileri, hedef değişken ile ilişki düzeyleri göz önünde bulundurularak, birleştirilir. Yöntem istatistikteki anlamlılık sınamasını uygulayarak olası tüm durumları değerlendirir. Hedef değişkenine göre istatistiksel açıdan aynı (homojen) olduğu değerlendirilen tüm durumlar birleştirilir; farklı olan durumlara herhangi bir işlem yapılmaz (Trnka, 2010).

Birleştirilebilecek kategori çiftlerinin tüm birleşimleri tespit edilir; her bir çift için hedef değişken ile ilişkisini gösteren p değerleri hesaplanır. Ordinal verilerde sadece komşu kategoriler birleştirilebilirken, diğer değişkenler için bu tip bir kısıtlama yoktur. En büyük p değerine sahip çifte ait p değeri "α_{merge}" değerinden yüksek ise bu kategoriler birleştirilir. Aksi takdirde, p düzeyi yakın olan kategoriler birleştirilir.

Tüm açıklayıcı değişkenler için kategori birleştirmeleri tamamlandıktan sonra en ilişkili açıklayıcı değişken seçilir. Öncelikle her bir açıklayıcı değişken için p değeri hesaplanır ve p değeri "α split" değerinden küçük ise bu değişken ilgili düğümü bölmek için kullanılır.

Birleştirme ve ayrıştırma işlemlerinde F testi ya da ki-kare testi kullanılır. Bağımlı değişken sürekli olması durumunda F testi ve kategorik olması durumunda ki-kare testi uygulanır (Trnka, 2010). Ki-kare testlerinde "Pearson" ve "likelihood ratio" istatistikleri kullanılabilir. Kayıt sayısının az olduğu durumlarda "likelihood ratio" yöntemi tercih edilir.

Durdurma kuraları ağacın büyümesini durduran kuralları içerir. Ağacın büyümesi, yapraklardaki her bir düğümünün durma kıstaslarından en az bir tanesine uyulması durumunda durdurulur. Ağacın büyümesini engelleyen durdurma kuralları mevcuttur. Düğümdeki tüm kayıtların bağımlı değişken değerlerinin aynı olması, ağaç derinliğinin maksimum ağaç derinliğine ulaşması ve düğümlerdeki kayıt sayısının ana düğüm büyüklüğü değerinden düşük olması durumlarında ağacın büyümesi durdurulur.

Oluşturulan modelin performansı "risk tahmini", "kazanç tahmini" ve "kâr tahmini" yaklaşımlarıyla ölçülür. Hedef değişken sürekli ise her bir uç düğümdeki varyansların toplamı risk tahminini verir. Kategorik tahminlerde ise yanlış sınıflandırma oranı ve yanlış sınıflandırma maliyetiyle risk tahmini yapılır.

Kazanç tahminiyle her bir sonlandırma düğümü için doğru sınıflandırma oranına dayalı istatistikler elde edilir. Modelde elde edilen kazanç gösterimleri, belli bir yüzdelik dilimde belli bir kategori için elde edilen doğru tahminlerin sayısının tüm veri kümesindeki doğru tahminlerin sayısına bölünmesiyle elde edilir.

Modelde elde edilen diğer bir kazanç tahmini de "kaldıraç" gösterimleridir. Kaldıraç gösterimi ile belli bir yüzdelik dilimde elde edilen doğru tahminlerin oranının tüm örneklemdeki doğru tahminlerin oranına bölünmesiyle elde edilir.

5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

5.1 Örneklemdeki Projelerin Seçimi

Bu araştırma yazılım temelli sistemleri ya da ürünleri geliştiren projelere odaklanmakta; ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca bu projelerin karşı karşıya kaldığı bozucu etmenleri modellemektedir. Bu amaç doğrultusunda ülkemizde yazılım temelli ürünleri geliştiren firmalarla bağlantıya geçilmiştir.

Çalışmada anakütle olarak TÜBİTAK BTE tarafından hazırlanmış olan ve içinde yaklaşık 1500 adet yazılım firması bulunan liste seçilmiştir. Bu listeden rassal olarak seçilen ilk 350 firmaya elektronik posta ile davet gönderilmiştir. Bu davete olumlu bir şekilde geri dönen firma sayısı oldukça az olmuş, katılım sadece %4 düzeyinde kalmıştır. Katılımın düşük olmasının altında araştırmanın klasik bir anket çalışması olmaması yatmaktadır. Araştırma biten projelere odaklanmakta ve bu projeleri tüm aşamalarıyla mercek altına almaktadır.

Gönderilen davete olumsuz yanıt veren firmalar iki nedenden dolayı çalışmaya katılmamıştır. Bir kısım firma projelerin ticari ya da askeri gizliliğini göstererek çalışmalara katılmak istememiş; diğer firmalar ise kapsamlı bir çalışmaya ayıracakları zaman ve iş gücünün olmadığını söylemiştir.

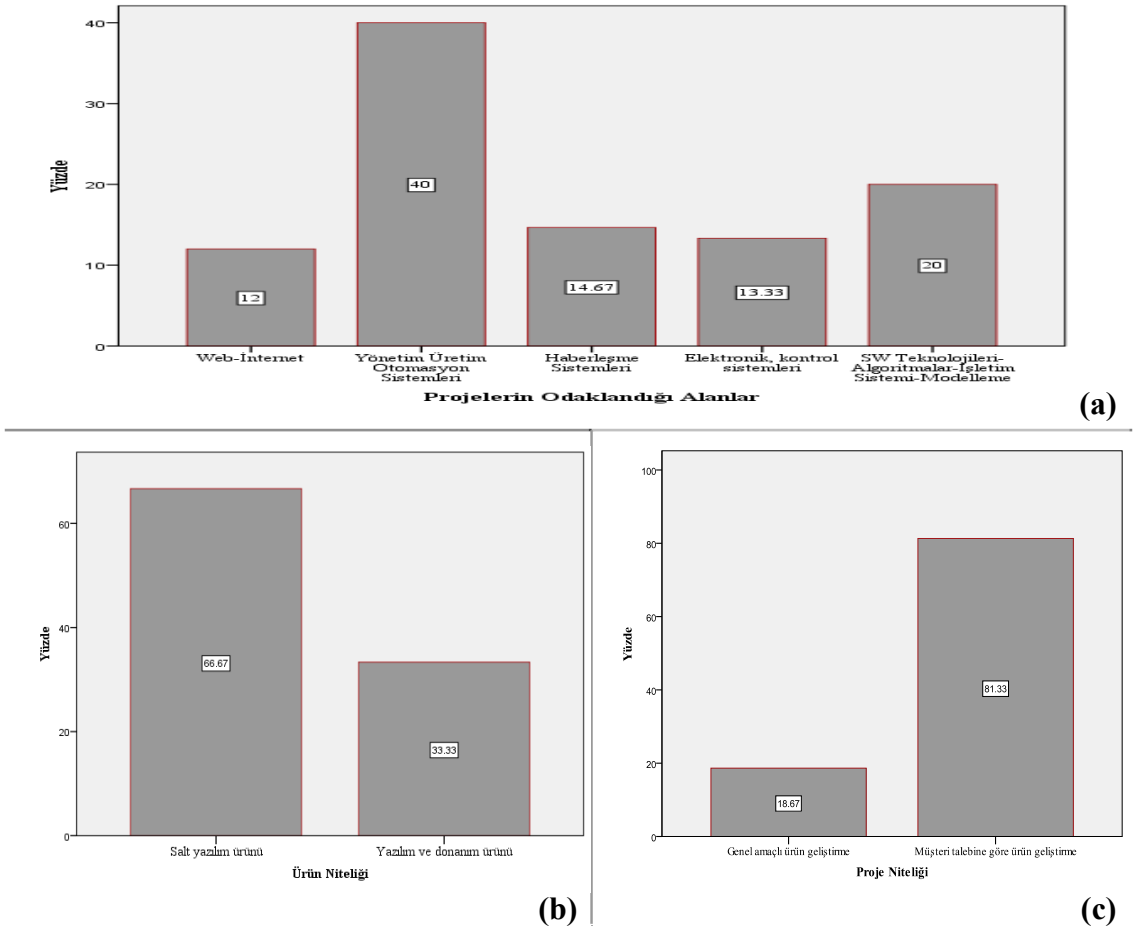
Geri dönüş oranlarının düşük olması nedeniyle tüm teknoloji geliştirme merkezleriyle bağlantıya geçilmiş, çalışmanın bu merkezler üzerinden yürütülmesi talep edilmiştir. Gönderilen davete Konya Selçuk Üniversitesi'ndeki ve Kocaeli Üniversite'ndeki teknoloji geliştirme merkezleri olumlu yanıt vermiştir. Aynı davet TÜBİTAK'taki bilişim alanında çalışan tüm birimlere gönderilmiş; BTE ve Uzay enstitülerinden ve UEKAE enstitüsünün G222bölümünden olumlu yanıt alınmıştır.

Son olarak, ana kütleden rassal olarak 200 adet firma daha seçilmiş ve bu firmalara davetiye gönderilmiştir. Bu davetin geri dönüş oranı sadece %2 düzeyinde kalmıştır.

Bazı firmalar ve kuruluşlar çalışmayı gizlilik anlaşması imzalamak koşuluyla kabul etmiştir. Bu firmalar ve kuruluşlarla gizlilik anlaşması yapıldıktan sonra çalışmalar başlamıştır.

Araştırmada 44 adet bilişim firmasıyla ve üç adet bilişim enstitüsüyle görüşülmüş, toplam 75 adet proje bilgisi elde edilmiştir. Görüşülen firmaların listesi Çizelge A.1'de verilmiştir (bkz. EK A). Listedeki firmalar alfabetik olarak sıralanır. Öte yandan proje bilgileri veri analizi aracına rassal bir şekilde girilmiştir. Bu nedenle regresyon analizi aşamasında belirtilen proje numaralarıyla listedeki firma sıralaması arasında bir ilişki söz konusu değildir.

Şekil 5.1 örneklemdeki projelerin genel özelliklerini verir. Şekil 5.1a'ya göre incelenen projelerin %40'ı yönetim, üretim ve otomasyon sistemleri, %20'si modelleme ve algoritmaları da içine alan yazılım teknolojileri, %14.67'si haberleşme sistemleri, %13.3'ü elektronik kontrol sistemleri ve %12'si web ve internet teknolojileri alanında yazılım ürünü geliştirmektedir.



Şekil 5.1 : Proje özelliği (a) alanlar (b) ürün niteliği (c) proje niteliği.

Şekil 5.1b, örneklemdeki projelerin yaklaşık %67'sinin salt yazılım ürünü ve %33'ünün yazılım temelli sistemleri geliştirdiğini gösterir. Diğer taraftan, Şekil 5.1c'ye göre projelerin yaklaşık %81'i müşteriden gelen talep üzerine ürün geliştirme

yaşam döngüsünü oluşturmuştur. Projelerin yaklaşık %19'u genel amaçlı ürün geliştirmeye odaklanmış; yaşam döngüsünün ilerleyen aşamalarında, ilk örnek testlerinin gerçekleştirilmesi ve nihai ürün özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, hedef kitledeki olası müşterileri projeye dâhil etmiştir.

5.2 Çalışmanın Yürütülmesi

Biten ya da kabul sürecinde olan bir projenin yöneticisi ve teknik elemanlarıyla yapılan görüşmelerde, bu projenin planı dikkate alınarak, plandan sapma durumları nedenleriyle birlikte ortaya çıkarılmıştır. Proje çalışmalarında izlenen yol kısaca aşağıda verilmiştir.

- Genel proje bilgileri elde edilmiş,
- Ürün geliştirme yaşam döngüsündeki tüm faaliyetler plana göre incelenmiş,
- Proje girdileri hakkında bilgi alınmış ve
- Proje çıktısı olan ürünün özellikleri değerlendirilmiştir.

Yürütülen gözden geçirme toplantıları esnasında önce genel proje bilgileri sorulmuş; Çizelge C.1'deki sorular üzerinden geçilerek projenin çerçevesi çizilmiştir (bkz. EK C). Daha sonra gereksinim analizi aşamasından itibaren tüm süreç faaliyetleri üzerinden geçilmiş, her bir aşamadaki olumsuz durumlar, neden oldukları sapmalarla birlikte incelenmiştir. Bu çerçevede projenin akışı ve proje planları Çizelge C.2, Çizelge C.4, Çizelge C.5, Çizelge C.6, Çizelge C.7, Çizelge C.8 ve Çizelge C.9'da verilen sorulara göre değerlendirilmiştir.

Bir sonraki aşamada projenin en önemli girdisi olan ürün gereksinimleri ele alınmış, proje başlangıcında ürünün operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin hangi düzeyde tanımlı olduğu incelenmiştir. Bu çerçevede Çizelge C.3'te verilen sorular sorulmuştur. Daha sonra projenin diğer önemli bir girdisi olan insan kaynakları, Çizelge C.10'daki sorular üzerinden incelenmiştir. Projenin başında ekip elemanlarının ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri alan uzmanlığı, teknik tecrübe ve proje tecrübesi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Son olarak, projenin çıktısı olan ürün özellikleri incelenmiş; Çizelge C.1'deki ürünle ilgili sorular Çizelge C.11'deki sorularla birlikte yeniden değerlendirilmiştir.

Proje ekibiyle ve proje yöneticisiyle yürütülen çalışmalar esnasında projede ortaya çıkan diğer olumsuz durumlar hakkında bilgi alınmış, bu olumsuz durumların neden olduğu gecikmeler diğer etmenler olarak kaydedilmiştir.

Bir proje üzerinde harcanan zaman oldukça değişkendir. Proje bilgilerini kayıt altına alan ve proje esnasında herhangi bir olumsuz durumla karşılaşmayan projeler için bu zaman yaklaşık üç üç buçuk saat arasında değişmektedir. Proje planlarını beklenen ayrıntıda yapmayan ya da geliştirme süreci esnasında olumsuz durumlarla karşılaşan projelerde bu süre artmaktadır. Yine bazı proje bilgilerine hemen ulaşılamamış, proje yöneticileriyle birkaç kez görüşme yapmak zorunda kalınmıştır.

5.3 Verilerin Değerlendirilmesi

Proje bilgileri önce "Excel" aracı üzerinde hazırlanan formlara girilmiş, daha sonra bu formlar yine Excel'de birleştirilerek "SPSS İstatistik" aracına gönderilmiştir. Veri toplama aşamasında tek bir durum dışında kayıp veri ya da veri anormalliklerine rastlanılmamıştır.

Çalışma esnasında ürün büyüklüğü bilgisinin elde edilmesinde ciddi sıkıntılar oluşmuştur. Çoğu proje bu bilgileri tutmamaktadır. Bazı projeler yazılım büyüklüğü bilgisine sahip olsa bile büyüklük hesapları birbirinden çok farklıdır. Yine projelerin farklı yazılım geliştirme araçlarını kullanmaları ürün büyüklüğü karşılaştırmalarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, çalışmanın ilerleyen aşamalarında bu bilgi soru listesinden silinmiştir.

Çalışmada sıkıntı yaratan diğer bir hususta ürün gereksinimleri sayısıdır. Ürün gereksinimlerini müşteriden yazılı bir şekilde almayan firmalar sözleşmeleri inceleyerek bu bilgileri elde etme yoluna gitmişlerdir. Bu durum çalışma süresini de uzatmıştır.

Yine salt yazılım geliştiren projelerle yazılım temelli sistemleri geliştiren projeler arasında ürün gereksinimlerini tanımlama biçimleri arasında farklılık olduğu görülmüştür. Salt yazılım geliştiren projeler yazılım gereksinimlerini ayrıntılı bir şekilde tanımlarken diğer projelerde yazılım ve donanım gereksinimleri oldukça üst seviyede kalmıştır.

SPSS istatistik aracına girilen temel veri kümelerinden yeni veri yapıları türetilmiştir. Yeni veri yapılarının oluşturulması esnasında Bölüm 3'te verilen problem tanımları

ve önsavlar dikkate alınmıştır. Analiz çalışmalarında kullanılan türetilmiş veri yapıları Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C).

Temel ve türetilmiş veri kümeleri üzerinde gerçekleştirilen analizlerle bu verilerin ayrıntılı istatistik değerleri elde edilmiş, nasıl bir dağılım sergiledikleri ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra Bölüm 3'te verilen önsavlar sınanmış, veri kümeleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Yürütülen temel istatistik sınamalarından sonra veri kümesi, modelleme aracının kullanabileceği şekle dönüştürülmüştür.

Bu çalışmada istatistiksel analizler için "IBM SPSS Statistic v.19" ve model oluşturma için "IBM SPSS Modeler 14.1" araçları kullanılmıştır. Yürütülen tüm analizlerde anlamlılık değeri olarak "p=0.05" değeri kabul edilmiştir. Çalışma boyunca uygulanan analizler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Analizlerde kullanılan yöntemler.

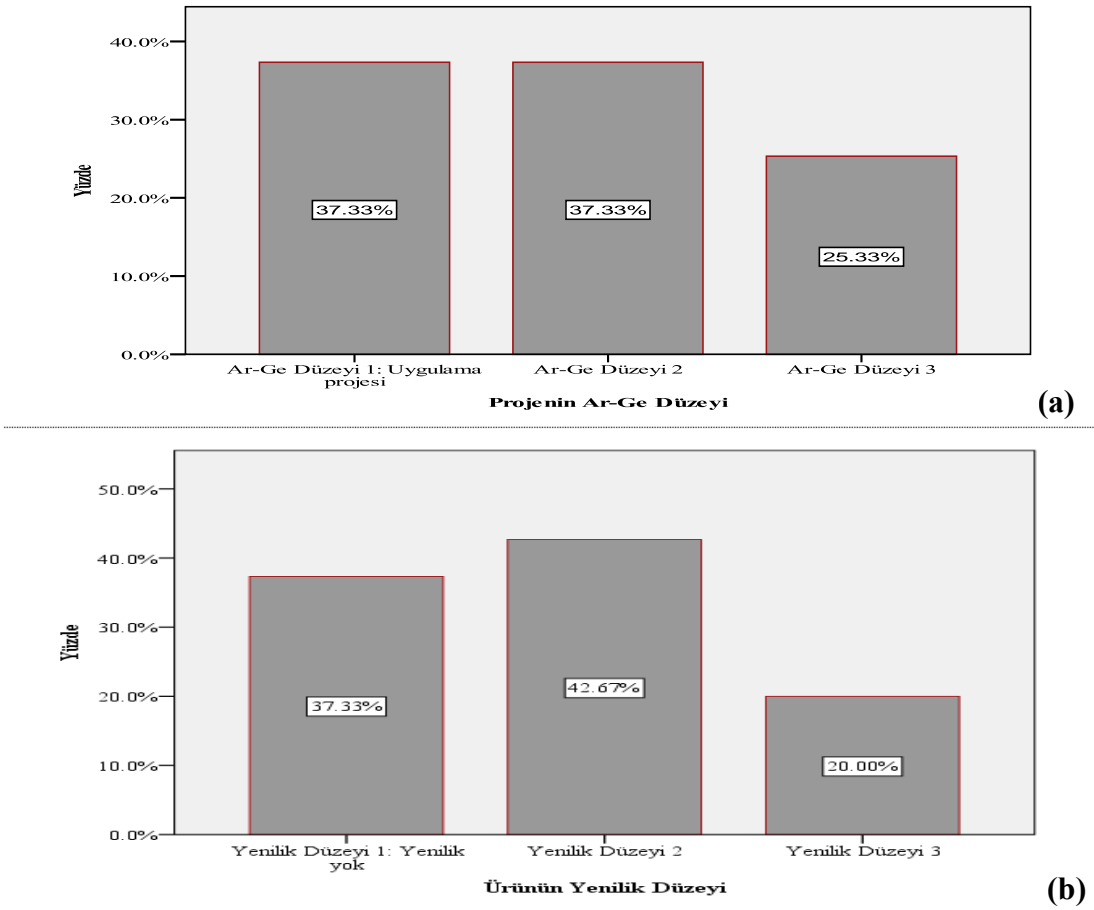
Yöntem	Kullanım amacı
Kendall's tau_b	Kategorik ya da normal dağılmayan veri kümeleri arasındaki ilişkileri belirlemede
Pearson korelasyon analizi	Doğrusal ilişki analizini belirlemede
Kruskal-Wallis	Çoklu gruplar arasındaki farklılığı ölçmede
Mann-Whitney U	İkili gruplar arasındaki farklılığı ölçmede
Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk	Veri kümesinin normalliğini sınamada
Levene	Varyansların eşitliğini sınamada
Bruesch-Pegan-Godfrey*	Değişen varyans problemini bulmada
Çok değişkenli regresyon analizi	Öngörü modellerini oluşturmada
CHAID karar ağacı yöntemi	Öngörü modellerini oluşturmada kullanılır.

* R dilinde yazılan bu test SPSS aracına eklenmiştir.

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

6.1 Ürünün Yenilik Düzeyi ve Ar-Ge Düzeyi

Şekil 6.1 örneklemdeki projelerin Ar-Ge ve yenilik düzeylerini gösterir. Şekil 6.1a'ya göre örneklemdeki projelerin yaklaşık %37.3'ü uygulama projeleridir. Projelerin yaklaşık %37.3'ünde düşük ya da orta düzeyde ve %25.3'ünde ise iyi ya da çok iyi düzeyde araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütülür.



Şekil 6.1 : Ar-Ge ve yenilik düzeyleri (a) Ar-Ge düzeyleri (b) yenilik düzeyleri.

Şekil 6.1b projelerin yenilik düzeylerini gösterir. Projeler yenilik yönlerine göre incelendiğinde, %37.3'ünün yenilik özelliği olmayan uygulama ya da uyarlama projeleri olduğu görülmüştür. Projelerin yaklaşık %20'si teknolojik yenilik içeren radikal ürünleri geliştirir. Bu kategoride bulunan projeler ya uluslararası düzeyde

yeni bir ürün geliştirir ya da bilinen bir yöntemi, tekniği ve teknolojiyi başka bir alana, ürüne ya da sürece uygular. Geri kalan %42.67, mevcut bir ürüne radikal olmayan yeni özellikler katmakta, daha önceleri ayrı ayrı geliştirdikleri ürünleri ya da bileşenleri tek bir ürün altında toplayarak ürün genellemesi yapmakta, mevcut ürünlerdeki yazılım teknolojilerini değiştirerek farklı teknolojilerde de çalışabilen bir ürün geliştirmektedir.

6.2 Ürün Gereksinimleri Sayısı

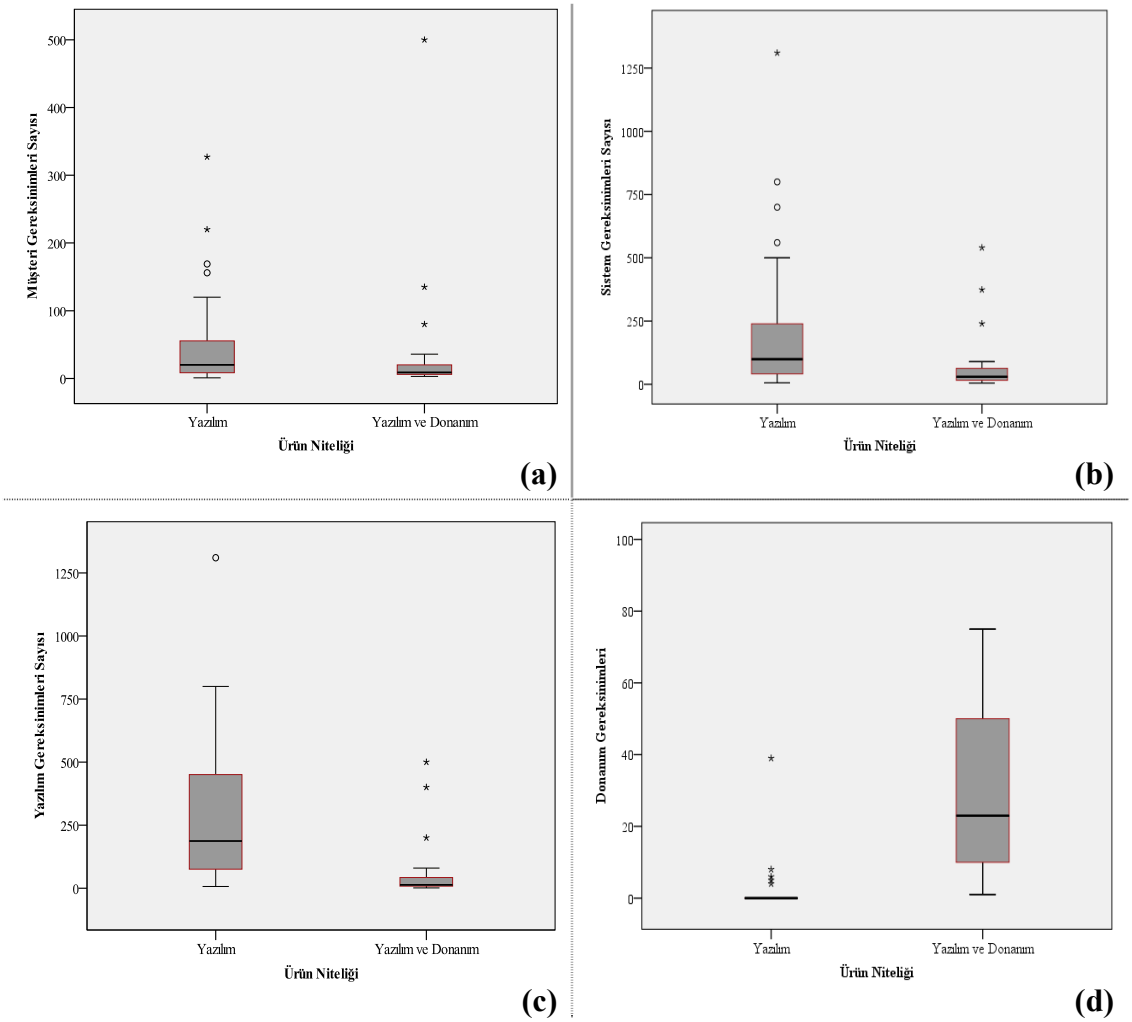
Ürün geliştirme sürecinin başında müşteriden gelen ya da proje ekibi tarafından oluşturulan gereksinimlerin sayısı ürün kapsamını belirler. Ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca müşteri gereksinimleri önce sistem sonra da yazılım ve donanım gereksinimlerine dönüştürülerek, ürün tasarımı ve gerçekleştirilmesinde gerekli olan özellikler, şartlar ve kısıtlar tanımlanır.

Şekil 6.2 örneklemdeki projelerin gereksinim sayılarını gösterir. Burada anlaşılırlığı sağlamak amacıyla aşırı uç değerler gösterimlerden çıkarılmıştır. Şekil 6.2a müşteri gereksinimleri sayısını, Şekil 6.2b sistem gereksinimleri sayısını, Şekil 6.2c yazılım gereksinimleri sayısını ve Şekil 6.2d ise donanım gereksinimleri sayısını verir. Bu gösterimlere göre örneklemdeki projelerin müşteri ve sistem gereksinimleri oldukça geniş bir aralıkta dağılır. Şekil 6.2a, proje başlangıcında bir ya da birkaç istekle gelen ve ürün konusunda sınırlı bilgiye sahip müşterilerin olduğu gösterir. Yine aynı şekil, proje başlangıcında ayrıntılı ürün özellikleriyle gelen müşterilerin de olabileceğini söyler.

Şekil 6.2a ve Şekil 6.2b, salt yazılım ürünü geliştiren projeler ile yazılım temelli sistemleri geliştiren projeler arasında gereksinim sayıları bakımından önemli bir fark olduğunu gösterir. Salt yazılım ürünü geliştiren projelerin müşteri, sistem ve yazılım gereksinimleri sayısı diğer proje türüne göre daha fazladır. Bu yazılım projelerinde müşteri ve sistem taleplerinin daha kolay ayrıntılandırılabildiğini, ürün kapsamının daha geniş tutulabildiğini ve beklentilerin de buna göre daha fazla olduğunu gösterir.

Şekil 6.2c ve Şekil 6.2d, salt yazılım ürünleriyle yazılım temelli sistemleri geliştiren projelerdeki yazılım ve donanım gereksinim sayılarının dağılımını verir. Buna göre, salt yazılım projelerinde donanım gereksinimleri sayısı oldukça düşüktür. Sistem

projelerinde ise yazılım gereksinimleri sayısı, salt yazılım projelerine göre, daha düşük seviyede kalır.



Şekil 6.2 : Gereksinim sayıları (a) müşteri (b) sistem (c) yazılım (d) donanım.

Salt yazılım ürünü geliştiren projelerde müşteriden gelen ürün gereksinimleri sayısı, sistem tanımını oluşturan sistem gereksinimleri sayısı ve yazılım ürününü tanımlayan yazılım gereksinimleri sayısı ile projelerin süre değerleri karşılaştırılmış; Çizelge 6.1'deki değerler elde edilmiştir.

SA_SSM projelerdeki ay cinsinden toplam süre sapma miktarlarını, SA_SSO toplam süre sapma oranlarını, SüreGerçek ay cinsinden gerçekleşen proje sürelerini, GerekSistem sistem gereksinimleri sayısını, GerekSW yazılım gereksinimleri sayısını ve GerekHW ise donanım gereksinimleri sayısını gösterir. Bu değişkenlerin ikili karşılaştırmaları sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları (kor. kats.) ve anlamlılık (anl.) düzeyleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Salt yazılım projelerinde gereksinim sayıları ilişkileri (N=50).

		SüreGerçek	SA_SSM	SA_SSO
GerekSistem	Kor. Kats.	0.064	0.139	0.138
	Anl.	0.523	0.167	0.170
GerekSW	Kor. Kats.	0.328**	0.333**	0.177
	Anl.	0.001	0.001	0.077
SüreGerçek	Kor. Kats..	1.000	0.427**	-0.001
	Anl.		0	0.497
SA_SSM	Kor. Kats.		1.000	0.594**
	Anl.			0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(Çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(Çift kuyruk).

Çizelge değerleri projenin başında tanımlanan sistem gereksinimleri sayısı ile proje süresi ve süre sapma değerleri arasında herhangi bir ilişkinin kurulamadığını gösterir. Aynı durum müşteriden gelen ürün gereksinimleri sayısı için de geçerlidir. Diğer taraftan, yazılım gereksinimleri sayısı ile gerçekleşen proje süresi ve süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Yazılım gereksinimleri sayısı ile süre sapma oranları arasında ise ancak %10 anlamlılık düzeyinde bir ilişki kurulur. Bu durum, projelerde yazılım gereksinimleri sayısı elde edildiğinde proje süresi ve olası sapma değerleri hakkında daha gerçekçi tahminler yapılabileceğini gösterir.

Çizelge 6.1'de dikkati çeken diğer bir husus da proje süreleri ile süre sapma değerleri arasındaki ilişkinin durumudur. Salt yazılım projelerinde gerçekleşen proje süreleri ile süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki kurulabilmektedir. Öte yandan, proje süresi ile süre sapma oranları arasında böyle bir ilişki söz konusu değildir.

Yazılım temelli sistemleri geliştiren projelerde müşteri, sistem, yazılım ve donanım gereksinimleri sayısı, proje süresi ve sapma değerleriyle karşılaştırılmış, Çizelge 6.2 elde edilmiştir. Burada yazılım gereksinimleri sayısı ile projenin gerçekleşen süresi ve süre sapma miktarı arasında bir ilişki olduğu; süre sapma oranları arasında ise böyle bir ilişkinin kurulamadığı görülür. Öte yandan donanım gereksinimleri sayısı ile proje süresi ve süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir. Bu durum, donanım gereksinim sayısına bakarak projenin süresi hakkında herhangi bir çıkarsama yapılamayacağını gösterir.

Salt yazılım projelerinde olduğu gibi sistem projelerinde de proje süreleri ile süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Öte yandan kurulan ilişkinin şiddeti (0.673) salt yazılım projelerindeki ilişkinin şiddetinden (0.427) daha kuvvetlidir. Benzer şekilde proje süreleri ile süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.

Çizelge 6.2 : Sistem projelerinde gereksinim sayıları ilişkileri (N=25).

		GerekSW	GerekHW	SüreGerçek	SA_SSM	SA_SSO
GerekSistem	Kor.Kat.[a]	0.444**	0.569**	0.112	0.030	-0.132
	Anl.	0.002	0	0.440	0.417	0.361
GerekSW	Kor.Kat.[a]		0.320*	**0.343***	**0.316***	0.112
	Anl.		0.027	**0.018**	**0.029**	0.439
GerekHW	Kor.Kat.[a]			0.192	0.118	-0.071
	Anl.			0.182	0.413	0.623
SüreGerçek	Kor.Kat.[a]				**0.673****	0.108
	Anl.				**0**	0.454
SA_SSM	Kor. Kat.[a]					0.443**
	Anl.					0.002

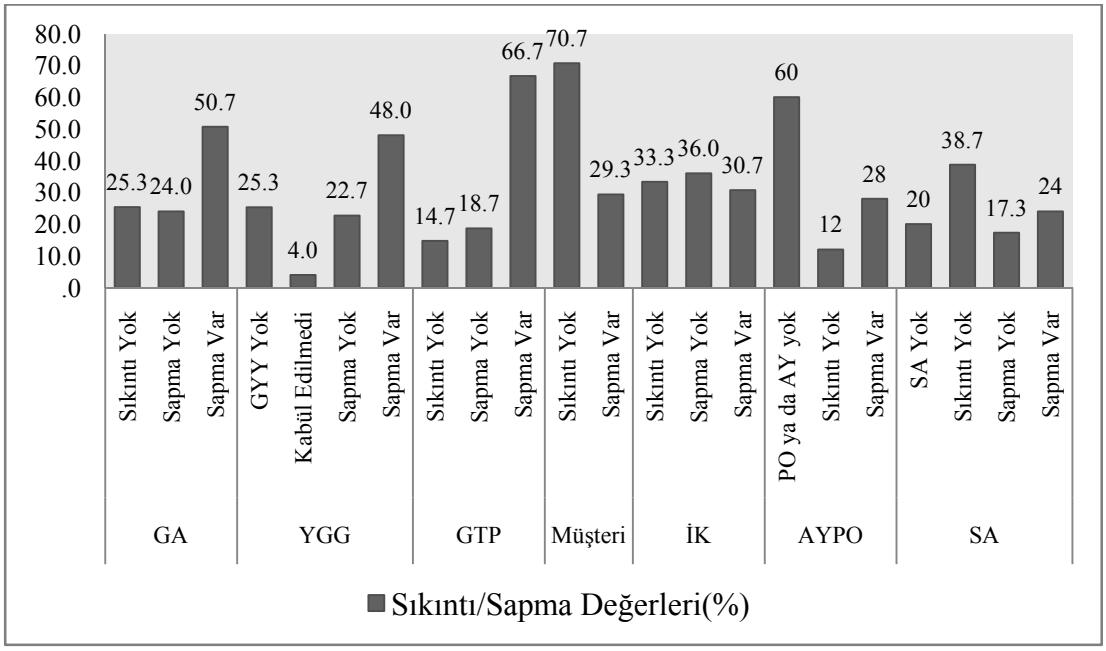
**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(Çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(Çift kuyruk).
a. Korelasyon Katsayısı

6.3 Temel Bozucu Etmenlerin Sıklığı

Standish grubu BT üst düzey yöneticileri arasında gerçekleştirdiği anket çalışmasında proje başarısını etkileyen en önemli üç unsuru ortaya çıkarmıştır. Bunlar kullanıcının projeye katılımı, üst düzey yönetimin projeye verdiği destek ve ürün özelliklerinin açık olması şeklinde sıralanır. Aynı çalışmada BT projelerini sıkıntıya sokan etmenler de sorulmuştur. Buna göre yetersiz kullanıcı desteği, tam ve doğru bir şekilde tanımlanmamış ürün gereksinimleri, proje boyunca değişen gereksinimler projeleri en çok sıkıntıya sokan etmenler olarak sıralanmıştır. Listenin devamında yetersiz yönetim desteği, teknolojiye hâkim olamama, kaynak yetersizliği, gerçekçi olmayan beklentiler, belirsiz hedefler, gerçekçi olmayan planlama ve yeni teknolojiler yer alır (Standish, 1995).

Bu bölümde ürün geliştirme yaşam döngüsünde sapmaya neden olan bozucu etmenler sıklık değerlerine göre incelenir. Burada bozucu etmenlerin sıklığı ile her bir bozucu etmenin projelerde görülme olasılığı anlatılır.

Çalışmada ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca yaşanan sıkıntılar sorulmuş, elde edilen bilgiler Şekil 6.3'te verilen gruplar altında toplanmıştır. Bilişim alanında ürün geliştiren firmalar proje yaşam döngüsü boyunca çok farklı zorluklarla ya da sıkıntılarla karşı karşıya gelir. Bu sıkıntılardan sadece yedisi ürün geliştirme sürecini doğrudan etkiler; firmanın, projenin, ürünün ve müşterinin yapısına bağlı olarak projelerde görünür ya da hesaplanabilir gecikmelere neden olur.



Şekil 6.3 : Temel bozucu etmenler**.**

Projelerin %74.7'si ürün geliştirme süreci boyunca mevcut gereksinimlerin anlaşılmasına yönelik sıkıntılarla karşı karşıya gelmiş; %50.7'sinde bu sıkıntılar sapmaya neden olmuştur. Projelerin %74.7'si ürün geliştirme yaşam döngüsünün farklı aşamalarında müşteriden yeni istekler ya da gereksinimler almış, bu gereksinimler projelerin %48'inde gecikmeye neden olmuştur.

Projelerin %85.3'ünde genel teknik nedenlerden dolayı sıkıntılar oluşmuş, bu sıkıntılar projelerin %66.7'sinde sapmaya neden olmuştur. Müşterilerden gelen problemler nedeniyle geliştirme sürecinin süresinde sapma olan projelerin oranı ise %29.3'tür. Projelerin %66.7'si insan kaynaklarının temini ve süreksizliği nedeniyle sıkıntı yaşamış ve bu sıkıntılar projelerin %30.7'sinde sapmaya neden olmuştur.

Örneklemde alt yüklenici kullanan ya da proje ortağı olan projelerin oranı %40'tır. Tüm projelerin %28'inde (alt yüklenici kullanan ya da proje ortağı olan projelerin

%70'inde) alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu sıkıntılar sapmaya neden olmuştur.

Projelerin %80'i satın alma faaliyetlerini yürütür. Bu faaliyetler projelerin %38.7'sinde (satın alma faaliyetiyle uğraşan firmaların %48.3'ünde) herhangi bir sıkıntı yaratmazken, projelerin %24'ünde (satın alma faaliyetiyle uğraşan firmaların %30'unda) geliştirme sürecini geciktirmiştir.

Bu çalışmadaki etmen sınıfları ile Standish grubunun etmen sınıfları birkaç hususta benzerlik ve farklılık gösterir. Anlaşılamayan ve sürekli değişen gereksinimler iki çalışmada da ön plana çıkar. Grup teknolojiye hâkim olamamayı ve yeni teknolojilerin varlığını bir sıkıntı olarak tanımlar. Bu tez çalışmasında bu iki sıkıntı genel teknik sıkıntılar başlığı altında dolaylı bir şekilde incelenir.

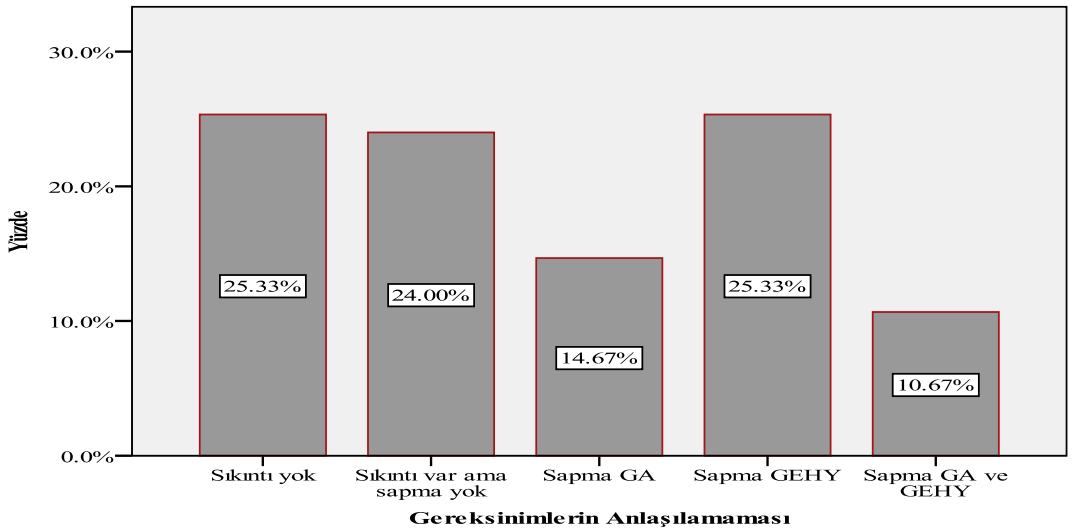
Standish grubu kullanıcı desteğini önem sırasında ilk sıraya koyar. Bu çalışmada müşteri desteği ya da katılımı ile müşteri kaynaklı problemler iki ayrı kategoride incelenir. Müşteri kaynaklı sıkıntılar projelerde gecikmeye neden olarak geliştirme sürecini doğrudan etkiler. Bu bozucu etmenin görülme sıklığı %29'dur. Müşteri desteği ya da katılımı ise geliştirme sürecini dolaylı bir şekilde etkiler.

Bunlara ilave olarak bu çalışmada insan kaynakları, dış bağlantılar (alt yükleniciler ve tedarikçiler gibi), ekip yetkinliği, yeniden kullanım, referans alınan yapılar ya da ürünler, proje öncesinde yürütülen çalışmalar ve ürün özellikleri gibi unsurlar da birer bozucu etmen olarak incelenir. Çalışmada insan kaynaklarının tedariki ve süreksizliği ile satın alma faaliyetleri temel bozucu etmenler olarak değerlendirilir. Bu etmenlerin etkileri oluşma olasılığı ve oluştuğu durumda projeye verdiği hasarla (proje süresindeki sapma) ölçülür. Öte yandan dolaylı etmenlerin proje performansı üzerinde etkili olup olmadığı istatistiksel yöntemlerle ortaya çıkarılır.

6.3.1 Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması (GA)

Kotonya ve Sommerville'e göre birçok projede üretime girilmeden önce sistem gereksinimlerinin yarısından fazlası değişir. Avrupa'da 4000 şirket üzerinde gerçekleştirilen bir ankete göre yazılım geliştirmedeki en temel sıkıntı, müşteri gereksinimlerini iyi yönetememektir (Kulk ve Verhoef, 2008'de atıfta bulunulduğu gibi).

Gereksinimlerin anlaşılması kapsamında iki temel problem ele alınır: Gereksinim analizi aşamasında yaşanan sıkıntılar ve gereksinimlerin eksik ya da hatalı yorumlanmasından kaynaklanan sıkıntılar. Şekil 6.4'e göre örneklemdeki projelerin %14.67'sinde, sadece gereksinim analizinde yaşanan sıkıntılardan dolayı, gecikme olmaktadır. Projelerin %25.33'ünde gereksinimlerin eksik ya da hatalı yorumlanması proje süresini uzatır. Bu iki bozucu etmenin aynı anda görüldüğü projelerin oranı ise %10.67'dir. Bu gruptaki projelerde gereksinim analizi süreci planlanan süreden sapar ve proje genelinde gecikmeye neden olur. Analiz edilen gereksinimler ise tam ve doğru bir şekilde yorumlanmaz. Bu nedenle projelerin ilerleyen aşamalarında eksik ve hatalı gereksinimler nedeniyle gecikmeler yaşanır.



Şekil 6.4 : Gereksinimlerin anlaşılamamasının nedenleri.

Gereksinimlerin analizi aşamasında proje başında tanımlanan ya da müşteri tarafından proje ekibine verilen ürün özellikleri kapsamlı bir şekilde analiz edilir; ürün gereksinimleri önce sistem gereksinimlerine ve daha sonra bileşen düzeyinde gereksinimlere dönüştürülür. Yine bu aşamada genel ürün ya da sistem özellikleri incelenerek operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimleri elde edilmekte yahut mevcut olan gereksinimler ayrıntılandırılmaktadır. Bu aşama sonunda elde edilen ayrıntılı ürün özellikleri referans alınarak sistem tasarımı gerçekleştirilir.

Analiz sonuçları projelerin %64'ünde gereksinimlerin analizi aşamasında sıkıntı yaşandığını; %25.3'ünde bu sıkıntıların proje süresinde sapmaya neden olduğunu gösterir.

Gereksinim analizi aşaması planlandığı gibi gerçekleşen yahut bu aşamayı sorunsuz atlatan projeler ilerleyen aşamalarda farklı sıkıntılarla karşı karşıya gelebilir. Gereksinim analizi aşamasında ürün gereksinimlerinin yeterince iyi analiz edilememesi, özellikle işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin eksik bırakılması geliştirme ve test aşamalarını olumsuz yönde etkiler. Proje başında derinliği anlaşılamayan ya da gereksinim analizi aşamasında yeterince ayrıntılandırılamayan ürün özellikleri proje öngörülerinde sapmaya neden olur.

Yine gereksinim analizi aşamasında hatalı yorumlanan gereksinimler, en iyi durumda tasarım ve gerçekleştirme hatalarına neden olarak, proje süresini uzatır ya da iş gücünü arttırır. En kötü durumda ise, müşteriye beklentilerinin dışında bir ürün sunulur. Bu, ürün geliştirme sürecinin başarısızlıkla tamamlandığı anlamına gelir.

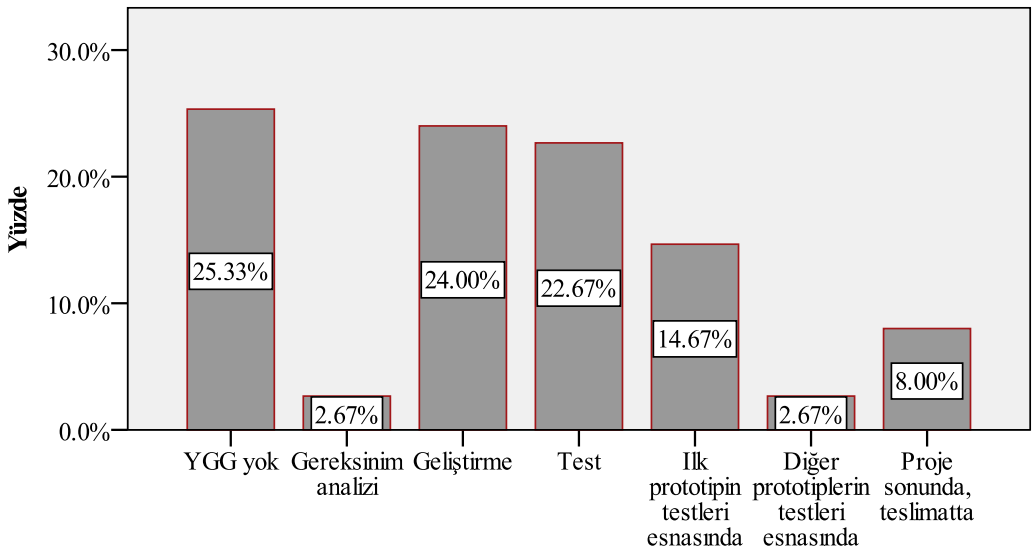
Analiz sonuçları projelerin %46.7'sinde gereksinimlerin eksik ya da hatalı tanımlanması nedeniyle sıkıntı yaşandığını; %36'sında bu sıkıntıların süre sapmasına neden olduğunu gösterir.

6.3.2 Yeni gelen gereksinimlerle ilgili problemler

Proje Yönetimi Enstitüsü Bilgi Sistemleri Özel İlgi Grubu (PMI-ISSIG) 312 adet proje yöneticisinin ve yazılım geliştirme personelinin katıldığı bir anketi internet ortamında gerçekleştirmiştir. Anket sonuçlarına göre yanıt verenlerin %78'i, yazılım geliştirme yaşam döngüsü boyunca sürekli değişen gereksinimlerle karşı karşıya kalmıştır. Değişen gereksinimler iş gücünü arttırır, proje süresini uzatır ve bazı işlerin yeniden yapılmasına neden olur (Ferreira, 2002; Ferreira ve diğ. 2009).

Bu doktora çalışmasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Literatürden farklı olarak bu çalışmada değişen gereksinimlerin etki dereceleri dikkate alınmıştır. Yeni gelen gereksinimlerin proje performansını etkileyip etkilemediği etki dereceleriyle birlikte değerlendirilmiştir.

Projelerin %74.7'sinde ürün geliştirme yaşam döngüsünün farklı aşamalarında müşteriden yeni istekler ya da gereksinimler gelmektedir. Şekil 6.5, yeni gereksinimlerin gelme aşamalarını gösterir. Örneklemdeki projelerin %24'ü geliştirme (tasarım ve gerçekleştirme) aşamasında; %14.67'si ilk örneğin ve %2.67'si ise diğer örneklerin müşteri ortamındaki testleri esnasında; %22.67'si sistem testleri aşamasında ve %8'i ürünü müşteriye teslim edildikten sonraki aşamada müşteriden yeni gereksinimler alır.



Şekil 6.5 : Yeni gereksinimlerin gelme aşaması.

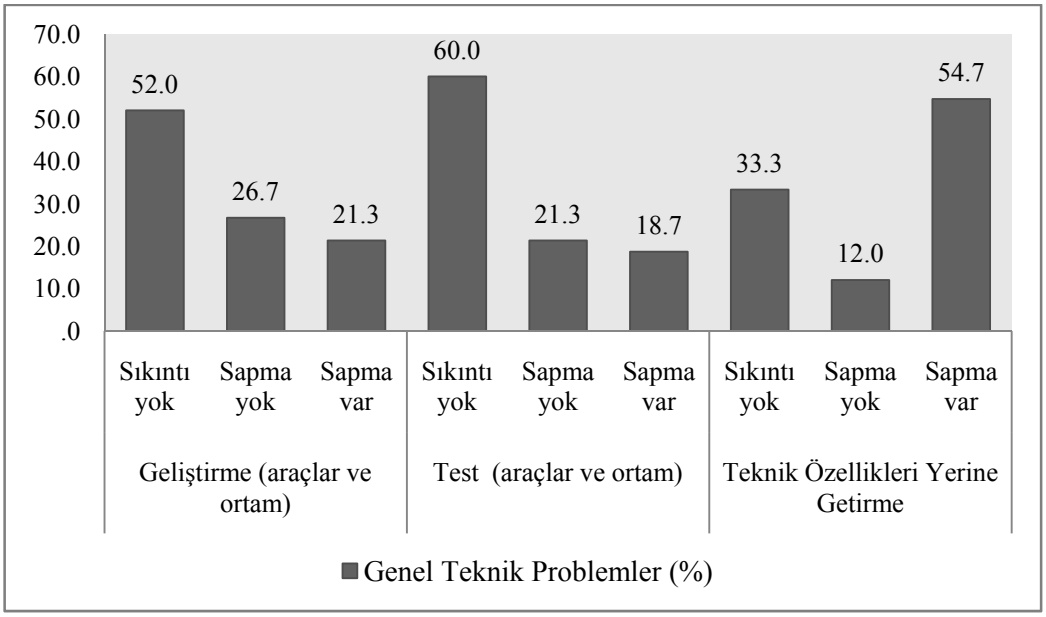
Proje başlangıcında tanımlanan gereksinimlere ilave edilen bu yeni gereksinimler projelerin %70.7'sinde genel bir sıkıntıya dönüşür. Proje yöneticileri proje yapısını değiştirerek, bir kısım gereksinimi reddederek ya da fazla mesai planlayarak bu sıkıntıları bertaraf etmeye çalışsa bile bunda çok başarılı olamazlar. Analiz sonuçları yeni gelen gereksinimlerden dolayı projelerin %48'inde gecikme olduğunu gösterir.

6.3.3 Genel teknik özelliklerle ilgili problemler

Ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca ekip elemanları geliştirme ve test araçlarının kullanımı, geliştirme ve test ortamının hazırlanması aşamalarında çok farklı sıkıntılarla karşı karşıya gelir. Yine ürün tasarımı ve gerçekleştirmesi aşamalarında yaşanan teknik zorluklar (bazı ürün gereksinimlerini yerine getirememe gibi) tüm süreci olumsuz yönde etkiler. Çoğunlukla geliştirme ve müşteri ortamlarında gerçekleştirilen testler esnasında ortaya çıkan teknik hatalar, gerçekleştirme ve tasarım süreçlerinin yeniden başlatılmasına neden olur. Bazı durumlarda tasarım aşamasında belirlenen teknik çözümlerde değişikliğe bile gidilir.

Geliştirme ve test araçlarının kullanımından, ortam hazırlamadan ve ürün özelliklerini yerine getirmeden kaynaklanan tüm sıkıntılar ve sapmalar genel teknik problemler başlığı altında toplanır. Buna göre projelerin %85.3'ünde genel teknik nedenlerden dolayı sıkıntılar oluşmuş, yine projelerin %66.7'sinde bu sıkıntılar projelerde gecikmeye (süre sapmasına) neden olmuştur.

Genel teknik nedenlerden kaynaklanan sıkıntılar alt bileşenlere göre incelendiğinde Şekil 6.6'daki bulgular elde edilmiştir. Geliştirme ortamının hazırlanmasından ve araçların kullanımından kaynaklanan sıkıntıların oranı %48, bu sıkıntıların proje süresinde sapmaya neden olma oranı %21.3'tür. Test ortamının hazırlanmasından ve test araçlarının kullanımından kaynaklanan sıkıntıların oranı %40, bu sıkıntıların proje süresinde sapmaya neden olma oranı ise %18.7'dir. Yine ürün özelliklerini yerine getirme esnasında problem yaşayan projelerin oranı yaklaşık %66.7'dir. Bu sıkıntılar nedeniyle geciken projelerin oranı ise %54.7'dir.



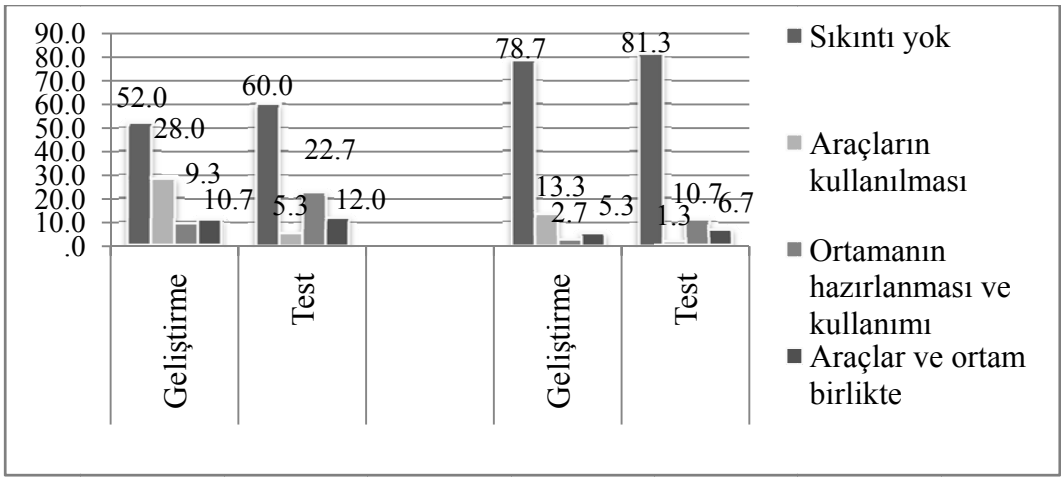
Şekil 6.6 : Genel teknik problemlerin alt sınıfları.

Şekil 6.7 geliştirme ve test araçlarından ya da ortamından kaynaklanan sıkıntılar ve bu sıkıntıların neden olduğu sapmaları gösterir. Buna göre geliştirme aşamasında araç kullanımından kaynaklanan sıkıntılar ortam hazırlamaya göre daha baskındır. Bu aşamada proje ekibi geliştirme araçlarının kullanımıyla ilgili problemler yaşamaktadır.

Şekil 6.7'ye göre geliştirme aşamasında araçların kullanımından kaynaklanan sıkıntıların yüzdesi %28'dir. Ortamdan kaynaklanan sıkıntıların yüzdesi %9.3 iken hem araç hem de ortamdan kaynaklanan sıkıntıların yüzdesi %10.7'dir. Geliştirme aşamasında bu sıkıntıların sapmaya neden olduğu projelerin oranı sırasıyla %13.3, %2.7 ve %5.3'tür.

Diğer taraftan, test aşamasında test araçlarının kullanımından kaynaklanan sıkıntıların yüzdesi %5.3, test ortamının hazırlanmasından ve kullanımından

kaynaklanan sıkıntıların yüzdesi %22.7, araç ve ortamın birlikte yarattığı sıkıntıların yüzdesi ise %12'dir. Test aşamasında araç ve ortam sıkıntıları nedeniyle geciken projelerin oranı sırasıyla %1.3 ve %10.7'dir. Her iki sıkıntı nedeniyle geciken projelerin oranı ise %6.7'dir.



Şekil 6.7 : Çalışma ortamıyla ilgili sıkıntılar.

Geliştirme aşamasında araç kullanımından kaynaklanan sıkıntıların ve dolayısıyla süre sapmalarının oranı ortam hazırlamaya göre daha yüksektir. Bunun en önemli nedeni geliştirme araçlarının sürekli gelişmesidir. Daha önceleri eski teknolojide ürün geliştiren teknik ekibin yeni teknolojileri öğrenme için zamana ihtiyacı vardır. Yine yazılım projelerinde yazılım geliştirme alt yapısının ve kütüphanelerin hazır olmaması geliştirme sürecinde sıkıntıya neden olur. Teknik ekip ürün gereksinimlerini yerine getirmeden önce bu kütüphanelerin oluşturulmasına öncelik verir. Çoğu zaman yeni teknolojiyi öğrenme ve alt yapı oluşturma faaliyetleri proje planına dâhil edilmez.

Test aşamasında araç kullanımından kaynaklanan sıkıntıların ve sapmaların oranı nispeten daha düşüktür. Bunun en önemli nedeni projelerin testler esnasında araç kullanmamaları, testleri manüel yapmalarıdır. Yine çoğu firma ilk ürün örneği aşamasından itibaren müşteriyi test elemanı olarak doğrudan test sürecine dâhil eder. Test ortamının hazırlanmasından ve kullanımından kaynaklanan sıkıntıların nedeni ise müşteri ortamında yürütülecek testler için ortam hazırlamanın getirdiği teknik ve idari zorluklardır.

6.3.4 Müşteri kaynaklı problemler

Ürün geliştirme yaşam döngüsünde proje ekibi müşteriyle belli aşamalarda iş birliği yapmak zorunda kalabilir. Proje öncesinde tanımlanan gereksinimlerin dışında, müşteri sürece birden fazla aşamada dâhil olabilir. Proje ekibi ürün geliştirme için gerekli olan bilgileri (iş süreçleri tanımlarını, işletmeye özel bilgileri, veri tabanı taslaklarını, kuralları, kılavuzları, standartları ve düzenlemeleri ve ürün ya da sistem tasarımı için gerekli olan tüm bilgileri) müşteriden almak zorundadır. Bu bilgilerin zamanında gelmemesi ya da eksik ve hatalı gelmesi tüm süreci olumsuz yönde etkiler.

Proje ekibi geliştirdiği ürünün sınanması için müşterinin hazırladığı ortama ihtiyaç duyar. Müşterinin bu ortamı hazırlamaması ya da proje ekibi için gerekli şartları oluşturmaması test aşamasını sıkıntıya sokar. Yine müşteri proje yaşam döngüsünde ara ürünlerin geçerlemesini yapmak isteyebilir. Bir sonraki aşamaya ancak müşteri onayı ile geçebilen projelerde bu onayın geç gelmesi süreçte ciddi sıkıntılar oluşturur.

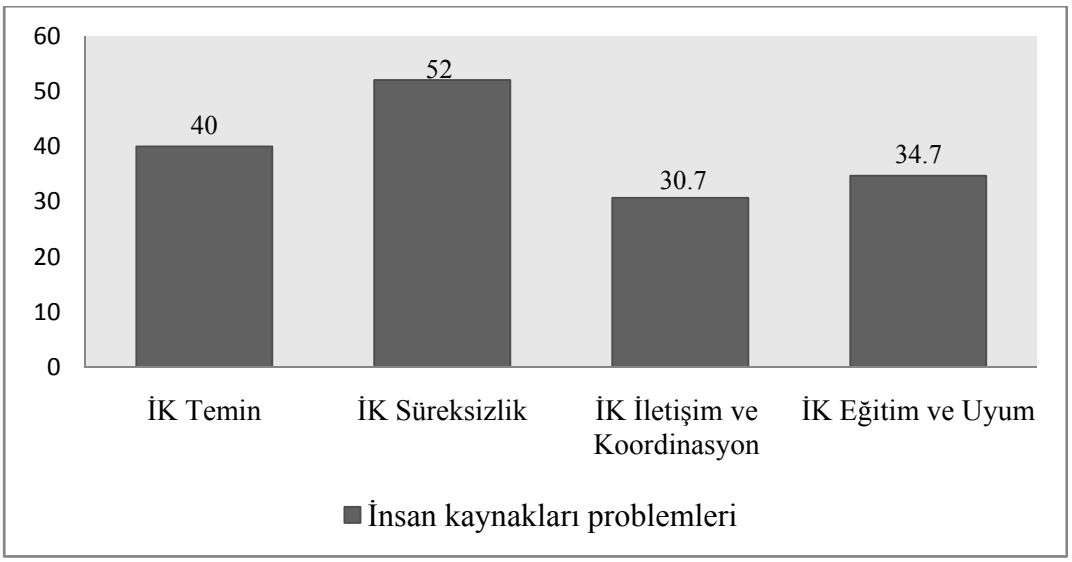
Müşteriler proje boyunca ekibe teknik ve idari konularda destek olabilir, bilgi aktarma ve yönlendirme konusunda ekibin bir parçası gibi çalışabilir. Diğer taraftan, proje sonuna gelindiğinde bazı idari nedenlerden dolayı müşteri süreci beklemeye alabilir. Böyle bir durumda ürün tamamlansa bile, müşteriden son onay alınmadığı için proje açık gözükür.

Zamanında tam ve doğru bilgi aktarmayan, sınamalar için uygun şartları oluşturmayan ve onaylama mekanizmalarını geç başlatan bir müşteri, ürün geliştirme yaşam döngüsünde bozucu bir etmendir. Öyle ki projelerin %29.3'ü müşteri kaynaklı problemlerle karşı karşıya gelmekte; bu problemler proje süresini uzatmaktadır.

6.3.5 İnsan kaynaklarının neden olduğu problemler

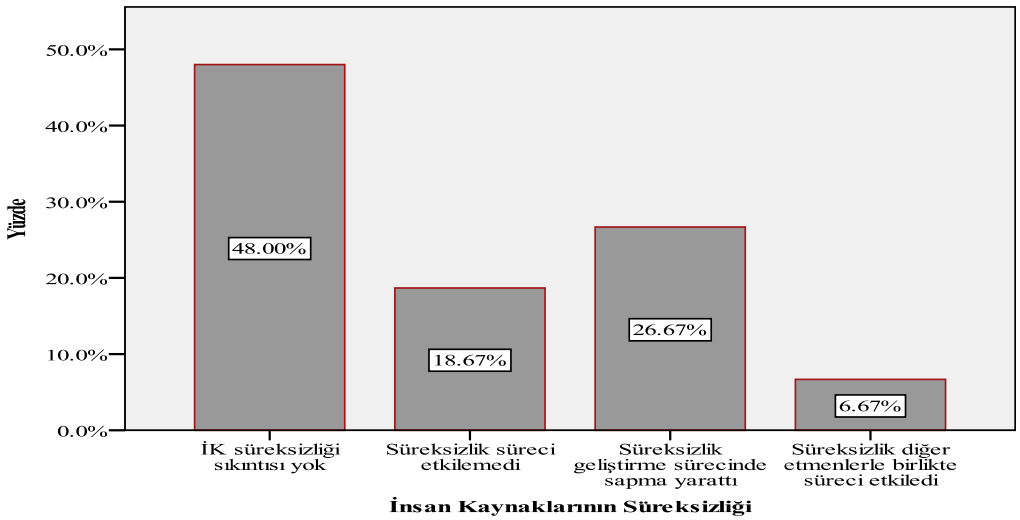
Ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca insan kaynaklarının neden olduğu pek çok sıkıntı olabilir. Projelerdeki insan kaynaklarıyla ilgili sıkıntılar dört sınıf altında toplanır: İnsan kaynağını temin etmek, proje ekibini eğitmek, yürütülmekte olan projelerde çalışanlar arasında koordinasyonu ve birlikteliği sağlamak ve çalışanların proje boyunca kesintisiz bir şekilde çalışmasını sağlamak.

Şekil 6.8 insan kaynakları problemlerinin nedenlerini gösterir. Şekil 6.8'e göre projelerin %40'ı insan kaynaklarının temininde sıkıntı yaşar. Projelerin %52'si iş gücünün kesintisiz çalışmasını sağlamada, %30.7'si çalışanlar arasında koordinasyonu ve birlikteliği sağlamada ve %34.7'si iş gücünü eğitmede ve proje içinde uyumu sağlamada sıkıntı yaşar.



Şekil 6.8 : İnsan kaynakları problemlerinin nedenleri.

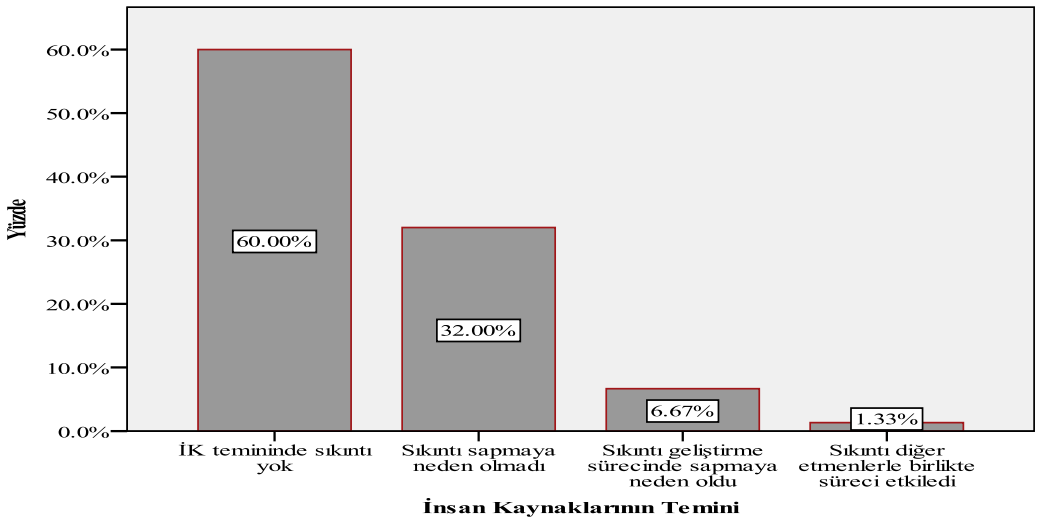
Analiz sonuçları insan kaynağı temininde yaşanan sıkıntıların ve iş gücü süreksizliklerinin projeleri doğrudan etkilediğini, proje sürelerinde sapmaya neden olduğunu gösterir. Diğer etmenlerin etkisi daha çok proje performansını dolaylı bir şekilde etkileme yönündedir. Şekil 6.9 insan kaynakları süreksizliğinin proje üzerindeki etkilerini gösterir.



Şekil 6.9 : İnsan kaynaklarının süreksizliği ve etkileri.

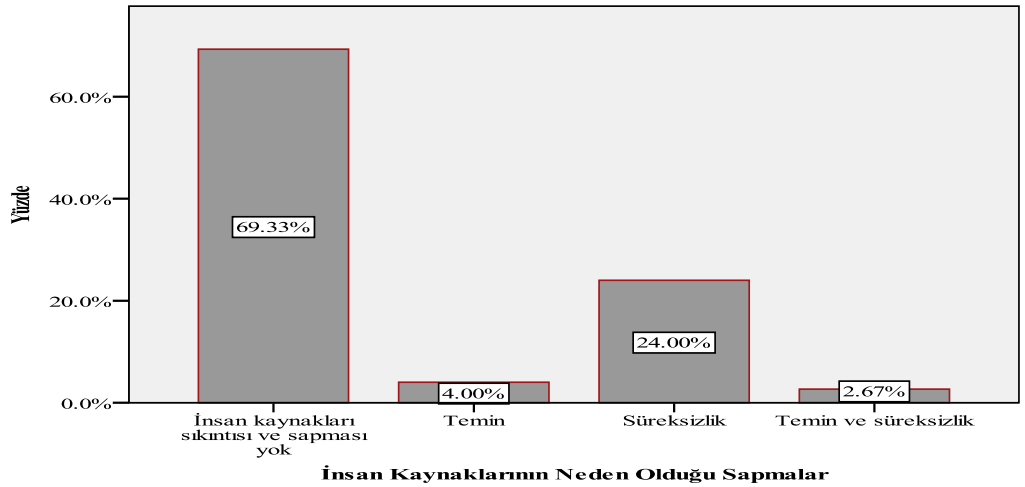
Ürün geliştirme süreci boyunca çalışanların işten ayrılması; hastalık, akademik çalışma ya da aynı anda yürüttükleri diğer faaliyetlerden dolayı işe ara vermek zorunda kalmaları projede kesintilere neden olur. Şekil 6.9'a göre örneklemdeki projelerin yaklaşık %52'sinde insan kaynakları süreksizliği nedeniyle sıkıntı yaşanmaktadır. Projelerin yaklaşık %18.67'sinde bu sıkıntılar proje genelinde sapmaya neden olmaz ya da süreci olumsuz yönde etkilemez. Yine projelerin yaklaşık %6.67'sinde insan kaynaklarının neden olduğu sapmalar projedeki diğer sapmalarla birlikte değerlendirilir, geliştirme sürecinin performansını dolaylı bir şekilde etkiler. Projelerin yaklaşık %26.67'sinde iş gücü süreksizliğinden kaynaklanan sıkıntılar tek başına ürün geliştirme sürecinin bazı aşamalarını durdurur, projede doğrudan süre sapmasına neden olur.

Şekil 6.10 insan kaynaklarının temini esnasında ortaya çıkan sıkıntıları özetler. Buna göre projelerin %40'ı projede ihtiyaç duyulan insan niteliğine erişmede sıkıntı yaşar. Öte yandan bu sıkıntının projelerde süre sapmasına dönüşme oranı oldukça düşüktür. İnsan kaynaklarının temini esnasında yaşanan sıkıntıların %14.7'si proje aşamasında ve %6.67'si proje genelinde süre sapmasına neden olur. Projenin başında etkili olan bu sıkıntı proje planlarının değiştirilmesi ile bir şekilde bertaraf edilebilmektedir.



Şekil 6.10 : İnsan kaynaklarının temininde yaşanan sıkıntılar.

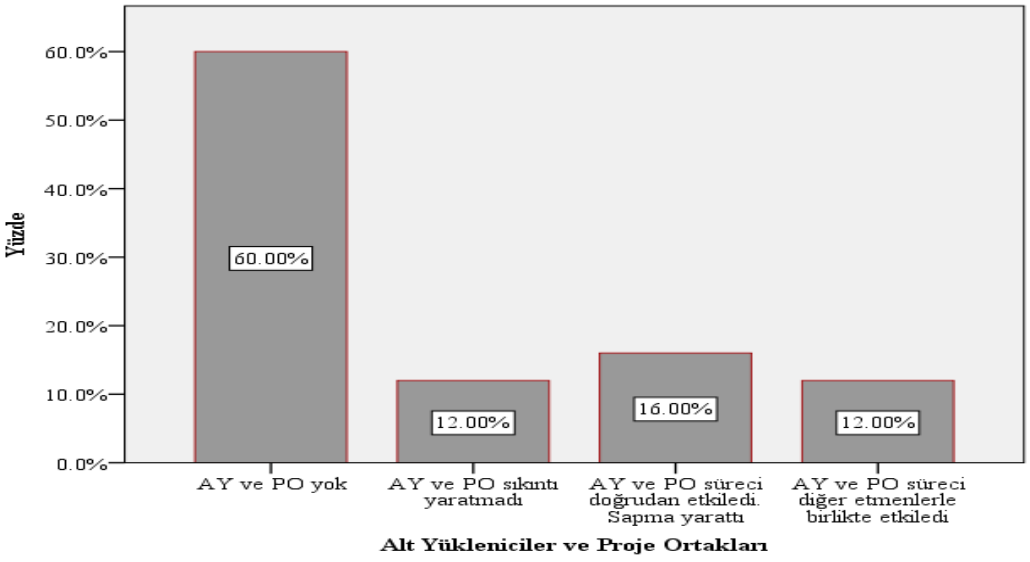
Şekil 6.11 insan kaynaklarının temininden ve süreksizliğinden kaynaklanan süre sapmalarını birlikte değerlendirir. Şekil 6.3'e göre projelerin yaklaşık %66.7'sinde bu iki etmen nedeniyle sıkıntı yaşanır. Şekil 6.3 ve Şekil 6.11'e göre projelerin yaklaşık %30.7'sinde bu sıkıntılar takvim gecikmelerine neden olur.



Şekil 6.11 : İnsan kaynakları problemlerinin etkisi.

6.3.6 Alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu problemler

Şekil 6.12'ye göre projelerin %40'ında ya proje ortağı vardır ya da ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca alt yüklenici kullanılır. Projelerin %28'inde (proje ortağı olan ya da alt yüklenici kullanan projelerin %70'inde) proje ortağından ya da alt yükleniciden gelen sıkıntılar proje süresinde sapmaya neden olur. Öte yandan, projelerin ancak %16'sında alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının etkisi tek başına hissedilir. Diğer etmenlerin etkisinden bağımsız bir şekilde geliştirme sürecini doğrudan etkiler ve projede gecikmeye neden olur. Projelerin %12'sinde ise bu etmenin etkisi diğer etmenlerin etkisiyle birlikte değerlendirilir.



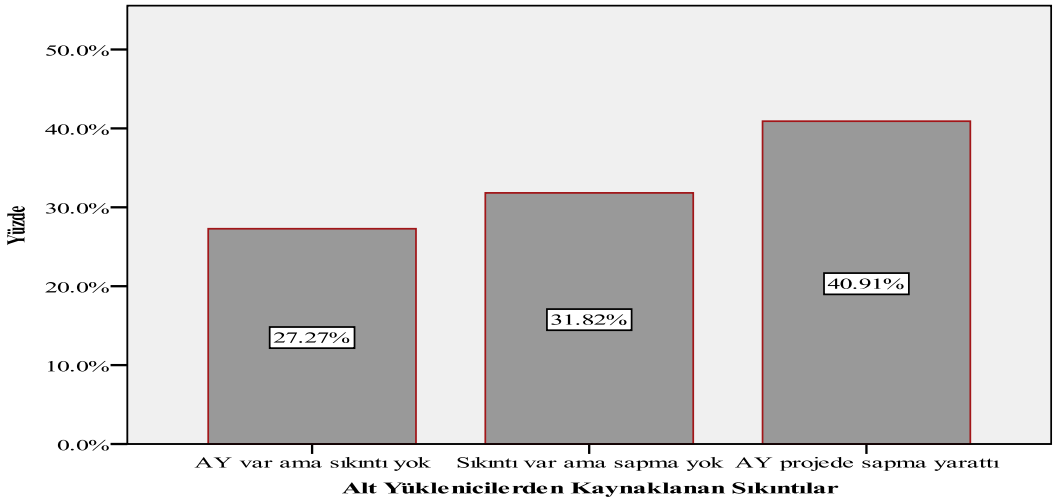
Şekil 6.12 : AY ve PO kaynaklı sıkıntılar.

Çizelge 6.3 projelerin alt yüklenici kullanımını ve proje ortaklıklarını ayrı ayrı inceler. Örneklemde alt yüklenici kullanan projelerin oranı %29.33'tür. Yine projelerin %16'sı projeyi ortaklarla birlikte yürütür. Örneklemdeki tüm projelerin %21.33'ünde alt yüklenici kullanımından ve %10.67'sinde proje ortaklarından dolayı sıkıntılar oluşmuştur. Bu sıkıntıların tüm projelerde süre sapmasına dönüşme yüzdesi, alt yüklenici kullanımı için %12 ve proje ortakları için ise %4'tür.

Çizelge 6.3 : AY ve PO etkileri.

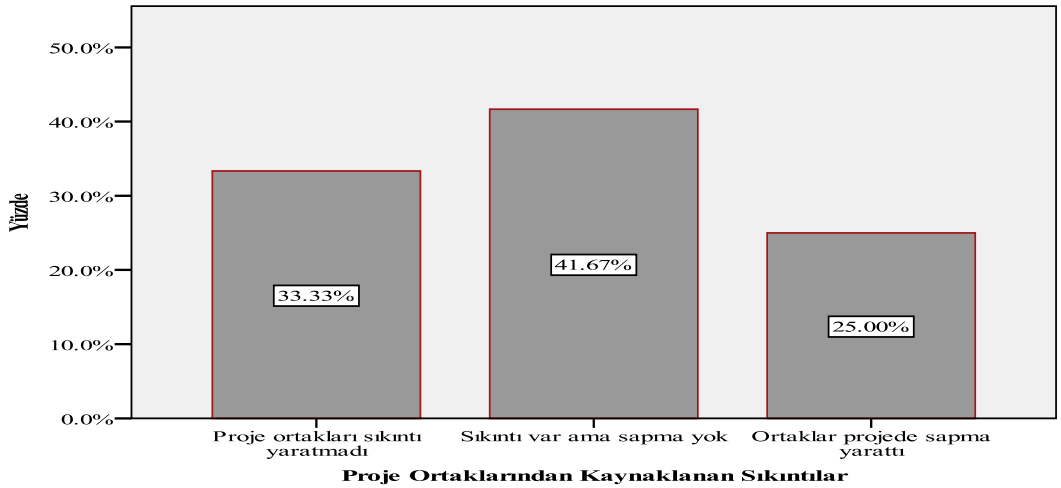
Etmen	Kullanmayan projeler	Sıkıntı yok	Sıkıntı var	
			Sapma yok	Sapma var
Alt yüklenici	%70.67	%8	%9.33	%12
Proje ortakları	%84	%5.33	%6.67	%4

Şekil 6.13 ve Şekil 6.14 alt yüklenici kullanan ve proje ortakları olan projeleri kendi içinde değerlendirir, bu etmenler nedeniyle oluşan sıkıntıların ve sapmaların oranını gösterir. Şekil 6.13'e göre, alt yüklenici kullanan projelerin %27.27'sinde alt yükleniciler geliştirme sürecinde sıkıntı yaratmaz, %31.82'sinde sıkıntı yaratsalar bile bu sıkıntılar sapmaya neden olmaz. Diğer taraftan, alt yüklenici kullanan projelerin %40.91'inde sıkıntılar süre sapmasına neden olur.



Şekil 6.13 : Alt yüklenicilerin etki durumu.

Şekil 6.14'e göre projelerin yaklaşık %33.3'ünde ortaklarla kurulan iş birliğinde bir sıkıntı oluşmaz. Öte yandan projelerin yaklaşık %66.7'sinde proje ortakları projede sıkıntı yaratır ve %25'inde bu sıkıntılar proje süresinde sapmaya neden olur.



Şekil 6.14 : Proje ortaklarının etki durumu.

6.3.7 Satın Alma faaliyetlerinden kaynaklanan sıkıntılar

Bilişim projelerinin %80'i satın alma faaliyeti ile uğraşmakta, %38.7'si satın almayla ilgili bir problem yaşamadan süreci tamamlamaktadır. Geri kalan %41.3 ise teslimatın geç teslim edilmesi nedeniyle sıkıntı yaşar. Çizelge 6.4 teslimat zamanlarındaki gecikmelerin dağılımını gösterir. Buna göre, teslimattaki gecikmelerin ortalaması yaklaşık iki aydır. Yine bu gecikme nedeniyle projelerin %24'ü planlanan proje süresinden sapar.

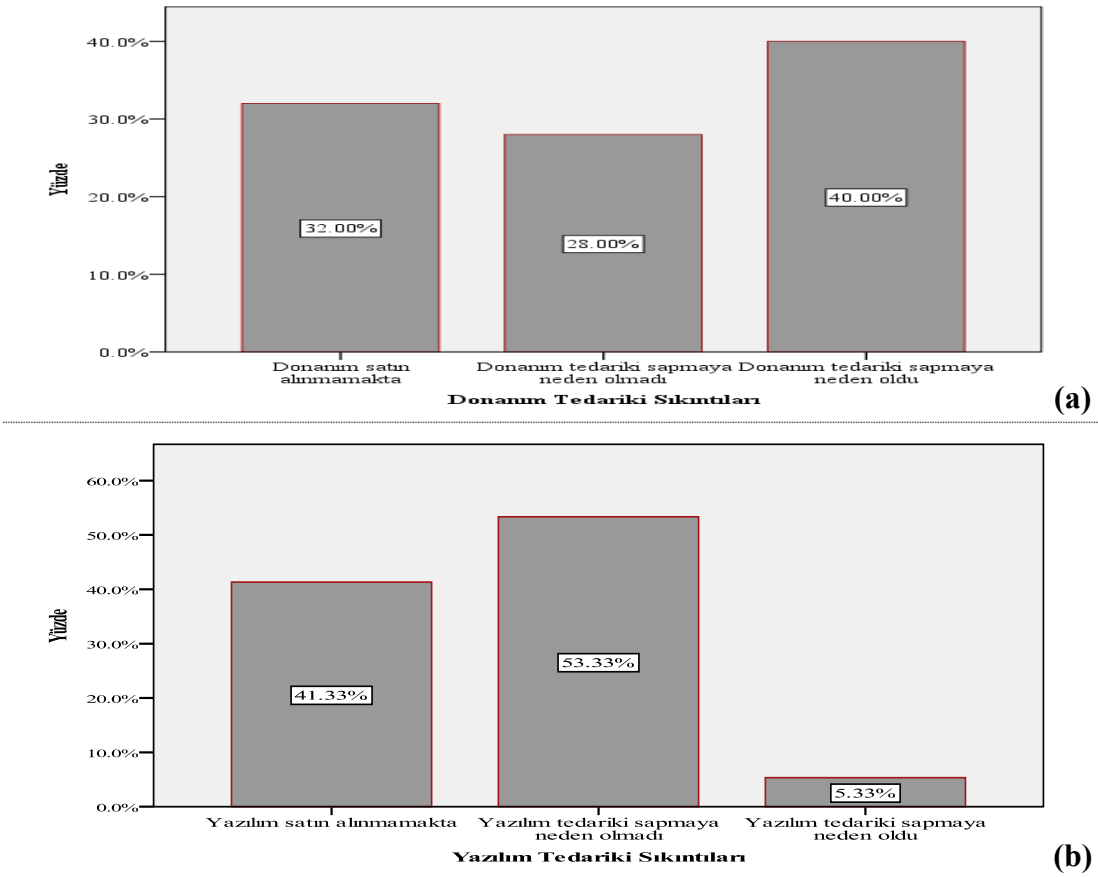
Çizelge 6.4 : Teslimat sürelerindeki gecikmeler (n=31).

Ortalama		2.1
Ortanca		2.0
Sıklık		3.0
Yüzdeler	25	1.0
	50	2.0
	75	3.0

Şekil 6.15 donanım ve yazılım tedarikindeki sıkıntıları ve sapmaları gösterir. Şekil 6.15a donanım tedariki ve Şekil 6.15b yazılım tedariki sıkıntılarını verir. Örneklemdeki projelerin %68'si donanım ve %58.7'si yazılım satın alma faaliyetiyle uğraşır. Yine projelerin %40'ında donanım ve %5.3'ünde yazılım satın alma faaliyetleri nedeniyle proje süreleri uzar.

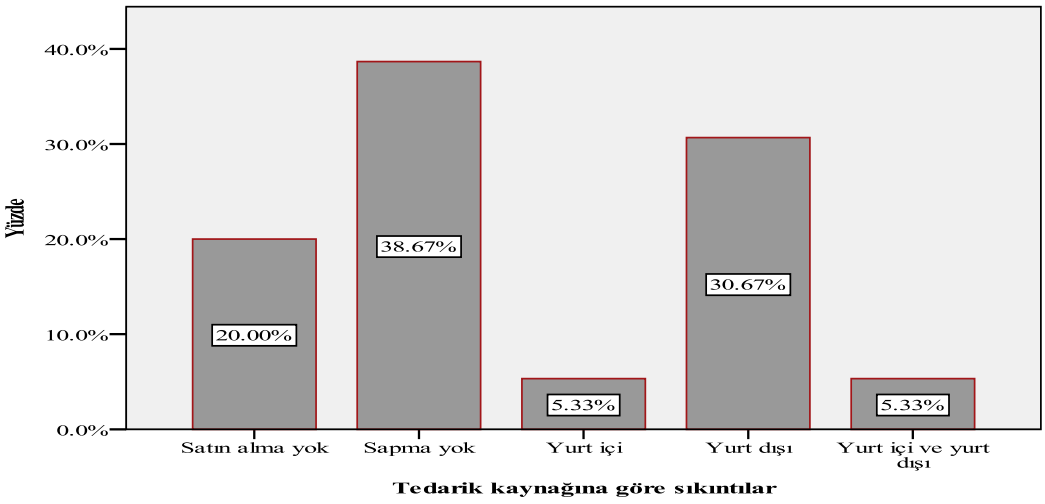
Şekil 6.16 tedarik kaynağına göre satın alma sıkıntılarını gösterir. Projelerin %36'sında (sıkıntı yaşayan projelerin %74.2'sinde) yurt dışından, %5.3'ünde yurt

dışı ve yurt içinden ve %5.3'ünde ise sadece yurt içinden temin edilen ürünler nedeniyle proje süreleri uzar.



Şekil 6.15: Ürün tedarikinde yaşanan sıkıntılar (a) donanım (b) yazılım.

Özet olarak, satın alma faaliyetleriyle uğraşan ve bu nedenle sıkıntı yaşayan projelerin çoğunda yurt dışından temin edilen donanım ürünleri nedeniyle proje sürelerinde sapma oluşur.



Şekil 6.16 : Tedarik kaynağına göre satın alma sıkıntıları.

6.4 Proje Performansı

Bu çalışmada projelerin planlanan proje süresinden ve iş gücünden sapma değerleri ya da durumları proje performansını oluşturur.

6.4.1 Proje süre sapması

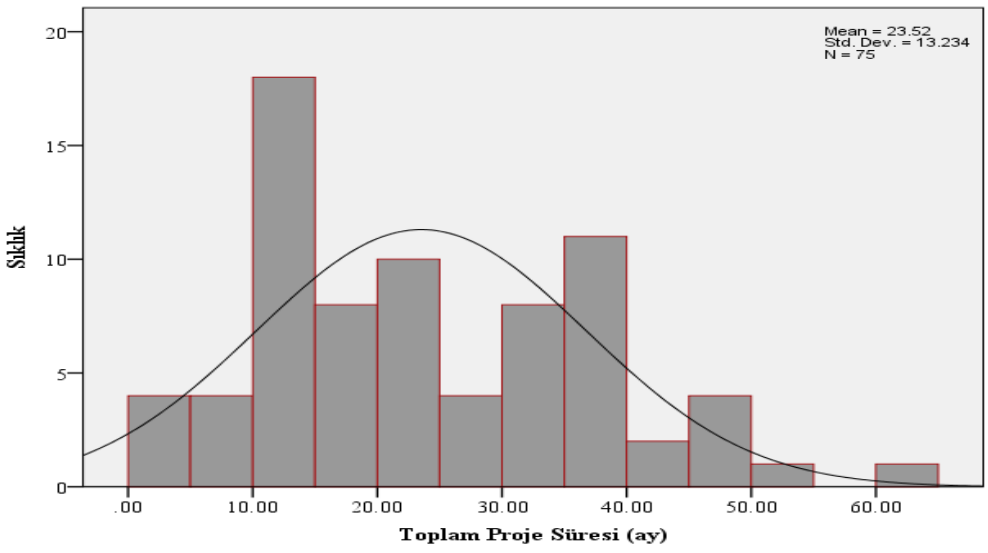
Bu bölümde örneklemdeki projelerin gerçekleşen proje süreleri ve planlanan süreden sapma değerleri birlikte incelenir. Biten projelerin toplam proje süre değerleri Çizelge 6.5'te özetlenmiştir.

Çizelge 6.5 : Proje süreleri (n=75).

Ortalama	23.523
Ortanca	22.60
Sıklık	12.00[a]
Çarpıklık	0.499
Çarpıklığın Std. Hatası	0.277
Basıklık	-0.468
Basıklıklığın Std. Hatası	0.548

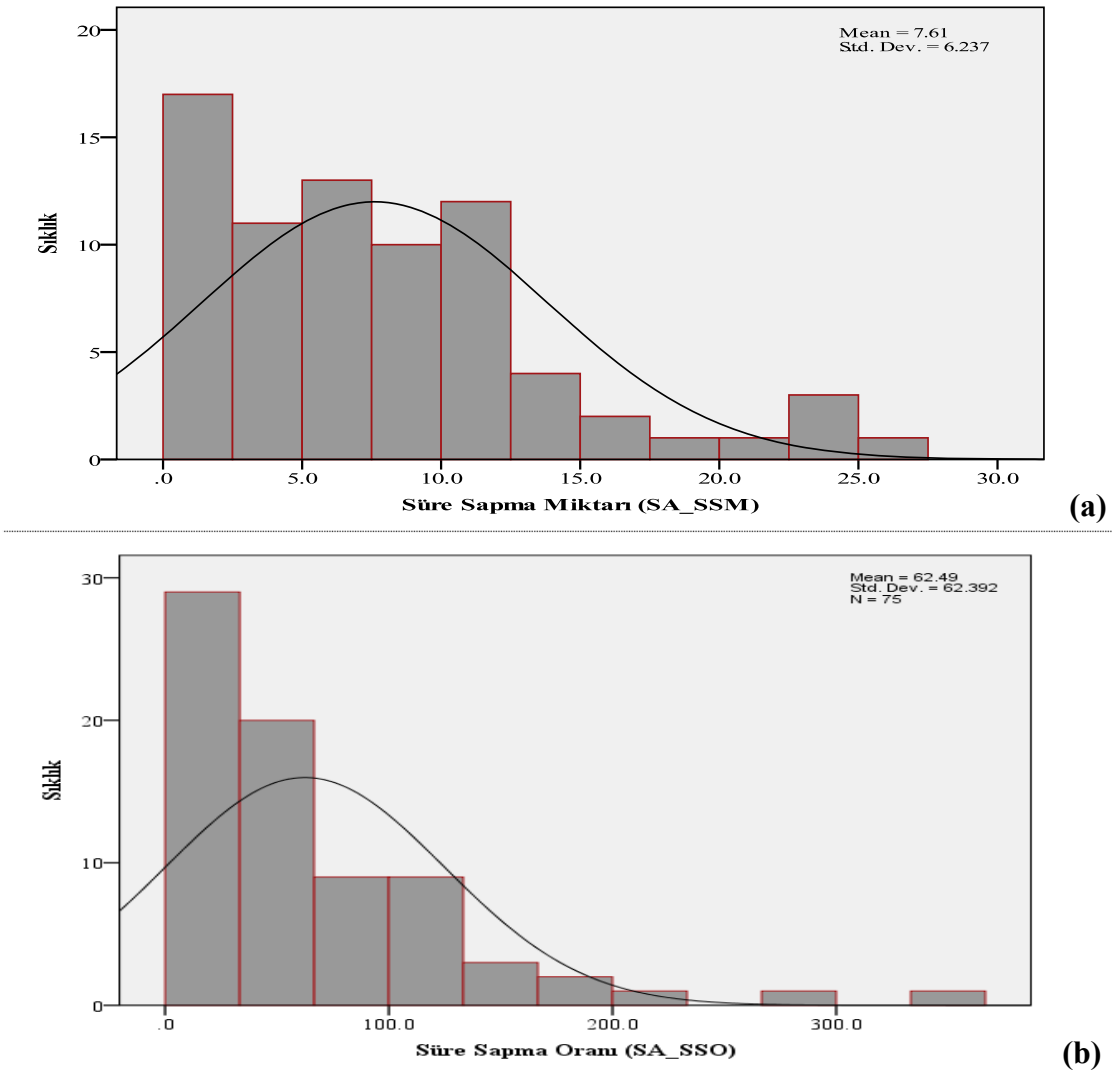
a. Birden fazla sıklık değeri mevcut.

Buna göre örneklemdeki projelerin gerçekleşen proje süreleri ortalaması 23.5 ay ve bunların ortanca değeri ise 22.6 aydır. Şekil 6.17 proje sürelerinin dağılımını gösterir. Çizelge 6.5'teki ortalama, ortanca, çarpıklık ve basıklık değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde bu dağılımın normal olmadığı ama normale yaklaştığı söylenebilir. Yürütülen normallik sınamasında anlamlılık 0.018 olarak bulunmuştur.



Şekil 6.17 : Proje sürelerinin dağılımı.

Projelerdeki toplam süre sapmalarının dağılımı Şekil 6.18'de verilmiştir. Şekil 6.18a süre sapma miktarlarının ve Şekil 6.18b ise süre sapma oranlarının dağılımını gösterir. Bu iki değişken normal dağılmamakta, sağa doğru çarpık bir dağılım sergilemektedir.



Şekil 6.18 : Süre sapma değerlerinin dağılımı (a) miktar (b) oran.

Çizelge 6.6 süre sapma değerlerinin ayrıntılı istatistik tablosunu verir. Buna göre, projelerdeki süre sapma miktarının ortalaması 7.6 ay; ortanca, alt ve üst dörde bölenler değerleri ise sırasıyla 7, 2.5 ve 12 aydır. Yine projelerdeki süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %62.5, ortanca değeri %50, alt ve üst dörde bölenleri ise sırasıyla %25 ve %80.6'dır.

Projelerin yaklaşık %15'inde gecikme olmaz. Öte yandan örneklemde çok yüksek miktarda ya da oranda planlanan süreden sapan projeler de mevcuttur. Projelerin yaklaşık %22.7'sinde süre sapma oranları %100 ve üzerindedir.

Çizelge 6.6 : Sapma değerlerinin ayrıntılı istatistik tablosu.

		SA_SSM	SA_SSO
Ortalama		7.609	62.492
Ortanca		7.0	50.0
Std. Sapma		6.2374	62.3919
Varyans		38.905	3892.746
Çarpıklık		0.942	2.124
Çarpıklığın Std. Hatası		0.277	0.277
Basıklık		0.678	6.324
Basıklıklığın Std. Hatası		0.548	0.548
Aralık		25.0	350.0
Minimum		0	0
Maksimum		25.0	350.0
Yüzdeler	25	2.50	25.0
	50	7.0	50.0
	75	12.0	80.556

Normal dağılım sergilemeyen bu iki değişkende dağılımdaki çarpıklık sapma değerleri sıfır olan projelerden gelir. Bu projeler veri kümelerinden çıkarıldığında süre sapma miktarı değişkeninin dağılımı normale yaklaşır. Kolmogorov-Smirnov sınama sonucundaki anlamlılık düzeyi 0.05 gibi sınırda bir değer olur. Shapiro-Wilk sınamasının anlamlılık düzeyi hala sıfırdır.

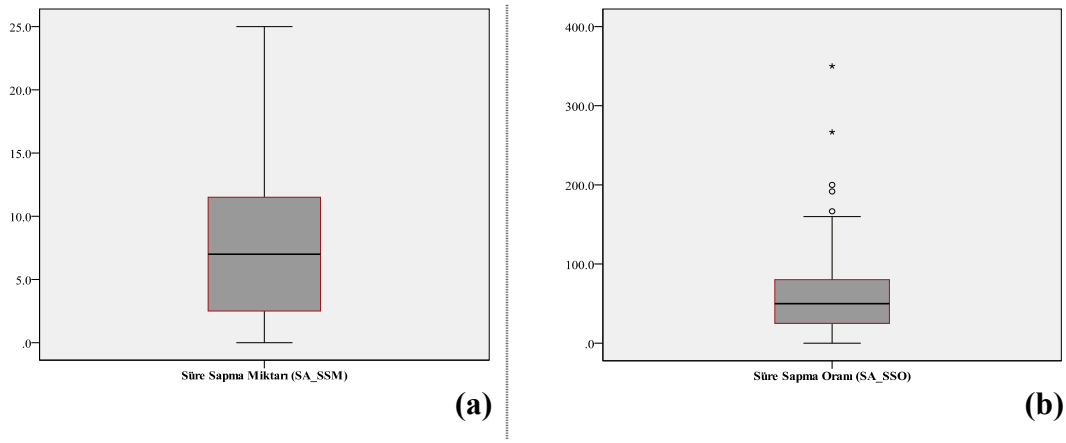
Çizelge 6.7 azaltılmış süre sapma miktarlarının ve oranlarının normallik sınaması sonucunu gösterir. Yine aynı tabloda proje sürelerinin normallik sınama sonucu da verilmiştir.

Çizelge 6.7 : Sapma değerlerinin normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Proje süresi	0.114	75	0.018	0.959	75	0.015
SA_SSM	0.111	64	**0.050**	0.911	64	0
SA_SSO	0.176	64	0	0.781	64	0

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

Şekil 6.19 süre sapma değerlerinin kutu gösterimini verir. Şekil 6.19a süre sapma miktarlarını ve Şekil 6.19b süre sapma oranlarını gösterir. Süre sapma oranlarındaki uç değerler, nispeten kısa sürede gerçekleşeceği planlanan projelerdeki aşırı sapmalardır. Şekil 6.19b ve Çizelge 6.6 örneklemde planlanan süreden %200'ün üzerinde sapan projelerin varlığını gösterir.



Şekil 6.19 : Sapma değerlerinin kutu gösterimi (a) miktar (b) oran.

Toplam proje süresi değişkenine $\sqrt{y}$ dönüşümü uygulanmış ve bu değişkenin normal dağılım sergilediği görülmüştür. Sapma miktarları ve sapma oranları değişkenlerinden önce süre sapma değeri sıfır olan örnekler çıkarılmış, daha sonra da bu iki değişken dönüşüm fonksiyonlarıyla normalleştirilmiştir. Bu iki değişkene $\sqrt{y}$ dönüşümü uygulandığında sonuçlarda ciddi bir iyileşme görülür.

Toplam proje süresine, süre sapma miktarlarına ve süre sapma oranlarına uygulanan dönüşüm fonksiyonları sırasıyla Formül 6.1, Formül 6.2 ve Formül 6.3'te verilmiştir. Dönüşüme uğrayan toplam proje süresi D_Süre(ay), süre sapma miktarları D_SapmaMiktarı(ay) ve süre sapma oranları ise D_SapmaOranı(%) değişkenleriyle gösterilir.

$$D_Süre(ay) = \sqrt{SüreGerçek} \tag{6.1}$$

$$D_SapmaMiktar(ay) = \sqrt{SA_SSM} \tag{6.2}$$

$$D_SapmaOranı(\%) = \sqrt{SA_SSO} \tag{6.3}$$

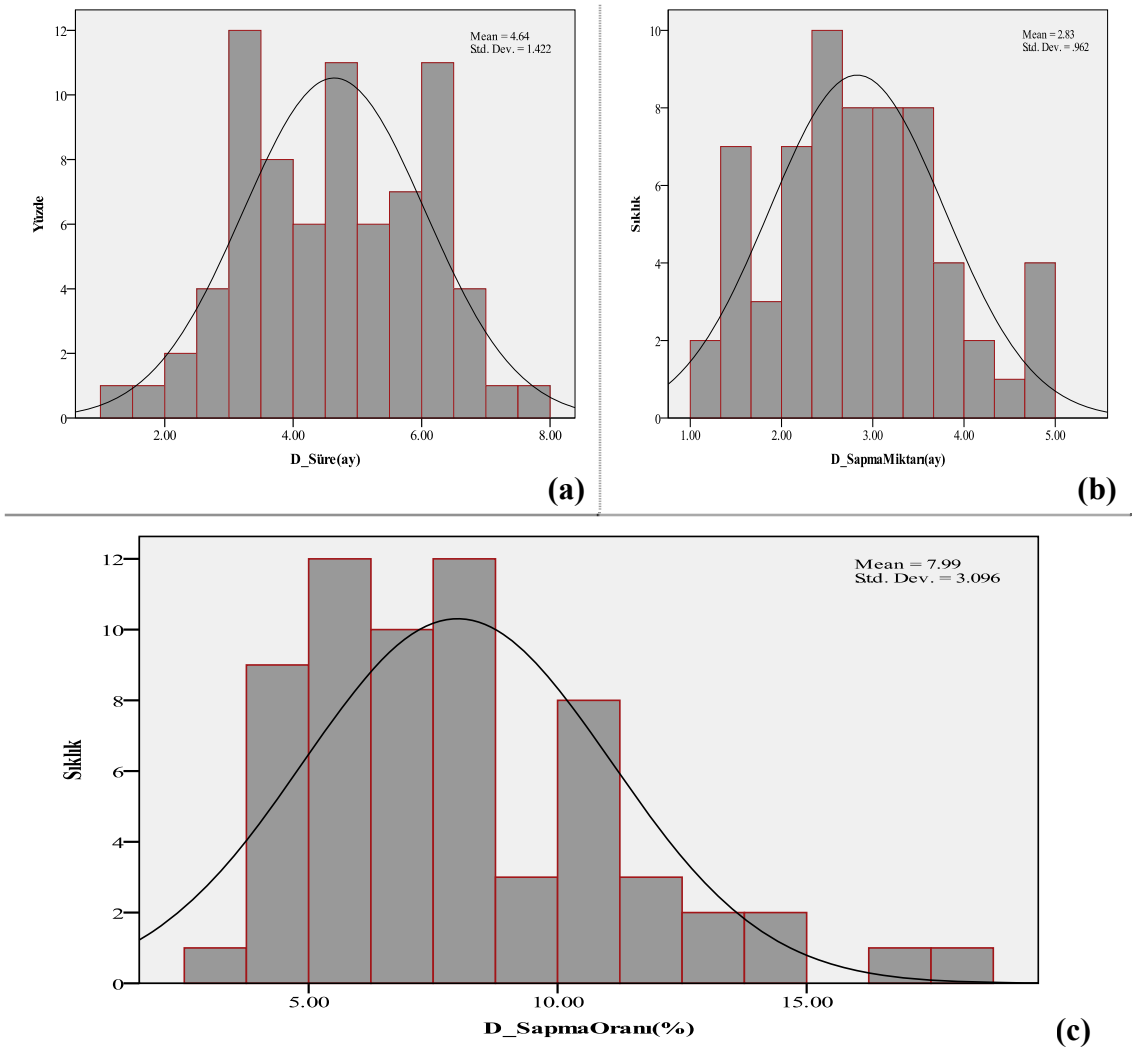
Çizelge 6.8, dönüşüm fonksiyonu uygulanan değişkenlerin normallik sınaması sonuçlarını verir. Kolmogorov-Smirnov sınaması her üç değişken için $p>0.05$ koşulunu sağlar. Shapiro-Wilk sınamasında sadece süre sapma oranlarının anlamlılığı %5'ten küçük bulunmuştur. Bu çalışmada Kolmogorov-Smirnov sınama sonucu dikkate alınır. Analiz sonuçları dönüşüme uğrayan toplam proje süresinin ve süre sapma miktarlarının normal dağıldığını, süre sapma oranlarının ise normale yakın bir dağılım sergilediğini gösterir.

Çizelge 6.8 : Dönüştürülmüş süre sapma değerlerinin normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
D_Süre(ay)	0.083	75	0.200*	0.982	75	0.343
D_SapmaMiktarı(ay)	0.067	64	**0.200**	0.978	64	0.302
D_SapmaOranı(%)	0.102	64	**0.098**	0.929	64	0.001

a. Lilliefors anlamlılık düzeltmesi

Şekil 6.20 dönüştürülmüş toplam proje süresinin, süre sapma miktarının ve süre sapma oranının dağılımlarını verir.



Şekil 6.20 : Dönüştürülmüş süre değerleri (a) toplam proje süresi (b) sapma miktarı (c) sapma oranı.

Süre sapma veri kümeleri normalleştirilirken sapma değeri sıfır olan projeler örneklemden çıkarılmıştır. Bu, veri kümesinin yaklaşık %15 küçülmesi anlamına gelir. Yeni oluşturan veri kümesi sapma olmayan projeleri içermez. Bu veri kümesi

kullanılarak oluşturulan bir kestirim modeli sadece sapmaları tespit eder, sapma olmama durumlarıyla ilgilenmez.

Bu iki değişkenin ayrıntılı istatistik sonuçları Çizelge 6.9'da verilmiştir. Çizelgedeki ortalama ve ortanca değerleri yorumlanmadan önce bunlara ters dönüşüm fonksiyonu uygulanmalıdır. Buna göre geciken projelerin ortalama süre sapma değerleri hesaplanırken Çizelge 6.9'daki değerlerlerin karesi alınır. Yapılan hesaplamalar geciken projelerin ortalama sekiz ay ya da %63.8 oranında planlanan süreden saptığını gösterir. Yine dönüştürülmüş toplam proje süre değişkenine göre örneklemdeki projelerin ortalama süresi 21.5 aydır.

Çizelge 6.9 : Dönüştürülmüş değerlerin ayrıntılı istatistik tablosu.

	D_Süre(ay)	D_SapmaMiktarı(ay)	D_SapmaOranı(%)
N	75	64	64
Ortalama	4.6399	2.8295	**7.9872**
Ortanca	4.7539	2.8284	**7.5553**
Sıklık	3.46	3.46	10.00
Std. Sapma	1.42151	0.96212	3.09635
Varyans	2.021	0.926	9.587
Çarpıklık	-0.079	0.286	1.107
Çarpıklığın Std. Hatası	0.277	0.299	0.299
Basıklık	-0.667	-0.256	1.646
Basıklıklığın Std. Hatası	0.548	0.590	0.590
Minimum	1.41	1.00	2.50
Maksimum	7.75	5.00	18.71
Yüzdeler 25	3.4641	2.1272	5.4867
50	4.7539	2.8284	7.5553
75	5.9161	3.4641	10.00

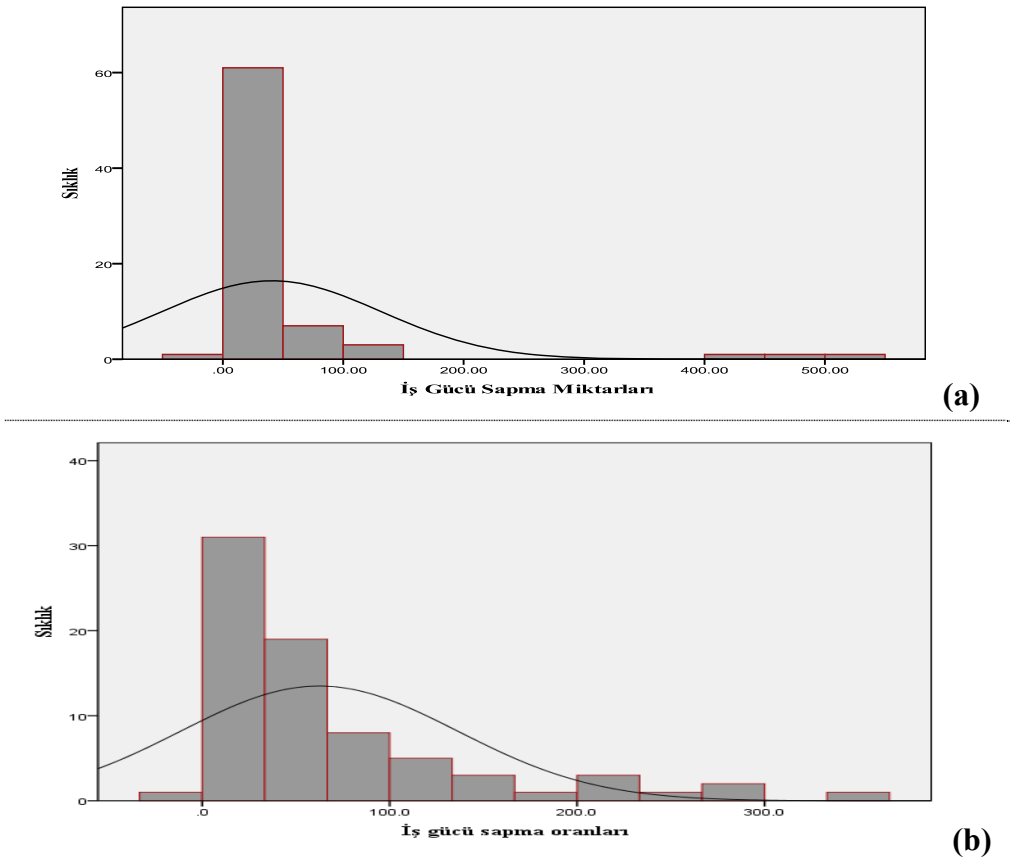
6.4.2 Toplam proje iş gücü sapması

Bu bölümde projelerdeki toplam iş gücü, iş gücü sapma miktarları ve iş gücü sapma oranları incelenir. Çizelge 6.10 projelerdeki toplam iş gücünün ortalama, ortanca, çarpıklık ve basıklık değerlerini verir. Buna göre örneklemdeki projelerin iş gücü değerlerinin ortalaması 159.5 adam-ay'dır. Bu değişkenin ortanca değeri ise 72 adam-ay'dır. Çarpıklık ve basıklık değerleri oldukça yüksektir. Kolmogorov-Smirnovsınama sonuçları bu değişkenin normal dağılmadığını gösterir (Kolmogorov-Smirnov, n=75, p=0).

Çizelge 6.10 : Projelerdeki toplam iş gücü (n=75).

Ortalama	159.51
Ortanca	72.00
Std. Sapma	345.51
Varyans	119378.9
Çarpıklık	6.164
Çarpıklığın Std. Hatası	0.277
Basıklık	44.528
Basıklıklığın Std. Hatası	0.548

Projelerdeki toplam iş gücü sapmalarının dağılımı Şekil 6.21'de verilmiştir. Şekil 6.21a iş gücü sapma miktarlarının ve Şekil 6.21b ise iş gücü sapma oranlarının dağılımını gösterir. Bu iki değişken, süre sapma değerlerinde olduğu gibi, normal dağılmamakta, sağa doğru çarpık bir dağılım sergilemektedir. Kolmogorov-Smirnova sınama sonuçlarında anlamlılık değerleri sıfır olarak bulunmuştur.



Şekil 6.21 : İş gücü sapmaları (a) sapma miktarı (b) sapma oranı.

Çizelge 6.11'de verilen ayrıntılı istatistik tablosuna göre, projelerdeki iş gücü sapma miktarının ortalaması 40.6 adam-ay; ortanca, alt ve üst dördebölenler değerleri ise sırasıyla 12.4 ve 35 adam-ay'dır. Projelerin yaklaşık %17.3'ünde planlanan iş gücünde sapma olmaz. Diğer taraftan, projelerdeki iş gücü sapma oranlarının

ortalaması %62.6, ortanca değeri %37.5, alt ve üst dördebölenleri ise sırasıyla %9.2 ve %79.7'dir. Projelerin yaklaşık %21.3'ünde iş gücü sapma oranları %100 ve üzerindedir.

Çizelge 6.11 : İş gücü sapmaları ayrıntılı istatistik tablosu.

		SA_İSM	SA_İSO
Ortalama		40.6246	62.582
Ortanca		12.00	37.50
Sıklık		0	0
Std. Sapma		91.15862	73.7716
Varyans		8309.895	5442.248
Çarpıklık		4.135	1.917
Çarpıklığın Std. Hatası		0.277	0.277
Basıklık		17.461	3.761
Basıklıklığın Std. Hatası		0.548	0.548
Yüzdeler	25	4.00	9.211
	50	12.00	37.50
	75	35.00	79.687

İş gücü ve iş gücü sapma değişkenlerine uygulanan dönüşüm fonksiyonlarında en iyi normallik sınamasını logaritmik fonksiyonlar verir. Toplam iş gücü değerlerine uygulanan dönüşüm fonksiyonu Formül 6.4'te; iş gücü sapma miktarlarına ve iş gücü sapma oranlarına uygulanan fonksiyonlar ise sırasıyla Formül 6.5 ve Formül 6.6'da verilmiştir. Bu üç değişkene doğal logaritma fonksiyonu uygulanmıştır. Dönüşüme uğrayan iş gücü değerleri, iş gücü sapma miktarları ve iş gücü sapma oranları sırasıyla D_İşgücü, D_İSM ve D_İSO değişkenleriyle gösterilir. İş gücü sapma değerlerine uygulanan logaritmik fonksiyonlar sapma değeri sıfır olan örnekleri dışarıda bıraktığından örneklem büyüklüğü %13.3 oranında azalır.

$$D_İşgücü = ln\ İşgücüGerçek \quad \textbf{(6.4)}$$

$$D_İSM = ln\ SA_İSM \quad \textbf{(6.5)}$$

$$D_İSO = ln\ SA_İSO \quad \textbf{(6.6)}$$

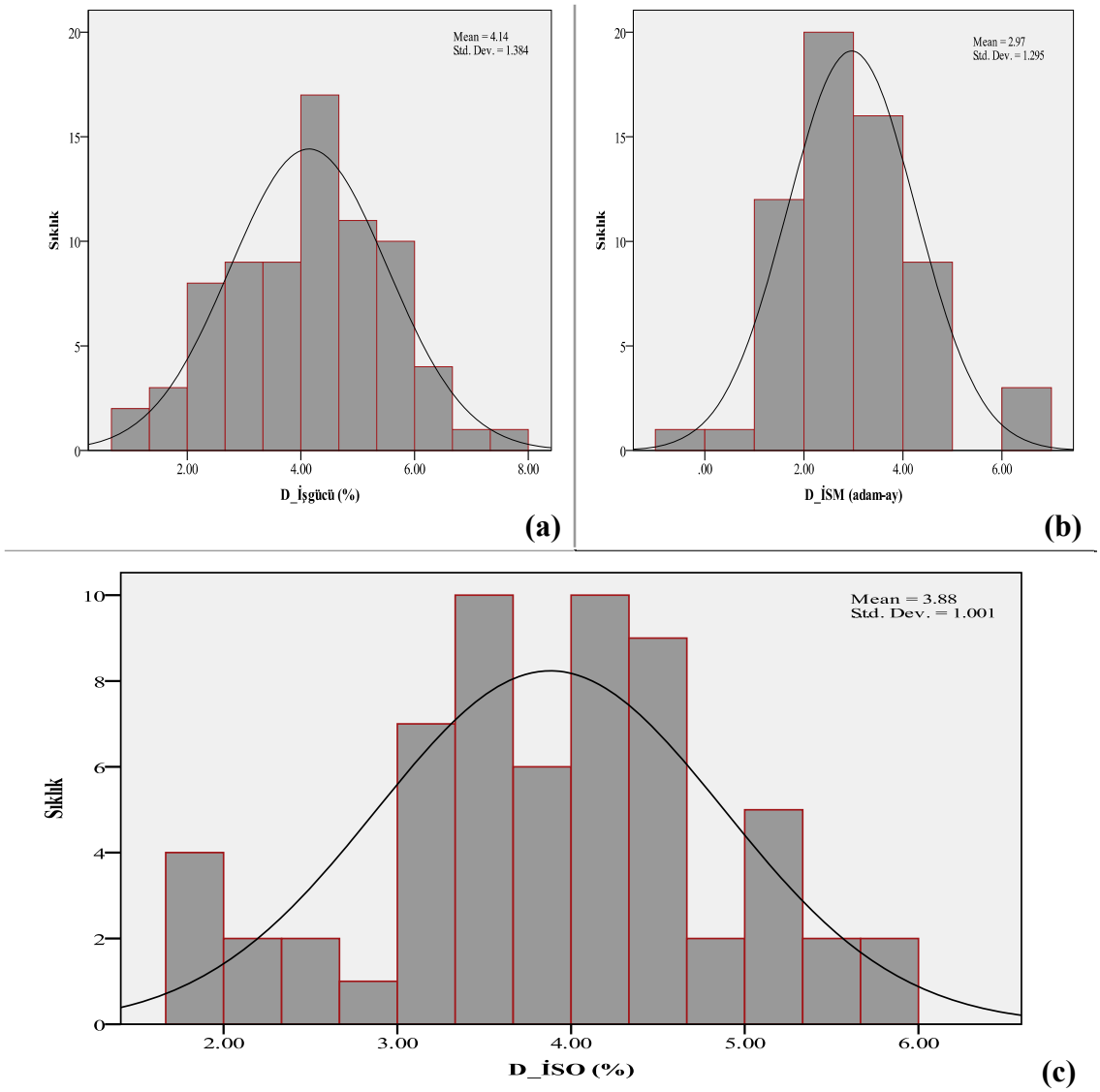
Bu üç değişkene uygulanan normallik sınaması sonuçları Çizelge 6.12'de verilmiştir. Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk sınama sonuçlarındaki anlamlılık değerleri %5'ten çok büyüktür. Buna göre projelerdeki dönüştürülmüş iş gücü ve iş gücü sapma değerleri normal dağılım sergiler.

Çizelge 6.12 : Dönüştürülmüş iş gücü değerlerinin normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
D_İşgücü	0.069	75	0.200*	0.993	75	0.946
D_İSM	0.061	62	0.200*	0.980	62	0.395
D_İSO	0.058	62	0.200*	0.977	62	0.290

a. Lilliefors anlamlılık düzeltmesi

Şekil 6.22 dönüştürülmüş iş gücü ve iş gücü sapma değerlerinin dağılımını verir. Dönüştürülmüş toplam iş gücü değerleri Şekil 6.22a'da, dönüştürülmüş iş gücü sapma miktarları Şekil 6.22b'de ve dönüştürülmüş iş gücü sapma oranları ise Şekil 6.22c'de gösterilir.



Şekil 6.22 : Dönüştürülmüş iş gücü değerlerinin dağılımı (a) iş gücü (b) sapma miktarı (c) sapma oranı.

Bu üç değişkenin ayrıntılı istatistik sonuçları Çizelge 6.13'te verilmiştir. Çizelgedeki ortalama ve ortanca değerlerine ters dönüşüm fonksiyonu (üstel fonksiyon) uygulanmalıdır. Buna göre örneklemdeki projelerin toplam iş gücü değerlerinin ortalaması yaklaşık 62.9 adam-ay, iş gücü sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 19.4 adam-ay ve iş gücü sapma oranlarının ortalaması ise yaklaşık %48.5 olarak hesaplanır.

Çizelge 6.13 : Dönüştürülmüş iş gücü değerlerinin istatistik tablosu.

		D_İşgücü	D_İSM	D_İSO
N		75	62	62
Ortalama		4.1413	2.9652	3.8806
Ortanca		4.2767	2.9014	3.9276
Std. Sapma		1.38375	1.29481	1.00091
Varyans		1.915	1.677	1.002
Çarpıklık		-0.055	0.341	-0.223
Çarpıklığın Std. Hatası		0.277	0.304	0.304
Basıklık		-0.020	0.456	-0.359
Basıklıklığın Std. Hatası		0.548	0.599	0.599
Yüzdeler	25	3.1781	2.1678	3.2989
	50	4.2767	2.9014	3.9276
	75	5.2470	3.7711	4.6052

6.5 Temel Bozucu Etmenler ve Etkileri

Temel bozucu etmenler tetiklendikleri durumda içinde bulundukları aşamayı durdurarak ya da geciktirerek projenin planlanan süreden sapmasına neden olur. Proje yöneticileri ve proje ekibiyle yürütülen çalışmalarda proje süresinde hesaplanabilir gecikme yaratan etmenler sekiz ana başlık altında toplanmıştır. Bu sekiz etmen sınıfının etkileri proje yöneticileri ya da proje çalışanlarıyla çalışmalar esnasında proje planları dikkate alınarak çıkarılmıştır. Yazılım temelli projelerde gereksinimlerin doğru, eksiksiz ve zamanında analiz edilememesi, projenin ilerleyen aşamalarında yeni gereksinimlerin gelmesi ve teknik özelliklerin zamanında yerine getirilememesi nedeniyle oluşan gecikmeler proje yönetim planlarından kolaylıkla hesaplanır. Projelerde satın alma, alt yükleniciler ve proje ortakları gibi dışa bağımlılıkların olması ve bunların iyi yönetilememesi geliştirme sürecinde beklenmeyen gecikmelerin ya da duraksamaların oluşmasına neden olur. Projenin en önemli paydaşı olan müşterilerin kendilerinden beklenen sorumlulukları zamanında yerine getirememesi süreci sıkıntıya sokan diğer bir unsurdur. Yine insan

kaynaklarının temininde ve sürekliliğinde yaşanan sıkıntılar önce ilgili alt süreç faaliyetinde ve daha sonra da tüm projede görünür bir sapma yaratır. Tüm bu bozucu etmenlerin etkisi proje planlarının ve oluşan takvim gecikmelerinin proje çalışanlarıyla birlikte gözden geçirilmesiyle ortaya çıkarılmıştır.

Bu bölümde projede doğrudan gecikmeye neden olan etmenler ele alınmakta, bu etmenlerin neden olduğu süre sapmalarının dağılımı incelenmektedir. Çalışmada alt yüklenicilerle çalışan ya da proje ortağı olan projelere sık rastlanmaz. Bu nedenle bu iki etmen tek bir başlık altında toplanır. Buna göre yedi temel etmenin etkisi iki aşamada incelenir.

- Önce süre sapmalarının dağılımları tüm örneklemde incelenir, bunların oluşma sıklığı da göz önünde bulundurularak etkilerinin ne olabileceği değerlendirilir.
- Daha sonra her bir etmenin tetiklenme durumuna göre toplam proje süresi üzerindeki etkileri incelenir. Burada tüm örneklemle ilgilenilmez, sadece bu etmenden etkilenen projeler değerlendirmeye alınır.

6.5.1 Gereksinimlerin anlaşılamaması (GA) ve etkileri

Tüm örneklemde gereksinimlerin zamanında, tam ve doğru bir şekilde anlaşılamaması nedeniyle oluşan gecikmeler normal dağılmamakta, sağa doğru aşırı çarpık bir dağılım sergilemektedir. GA sapma miktarları ve GA sapma oranları için yürütülen Kolmogorov-Smirnov sınamasında anlamlılık değeri sıfırdır.

Çizelge 6.14, GA etmeninin neden olduğu süre sapmalarının ayrıntılı istatistik değerlerini verir. Tüm örneklemde bu etmenin neden olduğu süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 1.93 aydır. Ortanca, üst dördebölenler ve maksimum değerleri ise sırasıyla yaklaşık 0.8, 3.2 ve 11 aydır. Aynı etmenin sapma oranları incelendiğinde ortalama değerin %16.92, ortanca değerin %5.56, alt ve üst dördebölenlerin sırasıyla sıfır ve %25 ve maksimum değerin ise %125 olduğu görülür.

Bu çalışmada GA bozucu etmeninin tetiklenme ve sapma yaratma durumu ele alınmakta, yarattığı sıkıntının şiddeti ölçülmektedir. Diğer bir deyişle, GA nedeniyle geciken projelerde, örneklemin %50.7'sinde, sadece bu etmen nedeniyle oluşan sapmaların dağılımı incelenir. Çizelge 6.14'e göre bu etmenin projelerde etkili

olması durumunda, proje sürelerinde ortalama 3.8 aylık bir gecikme yaşanır. Bu sapmanın ortanca değeri 3.1, alt ve üst dördebölenler değeri sırasıyla iki ve beş ay, maksimum değeri ise on bir aydır.

Süre sapma oranları incelendiğinde bu etmenin neden olduğu sapma oranlarının ortalamasının yaklaşık %33.4 ve ortanca değerinin ise %25 olduğu görülür. Bu etmen için süre sapma oranlarının alt ve üst dördebölenleri sırasıyla %13.6 ve %46.8'dir. Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle proje süreleri en fazla %125 oranında sapar.

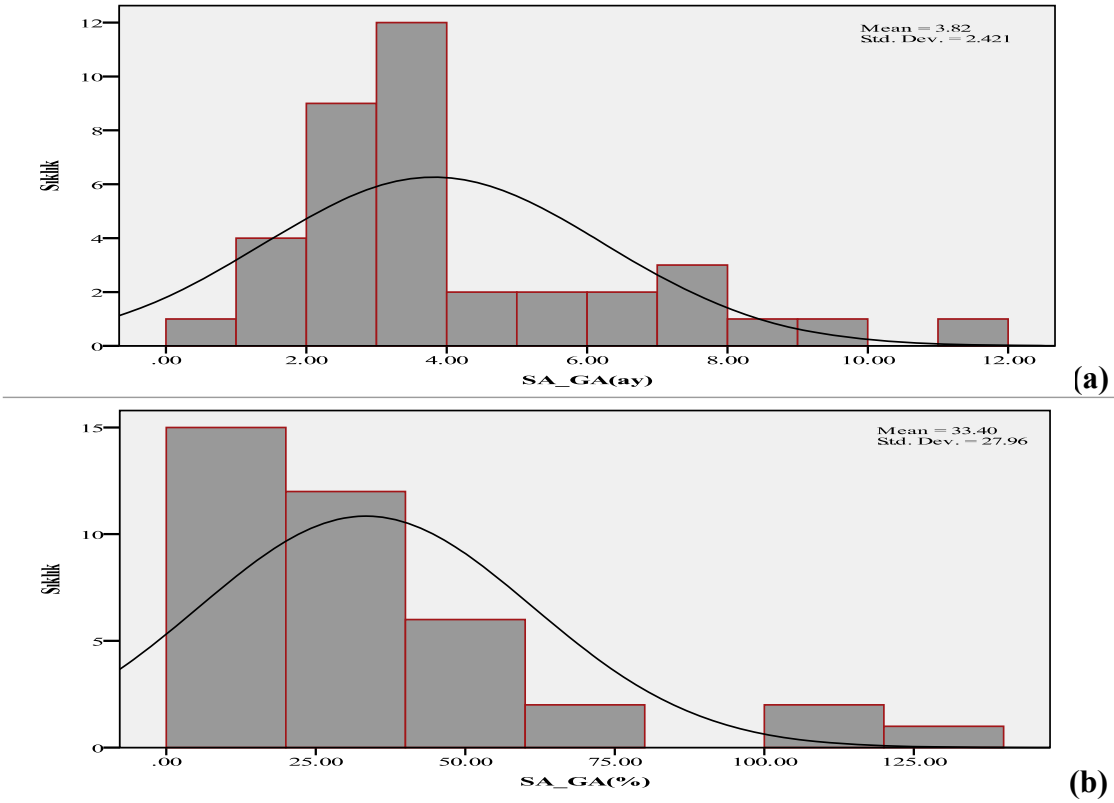
Çizelge 6.14 : GA etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu.

		Tüm örneklemde (N=75)		Sapma durumunda (N=38)	
		SA_GA(ay)	SA_GA(%)	SA_GA(ay)	SA_GA(%)
Ortalama		1.93	16.92	3.82	33.39
Ortanca		0.80	5.56	3.10	25.00
Sıklık		0	0	2.0	16.67
Std. Sapma		2.573	25.951	2.421	27.959
Varyans		6.623	673.459	5.859	781.752
Çarpıklık		1.470	2.159	1.193	1.694
Çarpıklığın Std. Hatası		0.277	0.277	0.383	0.383
Basıklık		1.799	5.105	1.055	2.787
Basıklıklığın Std. Hatası		0.548	0.548	0.750	0.750
Minimum		0	0	0.80	5.56
Maksimum		11.00	125.00	11.00	125.00
Yüzdeler	25	0	0	2.00	13.645
	50	0.80	5.56	3.10	25.00
	75	3.20	25.00	5.00	46.86

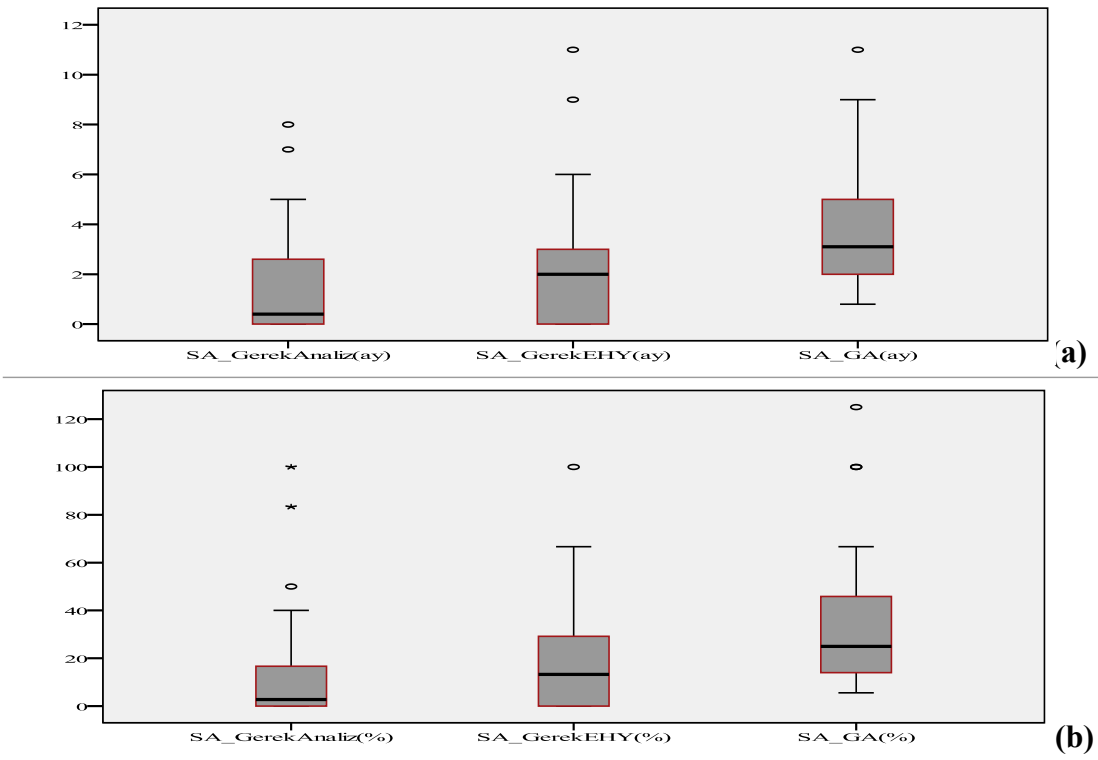
Şekil 6.23 GA etmeninin tetiklenme durumunda bu etmen nedeniyle oluşan sapmaların dağılımını gösterir. Şekil 6.23a süre sapma miktarlarının ve Şekil 6.23b ise sapma oranlarının dağılımını verir. Yürütülen Kolmogorov-Smirnov sınamaları anlamlılık değerini sıfır verir. Tüm örneklemde olduğu gibi GA etmeninin tetiklendiği durumda da süre sapma miktarı ve süre sapma oranı değişkenleri normal dağılım sergilemez.

GA değişkeni iki temel değişkenin toplanmasıyla türetilir: Gereksinimlerin analizi esnasında ortaya çıkan sapmalar ve gereksinimlerin eksik ya da hatalı yorumlanmasından kaynaklanan sapmalar. Şekil 6.24 GA etmeninin sapma oluşturduğu durumda, bu üç değişkenin sapma miktarlarının ve sapma oranlarının kutu gösterimlerini verir. Şekil 6.24a sapma miktarlarını ve Şekil 6.24b sapma

oranlarını gösterir. Ortanca değerler incelendiğinde GA sapmalarında eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimlerin daha etkili olduğu görülür.



Şekil 6.23 : Tüm örneklemdeki GA dağılımları (a) miktar (b) oran.



Şekil 6.24 : GA alt bileşenleri (a) sapma süresi (b) sapma oranı.

Çizelge 6.15, gereksinim analizi esnasında oluşan sıkıntılar ile hatalı ya da eksik anlaşılan gereksinimlerin GA etmeni üzerindeki etkilerini gösterir. Gereksinimlerin eksik ya da hatalı yorumlanması etmeni GA üzerinde oldukça etkilidir. Bu değişkenin ortalama ve ortanca değerleri sırasıyla yaklaşık 2.23 ve ikidir. Öte yandan gereksinimlerin analizi esnasında ortaya çıkan sapmaların ortalama değeri 1.59 ay, ortanca değeri 0.4 ay ve üst dördebölenleri 2.7 aydır. Ayrıntılı istatistik tablosuna göre örneklemde, bu iki etmen nedeniyle, sekiz ve on bir ay geciken projeler mevcuttur.

Eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimler projelerde ortalama %19.6 oranında sapma oluşturur. Bu değişkenin ortanca değeri %13.26 iken üst dördebölenleri %29.38 ve maksimum değeri ise %100'dür. Diğer taraftan, gereksinim analizi esnasında ortaya çıkan gecikmelerin oranı ortalama %13.75'tir. Bu etmenin ortanca değeri yaklaşık %2.78, üst dördebölenleri %17.50 ve maksimum değeri ise %100'dür.

Çizelge 6.15 : Alt bileşenlerin GA üzerindeki etkileri.

	SA_ GerekAnaliz(ay)	SA_ GerekEHY(ay)	SA_ GerekAnaliz(%)	SA_ GerekEHY(%)
N	38	38	38	38
Ortalama	1.59	2.23	13.75	19.65
Ortanca	0.40	2.0	2.78	13.26
Std. Sapma	2.1247	2.4542	22.82057	22.07551
Varyans	4.514	6.023	520.778	487.328
Çarpıklık	1.407	1.856	2.440	1.690
Çarpıklığın Std. Hatası	0.383	0.383	0.383	0.383
Basıklık	1.504	4.315	6.369	3.664
Basıklıklığın Std. Hatası	0.750	0.750	0.750	0.750
Maksimum	8.0	11.0	100.0	100.0
Yüzdeler 25	0	0	0	0
50	0.40	2.0	2.78	13.26
75	2.70	3.05	17.50	29.38

Eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimler ile gereksinimlerin analizi esnasında yaşanan sıkıntılar, sapma yaratma durumlarına göre ayrı ayrı incelenir. Çizelge 6.16 bu iki etmenin tetiklendikleri durumda yarattığı etkileri gösterir. Eksik ve hatalı yorumlanan gereksinimlerin sapma yaratma olasılığı %36'dır. Bu etmen tetiktendiği durumda geliştirme sürecini geciktirme miktarı ortalama 3.13 ay ve geciktirme oranı

ise %27.65'tir. Öte yandan, gereksinimlerin zamanında analiz edilememesi etmeninin görülme sıklığı %25.3'tür. Bu etmen tetiklendiği durumda projeyi 3.18 ay geciktirir. Yine bu etmen projenin planlanan süreden ortalama %27.49 oranında sapmasına neden olur.

Bu iki etmen ayrı ayrı incelendiğinde yarattığı etkilerin (gecikmelerin ya da süre sapmalarının) birbirine çok yakın değerler olduğu görülür. Öte yandan, bunların oluşma olasılığı aynı değildir. Eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimlerin görülme sıklığı diğer etmenden daha yüksektir. Bu durum eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimlerin GA etmeni üzerinde daha etkili olmasına neden olur.

Çizelge 6.16 : GA alt bileşenlerinin ayrıntılı istatistik tablosu.

	SA_ GerekAnaliz(ay)	SA_ GerekAnaliz(%)	SA_ GerekEHY(ay)	SA_ GerekEHY(%)
N	19	19	27	27
Ortalama	3.18	27.49	3.13	27.65
Ortanca	2.60	16.67	2.50	20.83
Std. Sapma	1.982	25.912	2.370	21.531
Varyans	3.928	671.455	5.620	463.588
Çarpıklık	1.078	1.848	2.074	1.737
Çarpıklığın Std. Hatası	0.524	0.524	0.448	0.448
Basıklık	0.819	3.071	4.631	3.831
Basıklıklığın Std. Hatası	1.014	1.014	0.872	0.872
Minimum	0.8	5.56	1.0	5.00
Maksimum	8.0	100.00	11.0	100.00
Yüzdeler 25	2.0	10.42	2.0	12.33
50	2.6	16.67	2.5	20.83
75	4.5	37.50	3.5	38.33

6.5.2 Yeni gelen gereksinimler (YGG) ve etkileri

Projelerin yaklaşık dörtte üçünde, ürün geliştirme süreci boyunca, müşterilerden ya da kullanıcılardan yeni gereksinimler gelir. Tüm örneklemde YGG nedeniyle oluşan gecikmeler normal dağılmaz, sağa doğru aşırı çarpık bir dağılım sergiler (Kolmogorov-Smirnov, n=75, p=0).

Çizelge 6.17 YGG etmeninin neden olduğu süre sapmalarının ayrıntılı istatistik değerlerini verir. Tüm örneklemde bu etmenin neden olduğu süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 1.64 aydır. Üst dördebölenler ve maksimum değerleri ise sırasıyla üç ve on iki aydır. Aynı etmenin sapma oranları incelendiğinde

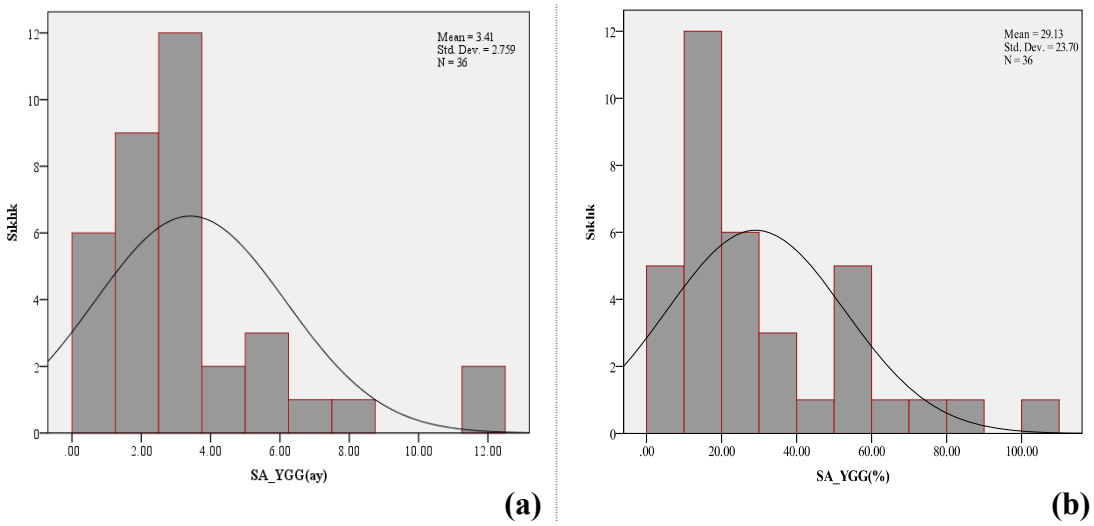
ortalama değerin %13.98, üst dördebölenlerin %20 ve maksimum değerin ise %100 olduğu görülür.

Çizelge 6.17 : YGG etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu.

		Tüm örneklemde (N=75)		Sapma durumunda (N=36)	
		SA_ YGG(ay)	SA_ YGG(%)	SA_ YGG(ay)	SA_ YGG(%)
Ortalama		1.64	13.98	3.41	29.13
Ortanca		0	0	3.00	20.00
Std. Sapma		2.558	21.915	2.759	23.70
Varyans		6.544	480.289	7.613	561.689
Çarpıklık		2.277	1.990	1.869	1.356
Çarpıklığın Std. Hatası		0.277	0.277	0.393	0.393
Basıklık		6.057	3.876	3.724	1.413
Basıklıklığın Std. Hatası		0.548	0.548	0.768	0.768
Minimum		0	0	0.30	3.33
Maksimum		12.00	100.00	12.00	100.00
Yüzdeler	25	0	0	1.50	11.46
	50	0	0	3.00	20.00
	75	3.00	20.00	3.90	47.50

Örneklemdeki projelerin %48'inde yeni gelen ve kabul edilen gereksinimler nedeniyle gecikme olur. Çizelge 6.17 YGG etmenin tetiklendiği ve sapmanın oluştuğu durumlarda, bu etmen nedeniyle oluşan süre sapma değerlerini de gösterir. Buna göre YGG nedeniyle geciken projelerde ortalama süre sapma miktarı 3.41 aydır. Bu etmenden kaynaklanan proje süre sapmalarının ortanca, alt ve üst dördebölenler değerleri sırasıyla üç, 1.5 ve 3.9 aydır. Yine YGG nedeniyle projeler planlanan süreden ortalama %29.13 oranında sapar. Bu etmen için süre sapma oranlarının ortanca, alt ve üst dördebölenler değerleri sırasıyla %20, %11.46 ve %47.5'tir.

Şekil 6.25 YGG nedeniyle geciken projelerdeki süre sapma miktarlarının ve süre sapma oranlarının dağılımlarını gösterir. Şekil 6.25a YGG nedeniyle oluşan sapmaların miktarını ve Şekil 6.25b ise oranını verir. Çizelge 6.17'deki çarpıklık ve basıklık değerleri oldukça büyüktür. Yürütülen Kolmogorov-Smirnov sınama sonuçlarında anlamlılık değeri %1'in altında bulunmuştur. Normallik sınaması sonuçları, çarpıklık ve basıklık değerleri her iki değişkenin normal dağılmadığını gösterir.



(a) **(b)**

Şekil 6.25 : YGG kaynaklı sapmaların dağılımı (a) miktar (b) oran.

6.5.3 Genel teknik problemler (GTP) ve etkileri

Çizelge 6.18 tüm örneklemde genel teknik problemler nedeniyle oluşan sapmaların miktarını ve oranını gösterir.

Çizelge 6.18 : GTP etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu.

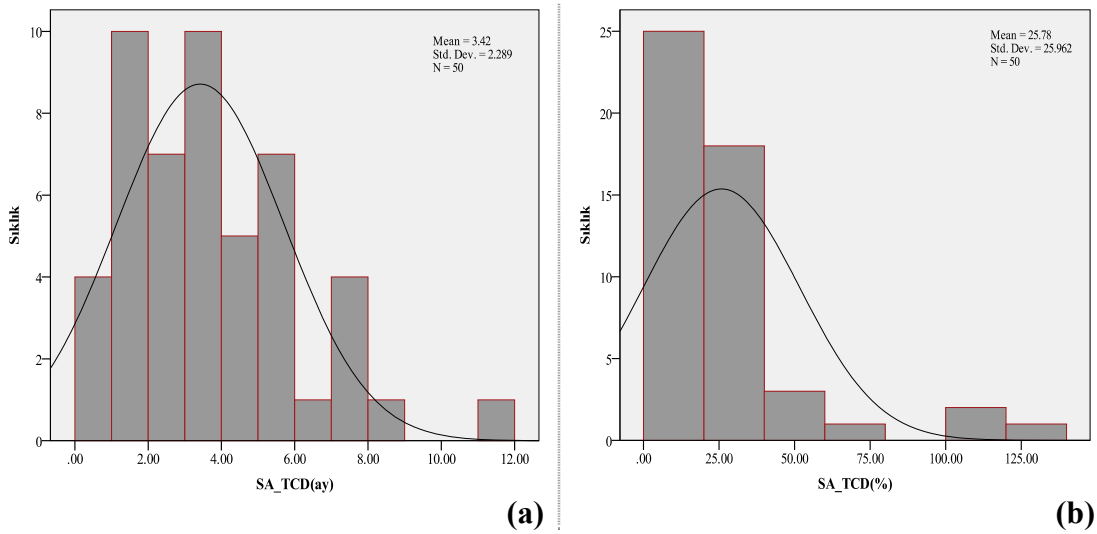
		Tüm örneklemde (N=75)		Sapma durumunda (N=50)	
		SA_GTP(ay)	SA_GTP(%)	SA_GTP(ay)	SA_GTP(%)
Ortalama		2.28	17.18	3.42	25.78
Ortanca		1.50	11.11	3.00	19.72
Std. Sapma		2.471	24.413	2.289	25.962
Varyans		6.107	595.985	5.242	674.032
Çarpıklık		1.109	2.838	0.974	2.694
Çarpıklığın Std. Hatası		0.277	0.277	0.337	0.337
Basıklık		0.937	9.730	1.061	7.890
Basıklıklığın Std. Hatası		0.548	0.548	0.662	0.662
Minimum		0	0	0.50	3.33
Maksimum		11.00	133.33	11.00	133.33
Yüzdeler	25	0	0	1.5	11.06
	50	1.50	11.11	3.0	19.72
	75	4.00	22.92	5.0	29.17

Tüm örneklemde GTP'nin neden olduğu süre sapmalarının ortalaması 2.28 aydır. Bu etmenin ortanca, üst dördebölenler ve maksimum değerleri ise sırasıyla 1.5, dört ve on bir aydır. GTP nedeniyle planlanan süreden sapma oranları incelendiğinde ortalama, ortanca ve üst dördebölenlerin değerlerin sırasıyla %17.18, %11.11 ve

%22.92 olduğu görülür. Bu etmen nedeniyle projeler en fazla %133.33 oranında planlanan süreden sapar.

Ürün geliştirme yaşam döngüsünde genel teknik sıkıntılarla karşı karşıya gelen projeler kendi içinde değerlendirilmiş ve bu sıkıntıların yarattığı etki ortaya çıkarılmıştır. Çizelge 6.18, GTP etmeninin tetiklenme ve sapmanın oluşma durumunda oluşan süre sapmalarının ayrıntılı istatistik değerlerini de gösterir. Örneklemdeki projelerin %66.7'si bu etmen nedeniyle gecikir. GTP kaynaklı gecikmelerin ortalama, ortanca ve üst dördebölenler değerleri sırasıyla 3.42, üç ve beş aydır. GTP etmeni nedeniyle projeler planlanan sürede ortalama %25.78 oranında sapar. Bu etmenin alt ve üst dördebölenleri ise %11. 06 ve %29.17'dir.

Diğer etmenlerde olduğu gibi tüm örneklemde GTP nedeniyle oluşan gecikmeler normal dağılmaz, sağa doğru aşırı çarpık bir dağılım sergiler (Kolmogorov-Smirnov, n=75, p=0). GTP etmeninin tetiklendiği projeler arasında yürütülen normallik sınaması sonuçları, sapma oranları değişkeninin normal dağılmadığını gösterir (Kolmogorov-Smirnov, n=50, p=0). Öte yandan sapma miktarları değişkeni normale yakın bir dağılım sergiler (Kolmogorov-Smirnov, n=50, p=0.014). Şekil 6.26a, süre sapma miktarının ve Şekil 6.26b ise sapma oranlarının dağılımını gösterir.



Şekil 6.26 : GTP kaynaklı sapmaların dağılımı (a) miktar (b) oran.

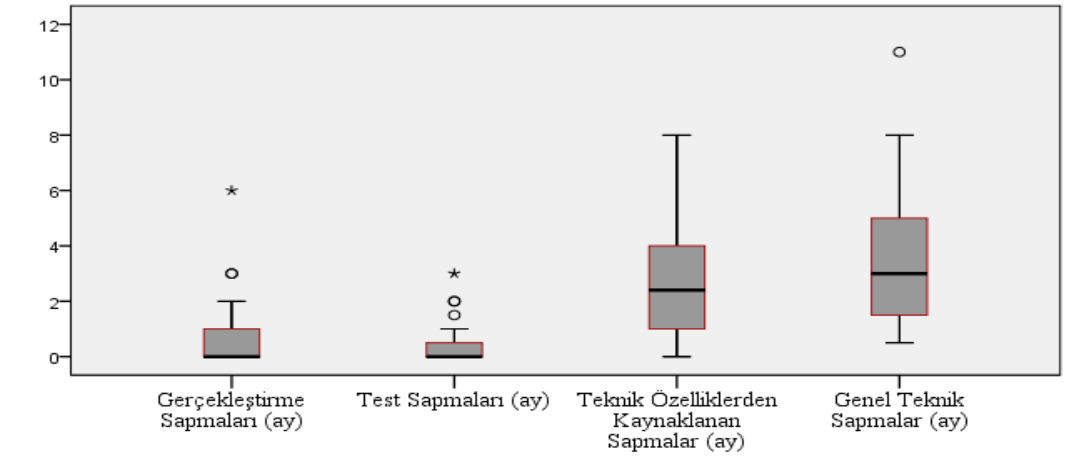
Genel teknik sıkıntılar üç temel değişkenin toplanmasıyla türetilir. Teknik özelliklerin yerine getirilememesi, gerçekleştirme ortamından ya da araçlarından kaynaklanan sıkıntılar ve test ortamından ya da araçlarından kaynaklanan sıkıntılar birlikte değerlendirilerek genel teknik sıkıntılar oluşturulur. Çizelge 6.19 bu alt

bileşenlerin tetiklenme durumlarını gösterir. Teknik sıkıntılarla karşı karşıya gelen projeler arasında alt bileşenlerin oluşma sıklığı incelendiğinde teknik özelliklerin %82, geliştirme ortamı ve araçlarının %32 ve test ortamı ve araçlarının ise %28 oranında, projelerde sapma yaratacak şekilde, tetiklendiği görülür.

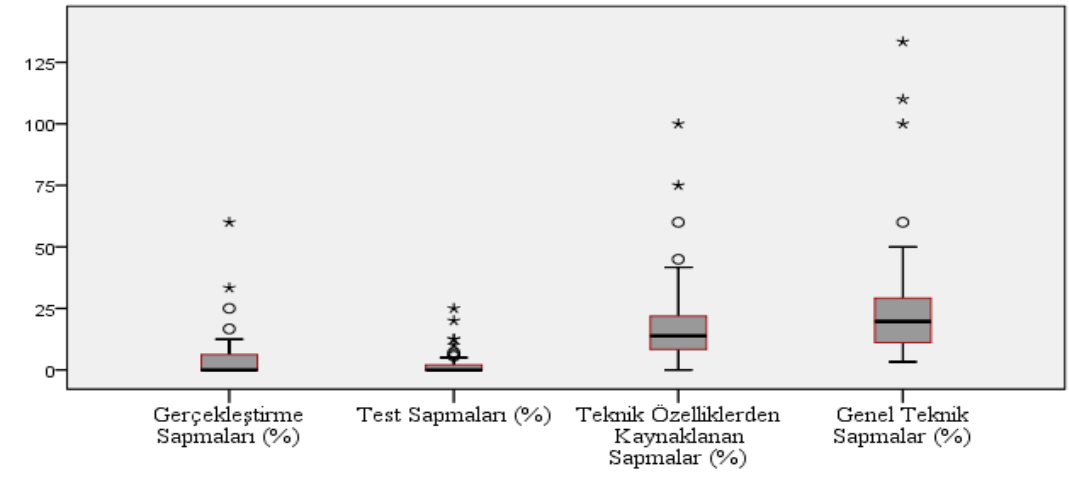
Çizelge 6.19 : GTP alt bileşenlerinin tetiklenme durumu.

Alt etmen	Sapma yaratma sıklığı	Yüzde
Teknik özelliklerin yerine getirilememesi	41	82
Geliştirme ortamı ve araçları	16	32
Test ortamı ve araçları	14	28

Şekil 6.27 GTP etmeninin sapma yaratma durumunda, bu üç alt etmenin sapma miktarlarının ve sapma oranlarının kutu gösterimlerini verir. Şekil 6.27a GTP alt etmenlerinin sapma miktarlarını ve Şekil 6.27b bu etmenlerin sapma oranlarını gösterir. Ortanca değerler incelendiğinde GTP sapmalarında teknik özelliklerin yerine getirilememesi etmeninin diğerlerine göre çok daha etkili olduğu ortaya çıkar.



(a)



(b)

Şekil 6.27 : GTP ve alt bileşenlerin kutu gösterimi (a) miktar (b) oran.

Çizelge 6.20 tüm alt bileşenlerin ayrıntılı istatistik değerlerini verir. Teknik özelliklerin yerine getirilememesi etmeni hem oluşma sıklığı hem de oluştuğu anda yarattığı etki nedeniyle oldukça etkilidir.

Çizelge 6.20 : GTP alt bileşenlerinin sapma miktarları istatistik tablosu.

	TÖ sapmaları (ay)	Geliştirme sapmaları (ay)	Test sapmaları (ay)
N	41	16	14
Ortalama	3.08	1.82	1.11
Ortanca	3.00	1.50	0.88
Std. Sapma	1.738	1.320	0.757
Varyans	3.023	1.743	.573
Çarpıklık	0.661	2.335	1.454
Çarpıklığın Std. Hatası	0.369	0.564	0.597
Basıklık	0.160	6.560	1.674
Basıklıklığın Std. Hatası	0.724	1.091	1.154
Minimum	0.50	0.50	0.50
Maksimum	8.00	6.00	3.00
Yüzdeler 25	1.90	1.00	0.50
50	3.00	1.50	0.885
75	4.50	2.00	1.625

Teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında oluşan problemler projeyi ortalama üç ay uzatır. Yine bu etmenin neden olduğu sapmaların ortanca değeri üç ay, alt dördebölenleri 1.9 ay, üst dörde bölenleri 4.5 ay ve maksimum değeri ise sekiz aydır.

Geliştirme ortamın hazırlanması ve araçların kullanımı esnasında yaşanan sıkıntılar projelerde ortalama 1.82 aylık bir gecikmeye neden olur. En kötü durumda bu gecikme altı aya kadar uzar. Diğer taraftan, test ortamının hazırlanması ve araçların kullanımından kaynaklanan sıkıntılar projelerde ortalama 1.11 aylık bir gecikme yaratır. Bu etmenin ortanca değeri 0.88 ay, alt dördebölenleri 0.5 ay ve üst dördebölenleri 1.62 aydır. Örneklemde test ortamından kaynaklanan sıkıntılar en fazla üç aylık bir gecikmeye neden olmuştur.

Çizelge 6.21 GTP sapma oranlarının alt bileşenleriyle ilgili ayrıntılı istatistik değerlerini verir. Teknik özelliklerden kaynaklanan proje süre sapmalarının ortalama değeri %22.76 iken ortanca değer %16.67, alt ve üst dördebölenler değerleri ise sırasıyla %12.5 ve %26'dır. Geliştirme ortamından ve araçlarından kaynaklanan sapmaların oranı incelendiğinde ortalama değerin %14.71, ortanca değerin %10.56,

alt ve üst dördebölenlerin ise sırasıyla %6.25 ve %15.63 olduğu görülür. Diğer taraftan, test ortamından ve araçlarından kaynaklanan süre sapma oranlarının ortalaması %8.58, ortanca değeri %5.9, alt dördebölenleri %3.96 ve üst dördebölenleri 12.5'tir.

Çizelge 6.21 : GTP alt bileşenlerinin sapma oranları istatistik tablosu.

	TÖ sapmaları (%)	Geliştirme sapmaları (%)	Test sapmaları (%)
N	41	16	14
Ortalama	22.76	14.71	8.58
Ortanca	16.67	10.56	5.90
Std. Sapma	19.09	14.421	6.847
Varyans	364.528	207.967	46.886
Çarpıklık	2.419	2.409	1.429
Çarpıklığın Std. Hatası	0.369	.564	.597
Basıklık	6.821	6.412	1.466
Basıklıklığın Std. Hatası	0.724	1.091	1.154
Minimum	3.3	2.08	2.08
Maksimum	100.0	60.0	25.0
Yüzdeler 25	12.50	6.25	3.96
50	16.67	10.56	5.90
75	26.04	15.63	12.50

6.5.4 Müşteri kaynaklı sıkıntılar ve etkileri

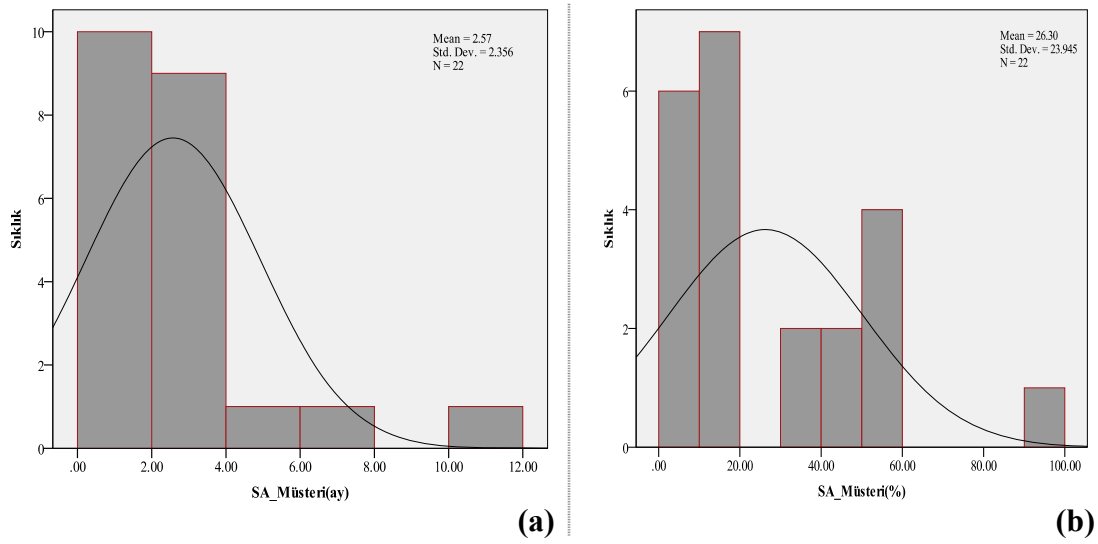
Örneklemdeki projelerin %29.3'ünde müşteri problemleri nedeniyle gecikme olur. Çizelge 6.22 tüm örneklemde müşteriler ya da son kullanıcılar nedeniyle oluşan sapmaların miktarını ve oranını gösterir. Buna göre, tüm örneklemde müşterilerin neden olduğu süre sapmalarının ortalaması 0.75 aydır. Bu etmenin ortanca, üst dördebölenler ve maksimum değerleri ise sırasıyla sıfır, bir ve on bir aydır. Müşteri sıkıntıları nedeniyle planlanan süreden sapma oranları incelendiğinde ortalama, ortanca ve üst dördebölenler değerlerinin sırasıyla %7.72, sıfır ve %5 olduğu görülür. Bu etmen nedeniyle projeler maksimum %91.67 oranında planlanan süreden sapar.

Yine Çizelge 6.22 müşteri kaynaklı sıkıntılarla karşı karşıya gelen projeleri kendi içinde değerlendirir. Buna göre müşterilerin neden olduğu sıkıntılar projeleri ortalama 2.57 ay geciktirir. Diğer bir deyişle, müşteri sıkıntıları etmeninin tetiklenme durumunda, bu etmenden dolayı proje süreleri ortalama %26.3 oranında uzar. Müşteri kaynaklı sapmaların ortanca değerleri incelendiğinde sapma miktarının 2.3 ay ve sapma oranın ise %13.19 olduğu görülür.

Çizelge 6.22 : Müşteri etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu.

	Tüm örneklemde (N=75)		Sapma durumunda (N=22)	
	SA_ Müsteri(ay)	SA_ Müsteri(%)	SA_ Müsteri(ay)	SA_ Müsteri(%)
Ortalama	0.75	7.72	2.57	26.30
Ortanca	0	0	2.30	13.19
Std. Sapma	1.722	17.551	2.356	23.945
Varyans	2.97	308.055	5.551	573.375
Çarpıklık	3.685	2.759	2.444	1.092
Çarpıklığın Std. Hts.	0.277	0.277	0.491	0.491
Basıklık	17.379	7.871	7.425	0.792
Basıklıklığın Std. Hts.	0.548	0.548	0.953	0.953
Minimum	0	0	0.50	2.08
Maksimum	11.00	91.67	11.00	91.67
Yüzdeler 25	0	0	1.00	7.64
50	0	0	2.30	13.19-
75	1.00	5.00	3.00	46.25

Şekil 6.28 müşteriler nedeniyle geciken projelerdeki süre sapma miktarlarının ve süre sapma oranlarının dağılımlarını gösterir. Şekil 6.28a müşteri kaynaklı sapmaların miktarını ve Şekil 6.28b ise oranını verir. Bu dağılımlara ve Çizelge 6.22'deki çarpıklık ve basıklık değerlerine göre bu değişkenlerin dağılımı normal değildir. Normallik sınama sonuçları bu bulguları destekler niteliktedir (Kolmogorov-Smirnov, n=22, $p<0.01$).



Şekil 6.28 : Müşteri kaynaklı sapmaların dağılımı (a) miktar (b) oran.

6.5.5 İnsan kaynakları problemleri (IKP) ve etkileri

Çizelge 6.23 insan kaynakları etmeninin neden olduğu süre sapmalarının ayrıntılı istatistik değerlerini verir. Tüm örneklemde bu etmenin neden olduğu süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 0.67 aydır. Ortanca, üst dördebölenler ve maksimum değerleri ise sırasıyla yaklaşık sıfır, 0.6ve 6.5 aydır. Aynı etmenin sapma oranları incelendiğinde ortalama değerin %4.02, ortanca değerin sıfır, üst dördebölenlerin %4.17 ve maksimum değerin ise %30 olduğu görülür.

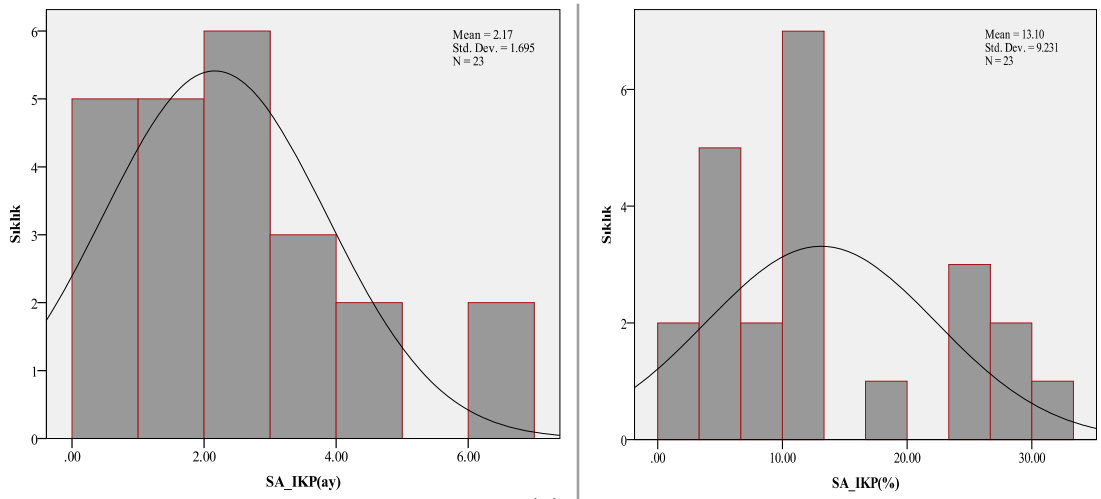
Çizelge 6.23 : İnsan kaynakları etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu.

		Tüm örneklemde (N=75)		Sapma durumunda (N=23)	
		SA_IKP(ay)	SA_IKP(%)	SA_IKP(ay)	SA_IKP(%)
Ortalama		0.67	4.02	2.17	13.10
Ortanca		0	0	2.0	11.11
Std. Sapma		1.365	7.896	1.695	9.232
Varyans		1.864	62.344	2.873	85.220
Çarpıklık		2.532	2.129	1.196	0.664
Çarpıklığın Std. Hatası		0.277	0.277	0.481	0.481
Basıklık		6.738	3.610	1.288	-0.939
Basıklıklığın Std. Hatası		0.548	0.548	0.935	0.935
Minimum		0	0	0.10	1.82
Maksimum		6.5	30.0	6.50	30.00
Yüzdeler	25	0	0	1.0	5.0
	50	0	0	2.0	11.11
	75	0.6	4.17	3.0	25.0

Bu çalışmada İK bozucu etmeninin tetiklenme ve sapma yaratma durumu ele alınmakta, yarattığı sıkıntının şiddeti ölçülmektedir. Diğer bir deyişle, İK nedeniyle geciken projelerde, örneklemin %30.7'sinde, sadece bu etmen nedeniyle oluşan sapmaların dağılımı incelenir. Çizelge 6.23'e göre bu etmenin projelerde etkili olduğu durumda, İK sıkıntıları proje süresini ortalama 2.17 ay uzatır. Bu etmen nedeniyle planlanan proje sürelerinde ortalama %13.10 oranında sapma olur. Yine bu etmen nedeniyle proje süreleri maksimum 6.5 ay ya da %30 oranında plandan sapar.

Şekil 6.29 İK nedeniyle geciken projelerdeki süre sapma miktarlarının ve süre sapma oranlarının dağılımlarını gösterir. Şekil 6.29a bu etmenin neden olduğu sapmaların miktarını ve Şekil 6.29b ise oranını verir. Normallik sınama sonuçları değişkenlerin, %5 anlamlılık düzeyinde, normal dağılmadığını gösterir. Kolmogorov-Smirnov

sınamasında anlamlılık değerleri sapma miktarları değişkeni için 0.002 ve sapma oranları değişkeni için ise 0.038'dir.



Şekil 6.29 : İnsan kaynakları sapmalarının dağılımı (a) miktar (b) oran.

İnsan kaynaklarının temininde ortaya çıkan sapmalar ile iş gücü süreksizliğinden kaynaklanan sapmalar toplanarak toplam İK sapmaları oluşturulur. İK alt etmenlerinin tetiklendikleri anda proje üzerinde yarattığı etki, Çizelge 6.24'te verilmiştir. Buna göre, insan kaynaklarının süreksizliği nedeniyle bir sıkıntı yaşandığında, bu sıkıntı projelerin süresini ortalama 2.18 ay ve %15.43 oranında uzatır.

Çizelge 6.24 : Süreksizlik ve temin etmenlerinin ayrıntılı istatistik tablosu.

	SA_ IKSüreksizlik(ay)	SA_ IKSüreksizlik(%)	SA_ IKTemin(ay)	SA_ IKTemin(%)
N	20	20	5	5
Ortalama	2.18	15.43	2.06	8.34
Ortanca	2.00	11.81	1.30	5.56
Std. Sapma	1.728	13.885	1.367	5.967
Varyans	2.985	192.792	1.868	35.599
Çarpıklık	0.987	1.871	0.867	0.791
Çarpıklığın Std. Hata	0.512	0.512	0.913	0.913
Basıklık	0.565	4.592	-1.622	-1.713
Basıklıklığın Std. Hata	0.992	0.992	2.000	2.000
Minimum	0.10	1.82	1.00	3.33
Maksimum	6.00	60.00	4.00	16.70
Yüzdeler 25	0.70	4.38	1.00	3.47
50	2.00	11.81	1.30	5.56
75	3.00	25.00	3.50	14.60

Örneklemde bu etmen nedeniyle altı ay geciken ya da proje planlarından %60 oranında sapan projeler de bulunur. Yine insan kaynaklarının temininde yaşanan sıkıntılar proje sürelerini ortalama iki ay uzatabilir. Bu etmen nedeniyle planlanan süreden ortalama %8.34 oranında sapılır. Teminde yaşanan sıkıntılar nedeniyle projeler planlanan süreden en fazla %16.7 oranında sapar.

İnsan kaynakları süreksizliği ve temini etmenleri, ayrı ayrı tetiklendikleri durumda, geliştirme sürecini yakın miktarda geciktirir. Öte yandan, süreksizlik etmeninin süre sapma oranları daha yüksektir. Yine, süreksizlik etmeninin oluşma sıklığı temin etmeninkinden çok daha yüksektir. İK nedeniyle geciken projelerde, süreksizlik ve temin etmenlerinin tetiklenme yüzdeleri sırasıyla %87 ve %21.7'dir. Bu durum İK sıkıntıları etmeninde süreksizliğin daha etkili olmasına neden olur.

Çizelge 6.25 genel İK problemleri üzerinde alt bileşenlerin etkisini gösterir. Çizelge İK problemlerinde süreksizliğin etkisinin daha yüksek olduğunu vurgular.

Çizelge 6.25 : Alt bileşenlerin İK üzerindeki etkisi.

	SA_ IKSüreksizlik(ay)	SA_ IKTemin(ay)	SA_ IKSüreksizlik(%)	SA_ IKTemin(%)
N	23	23	23	23
Ortalama	1.89	0.448	13.42	1.813
Ortanca	1.75	0	11.11	0
Std. Sapma	1.772	1.046	13.955	4.341
Varyans	3.139	1.094	194.737	18.843
Çarpıklık	1.034	2.643	1.845	2.723
Çarpıklığın Std. Hata	0.481	0.481	0.481	0.481
Basıklık	0.611	6.672	4.514	7.071
Basıklıklığın Std. Hata	0.935	0.935	0.935	0.935
Minimum	0	0	0	0
Maksimum	6.0	4.0	60.0	16.70
Yüzdeler 25	0.30	0	3.33	0
50	1.7500	0	11.11	0
75	3.0000	0	25.0	0

6.5.6 Satın alma sıkıntıları ve etkileri

Örneklemdeki projelerin %80'i satın alma sürecini en az bir kere başlatır; %38.7'sinde satın alma faaliyetleri bir sıkıntı oluşturmamış ve %17.3'ünde sıkıntı oluşsa bile proje sürelerinde sapma görülmemiştir. Projelerin ancak %24'ünde bu etmen nedeniyle sapma görülür.

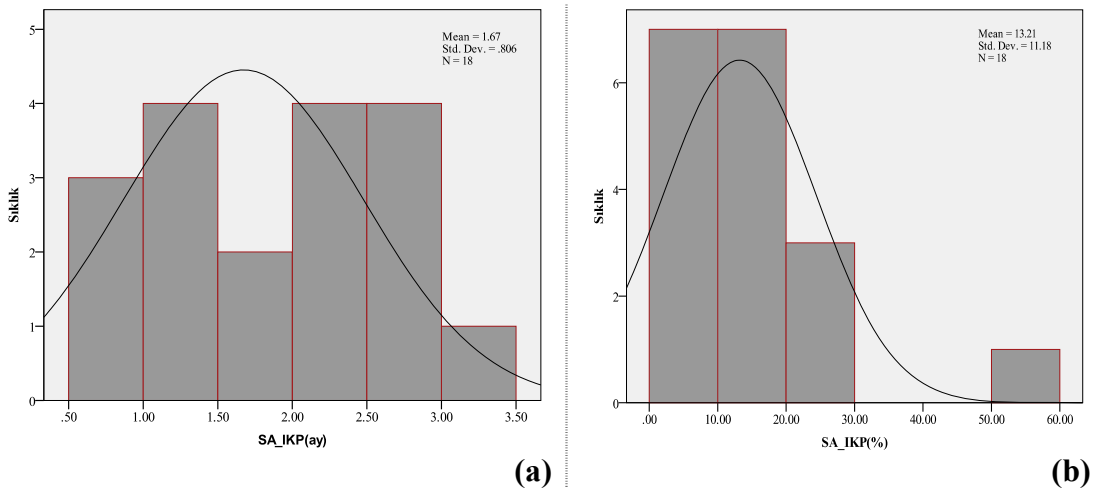
Bu çalışmada satın alma bozucu etmeninin tetiklenme ve sapma yaratma durumu ele alınmakta, yarattığı sıkıntının şiddeti ölçülmektedir. Diğer bir deyişle, satın alma faaliyetleri nedeniyle geciken projelerde, örneklemin %24'ünde, sadece bu etmen nedeniyle oluşan sapmaların dağılımı incelenir. Çizelge 6.26 satın alma faaliyetleri nedeniyle oluşan sıkıntıların tüm örneklem üzerindeki ve tetiklenme durumundaki etkilerini gösterir.

Buna göre, satın alma faaliyetleri nedeniyle geciken projelerde, sadece bu etmen nedeniyle projeler, ortalama 1.67 ay gecikir. Proje gecikmelerinin ortanca değeri 1.75 ay iken alt ve üst dördebölenleri sırasıyla bir ve 2.5 aydır. Yine bu etmen nedeniyle projeler planlanan süreden ortalama %13.21 oranında sapar. Süre sapma oranlarının ortanca, alt ve üst dördebölenler değerleri sırasıyla %11.29, %4.79 ve %17.5'tir.

Çizelge 6.26 : Satın alma etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu.

		Tüm örneklemde (N=75)		Sapma durumunda (N=18)	
		SA_SAlma(ay)	SA_SAlma(%)	SA_SAlma(ay)	SA_SAlma(%)
Ortalama		0.4013	3.1698	1.67	13.21
Ortanca		0	0	1.75	11.28
Std. Sapma		0.81626	7.80778	0.80627	11.179
Varyans		0.666	60.961	0.650	124.988
Çarpıklık		1.936	3.736	0.055	2.259
Çarpıklığın Std. Hata		0.277	0.277	0.536	0.536
Basıklık		2.462	17.725	-1.331	6.579
Basıklıklığın Std. Hata		0.548	0.548	1.038	1.038
Minimum		0	0	0.50	2.78
Maksimum		3.00	50.00	3.00	50.00
Yüzdeler	25	0	0	1.0	4.79
	50	0	0	1.75	11.29
	75	0	0	2.50	17.50

Satın alma faaliyetleriyle uğraşan ve bu nedenle geciken projelerde bu faaliyetlerin neden olduğu sapmaların dağılımları incelenmiş ve Şekil 6.30'daki grafikler elde edilmiştir. Şekil 6.30a süre sapma miktarlarını ve Şekil 6.30b ise süre sapma oranlarını gösterir. Normallik sınaması sonuçları süre sapma miktarları değişkeninin normal dağıldığını gösterir. Buna göre Kolmogorov-Smirnov sınamasında anlamlılık değeri 0.098 olarak bulunmuştur. Bu değer kabul edilen 0.05 anlamlılık değerinden büyüktür. Öte yandan normallik sınama sonucu süre sapma oranlarının normal dağılmadığını gösterir (Kolmogorov-Smirnov, n=18, p=0.005).



Şekil 6.30 : Satın alma sapmalarının dağılımı (a) miktar (b) oran.

6.5.7 Alt yükleniciler ya da proje ortakları (AYPO) ve etkileri

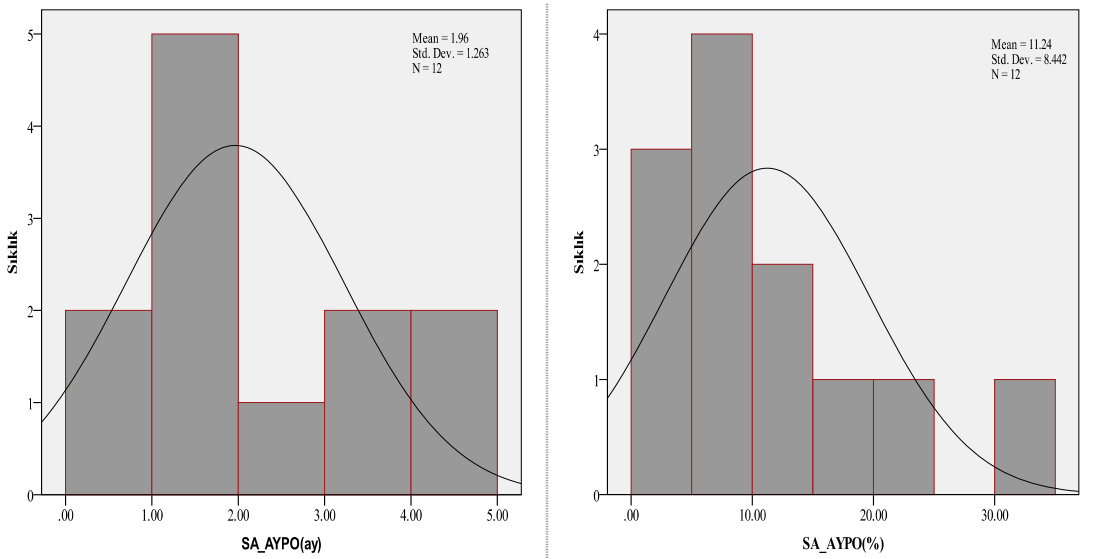
Bu bölümde alt yüklenici kullanan ya da proje ortağı olan projeler birlikte incelenmiş, bu etmenlerden kaynaklanan proje süre sapmaları Çizelge 6.27'de verilmiştir. Tüm örneklemdeki AYPO sapmalarının oluşma olasılığı %16 gibi oldukça düşük bir değerdir. Tüm örneklemde bu etmenin neden olduğu süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 0.31 aydır. Süre sapma oranlarının ortalaması ise %1.79'dur.

Çizelge 6.27 : AYPO etmeninin ayrıntılı istatistik tablosu.

	Tüm örneklemde (N=75)		Sapma durumunda (N=12)	
	SA_AYPO(ay)	SA_AYPO(%)	SA_AYPO(ay)	SA_AYPO(%)
Ortalama	0.31	1.79	1.96	11.24
Ortanca	0	0	1.5	8.3
Std. Sapma	0.873	5.274	1.263	8.442
Varyans	0.762	27.812	1.594	71.261
Çarpıklık	3.09	3.67	0.516	1.229
Çarpıklığın Std. Hata	0.277	0.277	0.637	0.637
Basıklık	9.232	14.566	-0.862	1.001
Basıklıklığın Std. Hata	0.548	0.548	1.232	1.232
Minimum	0	0	0.25	2.50
Maksimum	4.0	30.0	4.0	30.0
Yüzdeler 25	0	0	1.08	4.58
50	0	0	1.5	8.3
75	0	0	3.0	15.8

Alt yüklenicilerden ya da ortaklardan dolayı gecikme yaşayan projeler kendi içlerinde değerlendirilmiş, bu etmenlerin proje süresini ne kadar geciktirdiği incelenmiştir. Alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan sıkıntılar, tetiklendikleri durumda, projeleri ortalama 1.96 ay geciktirir. Bu değişkenin ortanca, üst dördebölenler ve maksimum süre sapması sırasıyla 1.5, üç ve dört aydır. Proje süre sapma oranları incelendiğinde sapma oranları ortalamasının %11.24 ve ortanca değerin ise %8.3 olduğu görülür. Öte yandan, alt yükleniciler ya da proje ortakları proje süresinde en fazla %30'luk bir oranda sapma oluşturur.

AYPO etmeninin tetiklendiği ve sapma yarattığı durumda, bu etmenin neden olduğu sapmaların dağılımı Şekil 6.31'de verilmiştir. Şekil 6.31a AYPO süre sapma miktarlarının ve Şekil 6.31b ise süre sapma oranlarının dağılımlarını gösterir. Kolmogorov-Smirnov sınamasındaki anlamlılık değerleri süre sapma miktarları için 0.091 ve süre sapma oranları için 0.094'tür. Kabul edilen %5 anlamlılık değerinden büyük olan bu sonuçlar, AYPO değişkenlerinin normal dağıldığını gösterir.



Şekil 6.31 : AYPO süre sapma dağılımları (a) miktar (b) oran.

7. ÖNSAV SINAMALARI

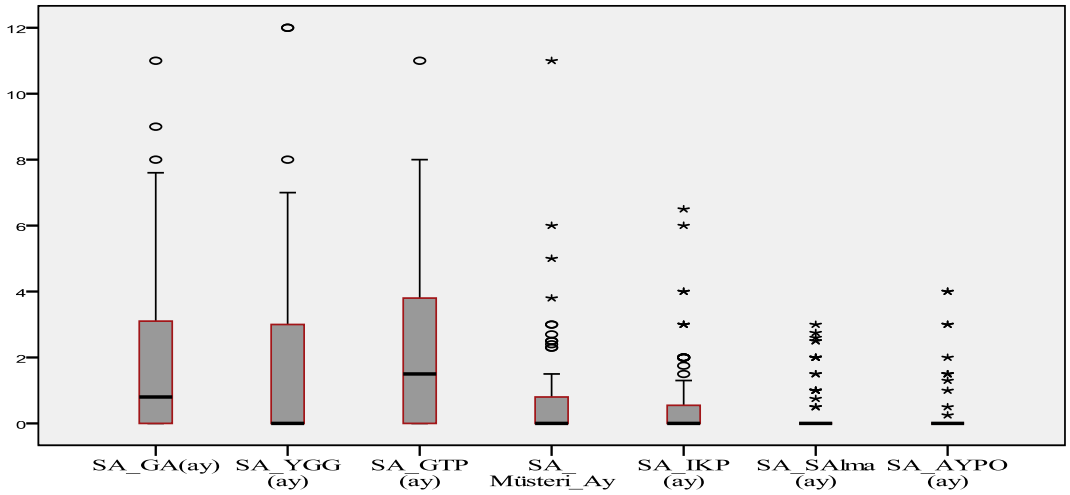
Bu bölümde üçüncü bölümde tanımlanan önsavların sınaması yapılır. Önce ürün geliştirme sürecini doğrudan etkileyen temel bozucu etmenler ele alınır ve bu etmenlerin proje performansı üzerindeki etkileri incelenir. Daha sonra geliştirme sürecini dolaylı bir şekilde etkileyen etmenlerle ilgili analizler yürütülür.

Bu çalışmada proje performansı süre ve iş gücü sapma değerlerine göre belirlenir. Bu nedenle yürütülen tüm analizlerde proje performansı olarak önce süre sapma değerleri ve daha sonra da iş gücü sapma değerleri kullanılmıştır.

7.1 Süre Sapmaları ile Temel Bozucu Etmenler

7.1.1 Temel bozucu etmenlerin genel görünümü

Ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca karşılaşılan sıkıntıların neden olduğu süre sapma miktarları Şekil 7.1'de verilmiştir.

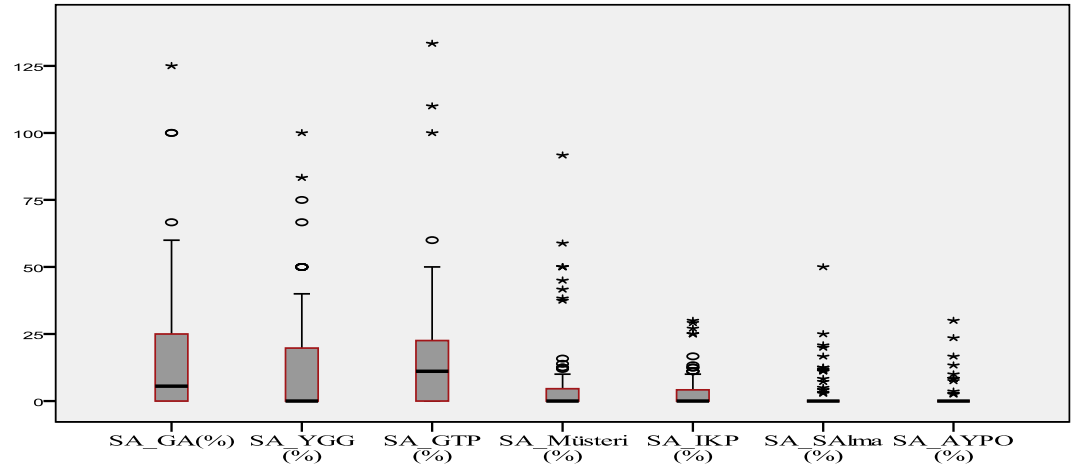


Şekil 7.1 : Temel bozucu etmenlerin süre sapma miktarları.

Genel teknik problemler ve gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapmaların ortanca değerleri diğer etmenlere göre daha fazladır. Müşteri kaynaklı sapmaların miktarı genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler ve gereksinimlerin anlaşılamaması etmenlerinden daha düşük olmasında rağmen bu etmendeki aşırı uç değerler dikkat çekicidir. Bu uç değerler müşteriler ya da son

kullanıcılar nedeniyle bazı projelerde çok ciddi problemler yaşandığını gösterir. Benzer şekilde insan kaynaklarının neden olduğu sapmaların dağılımında da aşırı uç değerler görülür. Bunun en önemli nedeni, örneklemde insan kaynaklarının süreksizliği nedeniyle takvimin çok gerisinde kalmış projelerin bulunmasıdır.

Temel bozucu etmenlerin neden olduğu sapmaların oranı Şekil 7.2'de gösterilmiştir. Bu gösterime göre genel teknik problemler ve gereksinimlerin anlaşılamaması etmenlerinde sapma oranlarının ortanca değerleri oldukça yüksektir. Süre sapma miktarlarında olduğu gibi müşteri kaynaklı sıkıntıların sapma oranlarında da aşırı uç değerler mevcuttur.



Şekil 7.2 : Temel bozucu etmenlerin süre sapma oranları.

7.1.2 Temel bozucu etmenlerin önsav sınamaları

Bu bölümde proje süresi üzerinde doğrudan etkili olan etmenler ile süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler Bölüm 3'te verilen önsavlara göre sınanır. Burada projelerdeki toplam süre sapma miktarları ile temel bozucu etmenlerin süre sapma miktarları karşılaştırılır. Veri kümelerinin normal dağılım sergilememesi nedeniyle ilişki analizlerinde Kendall's tau_b istatistiği kullanılmıştır. Yedi temel bozucu etmenin süre sapma miktarlarıyla toplam proje süre sapma miktarları arasındaki ilişkilerin durumu Çizelge 7.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1'de verilen korelasyon analizi sonuçları sıfır önsavlarının 0.05 anlamlılık düzeyinde reddedilmesi gerektiğini söyler. Buna göre temel bozucu etmenlerin süre sapma miktarları ile toplam süre sapmaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki vardır.

Çizelge 7.1 : Temel bozucu etmenler ile süre sapma miktarları arasındaki ilişkiler[a].

			SA_GA(ay)	SA_YGG(ay)	SA_GTP(ay)	SA_Müşteri(ay)	SA_IKP(ay)	SA_SAlma(ay)	SA_AYPO(ay)
Kendall's tau_b	SA_SSM	Kor. Kats.	0.516**	0.338**	0.548**	0.205*	0.329**	0.335**	0.252**
		Anl.	0	0	0	0.025	0	0	0.007
	SA_GA(ay)	Kor. Kats.	1.000	0.029	0.201*	0.212*	0.143	0.100	0.085
		Anl.		0.760	0.025	0.029	0.140	0.308	0.395
	SA_YGG(ay)	Kor. Kats.		1.000	0.131	-0.103	-0.062	0.054	-0.127
		Anl.			0.146	0.290	0.524	0.588	0.209
	SA_GTP(ay)	Kor. Kats.			1.000	-0.064	0.293**	0.221*	0.332**
		Anl.				0.496	0.002	0.021	0.001
	SA_Müsteri(ay)	Kor. Kats.				1.000	0.065	-0.002	0.093
		Anl.					0.520	0.982	0.376
	SA_IKP(ay)	Kor. Kats.					1.000	0.188*	0.279**
		Anl.						0.068	0.008
	SA_SAlma(ay)	Kor. Kats.						1.000	0.445**
		Anl.							0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
a. N=75

Çizelge 7.1 yedi temel bozucu etmenin neden olduğu süre sapma miktarlarıyla toplam süre sapma miktarları arasındaki ilişkileri gösterir. Buna göre toplam proje süre sapmasında ilişki katsayısı en yüksek olan etmen, genel teknik problemler etmenidir. Toplam proje gecikmeleri ile genel teknik problemlerin sapma miktarları arasında pozitif yönde 0.548 şiddetinde kuvvetli bir ilişki vardır.

Zamanında, tam ve doğru bir şekilde anlaşılamayan gereksinimler teknik sıkıntılar kadar önemlidir. Toplam proje gecikmeleriyle anlaşılamayan gereksinimlerin sapma miktarları arasında, pozitif yönde ve 0.516 şiddetinde, kuvvetli bir ilişki vardır. Ürün geliştirme esnasında projeye ilave edilen yeni gereksinimler geliştirme sürecini olumsuz yönde etkiler. Bu etmenin neden olduğu sapmaların miktarı ile toplam süre sapmalarının miktarı arasında, pozitif yönde ve 0.338 şiddetinde anlamlı bir ilişki vardır. Öte yandan, yeni gereksinimlerin ilişki katsayısı genel teknik problemlerin ve anlaşılamayan gereksinimlerin ilişki katsayılarına göre düşüktür.

Satın alma ve insan kaynakları sapmaları ile toplam süre sapma miktarları arasında, sırasıyla 0.335 ve 0.329 şiddetinde, pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Yeni gereksinimlerin, satın alma problemlerinin ve insan kaynakları problemlerinin sapma miktarlarıyla olan ilişkilerin şiddeti birbirine çok yakındır.

Müşterilerden, alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan gecikmeler ile toplam süre sapma miktarları arasında nispeten daha düşük şiddette ve yine pozitif yönde bir anlamlı bir ilişki vardır.

Çizelge 7.2 sapma miktarları önsavlarının sınama sonuçlarını özetler.

Çizelge 7.2 : Sapma miktarları önsav sınamaları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{GA(S)}$	GA sapma miktarları ile toplam proje süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{YYG(S)}$	YGG sapma miktarları ile toplam proje süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{GTP(S)}$	GTP sapma miktarları ile toplam proje sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{MP(S)}$	Müşteri kaynaklı sapma miktarları ile toplam proje süre sapma miktarları arasında pozitif yönde bir ilişki vardır.	0.025
$H_{İKP(S)}$	İK sapma miktarları ile toplam proje süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır	0
$H_{SAP(S)}$	SA sapma miktarları ile toplam proje süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{AYPO(S)}$	AYPO sapma miktarları ile toplam proje süre sapma miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0.007

Çizelge 7.3 bu yedi temel bozucu etmenin neden olduğu süre sapma oranlarıyla toplam süre sapma oranları arasındaki ilişkileri gösterir. Proje sapma oranlarıyla anlaşılamayan gereksinimlerin sapma oranları arasında pozitif yönde ve 0.537 şiddetinde anlamlı bir ilişki vardır. Bu ilişkiyi 0.403 şiddetiyle genel teknik problemlerin, 0.393 şiddetiyle yeni gelen gereksinimlerin, 0.285 şiddetiyle müşterilerin ve 0.250 şiddetiyle satın alma faaliyetlerinin neden olduğu sapma oranları takip eder. Toplam proje sapma oranlarında insan kaynaklarının neden olduğu sapmaların etkisi diğer etmenlere göre biraz daha düşüktür. Bu iki değişken arasında 0.234 şiddetinde bir ilişki mevcuttur. Öte yandan, alt yüklenicilerin ya da ortakların neden olduğu sapmalar ile toplam süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Bu iki değişken arasındaki ilişkinin anlamlılığı 0.05'ten oldukça büyüktür.

Çizelge 7.3'teki sonuçlara göre kabul ya da reddedilen önsavlar Çizelge 7.4'te özetlenmiştir. Burada $H_{AYPO(S)}$ önsavı dışındaki tüm önsavların sıfır önsavı anlamlılık değerlerinin 0.05'ten küçük olması nedeniyle reddedilir. Buna göre, bu önsavlarda sınanan bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki vardır, önsavı kabul edilir. Öte yandan $H_{AYPO(S)}$ önsavının anlamlılık değeri, 0.395 gibi 0.05'ten oldukça büyük bir değerdir. Bu durum sıfır önsavının kabul edilmesi anlamına gelir. Buna göre, AYPO sapma oranları ile toplam süre sapma oranları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki kurulamaz.

Çizelge 7.3 : Temel bozucu etmenler ile süre sapma oranları arasındaki ilişkiler[a].

			SA_GA(%)	SA_YGG(%)	SA_GTP(%)	SA_Müşteri(%)	SA_IKP(%)	SA_SAlma(%)	SA_AYPO(%)
Kendall's tau_b	SA_SSO	Kor. Kats.	0.537**	0.393**	0.403**	0.285**	0.234**	0.250**	0.080
		Anl.	0	0	0	0.002	0.010	0.007	**0.395**
	SA_GA(%)	Kor. Kats.	1.000	0.140	0.193*	0.149	0.129	0.138	0
		Anl.		0.128	0.029	0.121	0.178	0.157	0.500
	SA_YGG(%)	Kor. Kats.		1.000	0.051	-0.072	-0.044	0.022	-0.188*
		Anl.			0.566	0.457	0.649	0.822	0.062
	SA_GTP(%)	Kor. Kats.			1.000	-0.050	0.251**	0.166*	0.207*
		Anl.				0.589	0.007	0.078	0.032
	SA_Müsteri(%)	Kor. Kats.				1.000	0.043	-0.022	0.104
		Anl.					0.670	0.831	0.321
	SA_IKP(%)	Kor. Kats.					1.000	0.114	0.238*
		Anl.						0.267	0.023
	SA_SAlma(%)	Kor. Kats.			.			1.000	0.428**
		Anl.							0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
a. N=75

Çizelge 7.4 süre sapma oranları önsavlarının sonucunu özetler.

Çizelge 7.4 : Sapma oranları önsav sınamaları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{GA(S)}$	GA sapma oranları ile toplam proje süre sapma oranları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{YYG(S)}$	YGG sapma oranları ile toplam proje süre sapma oranları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{GTP(S)}$	GTP sapma oranları ile toplam proje sapma oranları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{MP(S)}$	Müşteri kaynaklı sapma oranları ile toplam proje süre sapma oranları arasında pozitif yönde bir ilişki vardır.	0.002
$H_{İKP(S)}$	İK sapma oranları ile toplam proje süre sapma oranları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır	0.010
$H_{SAP(S)}$	SA sapma oranları ile toplam proje süre sapma oranları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır.	0.007
$H_{AYPO(S)}$	AYPO sapma oranları ile toplam proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.	**0.395**

7.1.3 Alt etmenlerin temel bozucu etmenler üzerindeki etkileri

Gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik sıkıntılar, insan kaynakları problemleri ve alt yükleniciler ve proje ortakları etmenleri iki ya da daha fazla etmenin birlikte değerlendirilmesi sonucunda oluşan etmenlerdir. Bölüm 3'te her bir bozucu etmenin nasıl tanımlandığı ve etmen sınıflarının nasıl birleştirildiği ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Bu bölümde ise temel bozucu etmenler kendilerini oluşturan alt etmenlere göre değerlendirilir.

Temel bozucu etmenler üzerinde hangi alt etmenlerin daha etkili olduğu korelasyon analizi ile ortaya çıkarılır. Yürütülen tüm analizlerde ilgili etmenin sıkıntı yarattığı durumlar ele alınır, sınamalar bu tip durumlarla karşı karşıya kalan projeler arasında gerçekleştirilir. Elde edilen tüm sonuçlar Çizelge 7.5 ve Çizelge 7.6'da verilmiştir. Çizelge 7.5 sapma miktarlarına ve Çizelge 7.6 ise sapma oranlarına göre alt bileşenlerle olan ilişkileri özetler.

Yürütülen analizlerde önce gereksinimlerin anlaşılamaması etmeni ele alınmış, bu etmenin alt bileşenlerle olan ilişkisi Kendall's tau_b yöntemiyle analiz edilmiştir. Tüm analizler gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle sıkıntı yaşayan projeler arasında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 7.5'e göre, mevcut gereksinimlerin

anlaşılamamasında eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimlerin etkisi biraz daha hissedilir. Çizelge 7.6, süre sapma oranlarında eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimlerin gereksinim analizi etmenine göre daha etkili olduğunu ortaya koyar.

Çizelge 7.5 : Sapma miktarlarına göre alt bileşenlerle olan ilişkiler.

Temel Etmenler	Alt Bileşenler	Korelasyon Kats.	Anl.
SA_GA(ay) N=57[a]	SA_GerekEHY(ay)	0.583**	0
	SA_GerekAnaliz(ay)	0.498**	0
SA_GTP(ay) N=64[a]	SA_TÖ(ay)	0.758**	0
	SA_Gerçek(ay)	0.304**	0.002
	SA_Test(ay)	0.276**	0.007
SA_IKP(ay) N=50[a]	SA_IKSüreksizlik(ay)	0.630**	0
	SA_IKTemin(ay)	0.285*	0.048
SA_AYPO(ay) N=30[a]	SA_PO(ay)	0.361*	0.032
	SA_AY(ay)	0.792**	0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
a. İlgili etmenin sıkıntı yarattığı projeler

Genel teknik problemler ile teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında yaşanan sıkıntılar arasında oldukça kuvvetli bir ilişki mevcuttur. Bu hem sapma miktarları hem de sapma oranları için geçerli bir durumdur. Çevre, geliştirme ortamının ve araçlarının hazırlanması ve kullanımı ile ilgili tüm durumları içine alan bir kavramdır. Analiz sonuçları genel teknik sıkıntılarda gerçekleştirme çevresinin test çevresine göre çok daha etkili olduğunu gösterir.

Çizelge 7.6 : Sapma oranlarına göre alt bileşenlerle olan ilişkiler.

Temel Etmenler	Alt Bileşenler	Korelasyon Kats.	Anl.
SA_GA(%) N=57[a]	SA_GerekEHY(%)	0.651**	0
	SA_GerekAnaliz(%)	0.441**	0
SA_GTP(%) N=64[a]	SA_TÖ(%)	0.776**	0
	SA_Gerçek(%)	0.319**	0.002
	SA_Test(%)	0.237**	0.020
SA_IKP(%) N=50[a]	SA_IKSüreksizlik(%)	0.622**	0
	SA_IKTemin(%)	0.218	0.165
SA_AYPO(%) N=30[a]	SA_PO(%)	0.418**	0.006
	SA_AY(%)	0.755**	0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
a. İlgili etmenin sıkıntı yarattığı projeler

İnsan kaynakları sıkıntısında çalışanların süreksizliği çalışanların teminine göre çok daha etkilidir. Süre sapma miktarlarına göre yapılan analizlerde insan kaynakları etmeni ile süreksizlik alt etmeni arasında, 0.630 şiddetinde kuvvetli bir ilişki olduğu bulunmuştur. Süre sapma oranlarındaki ilişkinin şiddetti bu değere çok yakındır. Öte yandan süre sapma oranlarında, çalışanların temininde yaşanan sıkıntılarla ana etmen arasında, 0.05 düzeyinde anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Bu durum insan kaynakları sıkıntılarını belirlemede çalışan süreksizliğinin çok daha etkili olduğunu gösterir.

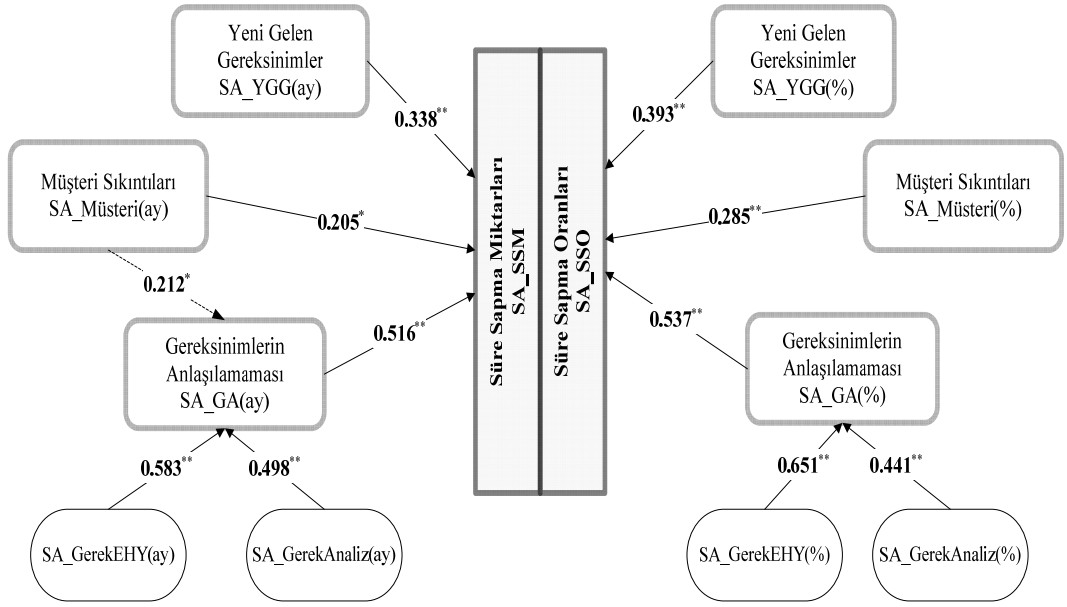
AYPO etmeni özelinde yürütülen ilişki analizlerinde, bu etmen ile alt yüklenicilerden kaynaklanan sapmalar arasında oldukça kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür. Öte yandan ana etmen ile proje ortaklarının neden olduğu sapmalar arasında orta şiddette anlamlı bir ilişki mevcuttur.

7.1.4 Temel bozucu etmenlerin ilişki şemaları

Bu bölümde ilişki analizlerinden elde edilen bilgiler değerlendirilmiş; Şekil 7.3, Şekil 7.4 ve Şekil 7.5'teki ilişki grafikleri oluşturulmuştur. İlişki grafikleri yedi temel etmenin neden olduğu sapmalar ile toplam süre sapmaları arasındaki ilişkileri ortaya koyar. Yine bu grafiklerde temel etmen grupları arasındaki ilişkiler de gösterilmiştir.

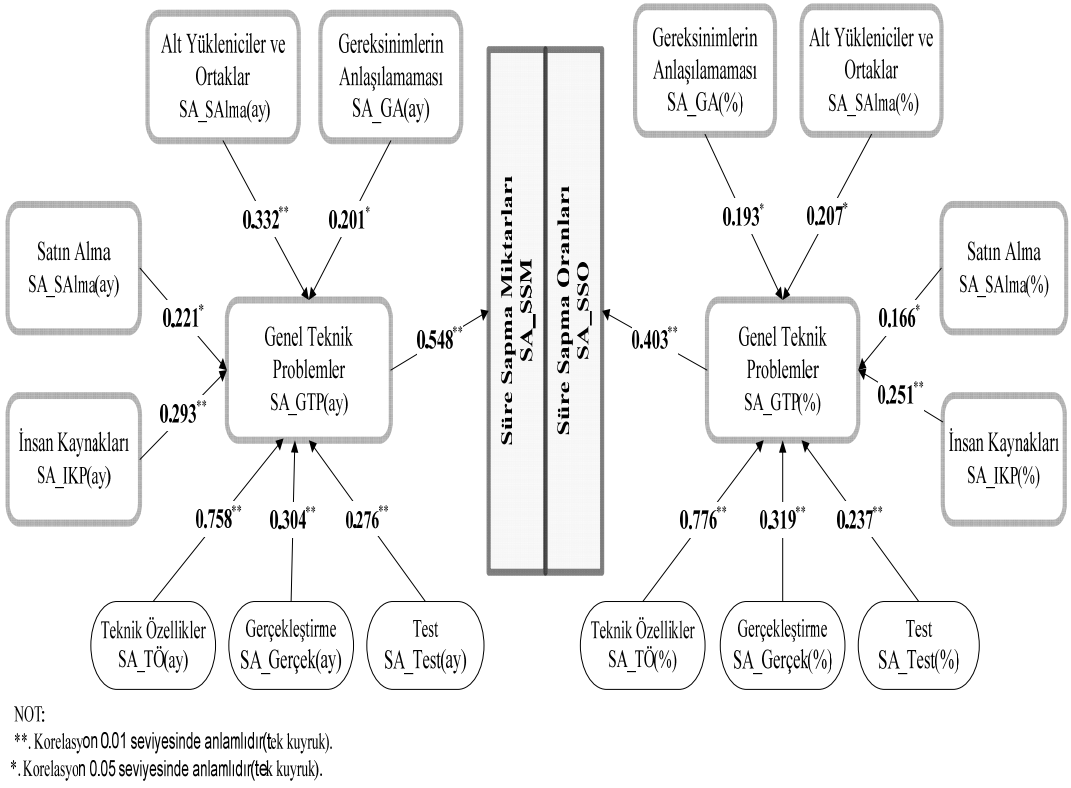
Şekil 7.3'te gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler ve müşteri sıkıntıları etmenleri birlikte değerlendirilir. Süre sapma miktarlarına göre yürütülen analizlerde müşteri sıkıntılarının gereksinimlerin anlaşılamaması etmeni üzerinde etkili olduğu ortaya çıkarmıştır (bkz. Çizelge 7.1). Öte yandan süre sapma oranlarında benzer bir ilişki kurulamamıştır (bkz. Çizelge 7.3).

Teknik sıkıntılarda ve bu sıkıntılar nedeniyle oluşan sapmalarda insan kaynakları problemleri, satın alma problemleri, alt yüklenicilerin ya da ortakların yarattığı sıkıntılar ve anlaşılamayan gereksinimler etkilidir. İlişki katsayılarında farklılıklar olsa bile bu durum hem sapma miktarları hem de sapma oranları için geçerlidir.



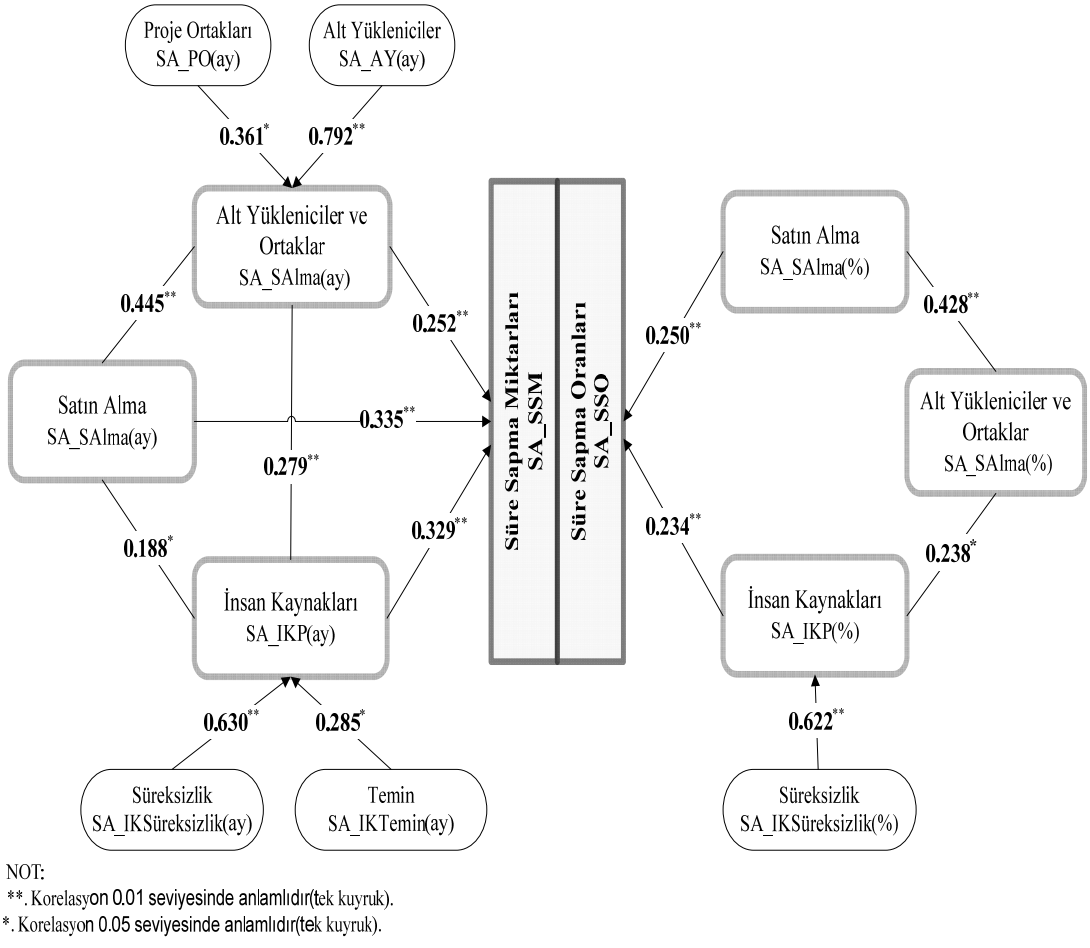
Şekil 7.3 : GA, YGG ve müşteri sapmalarının etkileri**.**

Şekil 7.4, genel teknik problemlerde etkili olan etmenleri ve alt bileşenleri birlikte değerlendirir.



Şekil 7.4 : GTP sapmaları ve bunları etkileyen etmenler.

Şekil 7.5 insan kaynakları, satın alma faaliyetleri ve alt yükleniciler ve proje ortakları ile toplam proje sapmaları arasındaki ilişkileri gösterir. Yine aynı grafikte etmenler arasındaki ilişkiler de verilmiştir. Buna göre insan kaynakları problemleriyle alt yükleniciler ya da proje ortakları problemleri arasında, nispeten düşük ama anlamlı bir ilişki mevcuttur. Yine satın alma problemleriyle alt yükleniciler ya da proje ortakları problemleri arasında orta şiddette bir ilişki vardır. Son olarak, satın alma ve insan kaynakları problemleri arasında, süre sapma miktarları bakımından, oldukça düşük düzeyde bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Benzer ilişki süre sapma oranlarında mevcut değildir.



Şekil 7.5 : İK, SA ve AYPO sapmalarının etkileri.

7.2 Süre Sapmaları ile Dolaylı Etmenler

Bazı etmenlerin proje başarısını iyi ya da kötü bir şekilde etkilediği bilinse bile, projede ne kadar gecikme yarattığı ya da iş gücünü ne kadar arttırdığı proje planlarından çıkarılamaz. Bu çalışmada proje başarısında etkili olduğu düşünülen

ama yarattığı etki ölçülemeyen tüm etmenler dolaylı etmenler grubu altında toplanmıştır. Çalışma esnasında dolaylı etmenlerle ilgili bilgiler kategorik, Likert ya da oran ölçeğinde saklanmış; analiz yöntemleri de buna göre seçilmiştir. Oran ölçeğinde tanımlı olan değişkenler normal dağılım sergilemediği için ilişki analizlerinde Kendall's tau_b istatistiği kullanılır. Yine Likert ölçeğinde tanımlanan değişkenler de bu yöntemle sınanır. Ad ölçeğinde tanımlanan veri kümelerinin analizinde Mann-Whitney U ve Kruskal Wallis yöntemleri kullanılır.

Bu bölümde proje ekibinin ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri, ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumları, projelerde yeniden kullanılan ya da referans alınan yapılar, proje ön hazırlık çalışmaları, projenin Ar-Ge düzeyi, ürünün yenilik düzeyi ve ürün niteliği gibi etmenlerle süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenir. Yine bu bölümde dolaylı etmenlerin temel bozucu etmenler üzerindeki etkileri de analiz edilir.

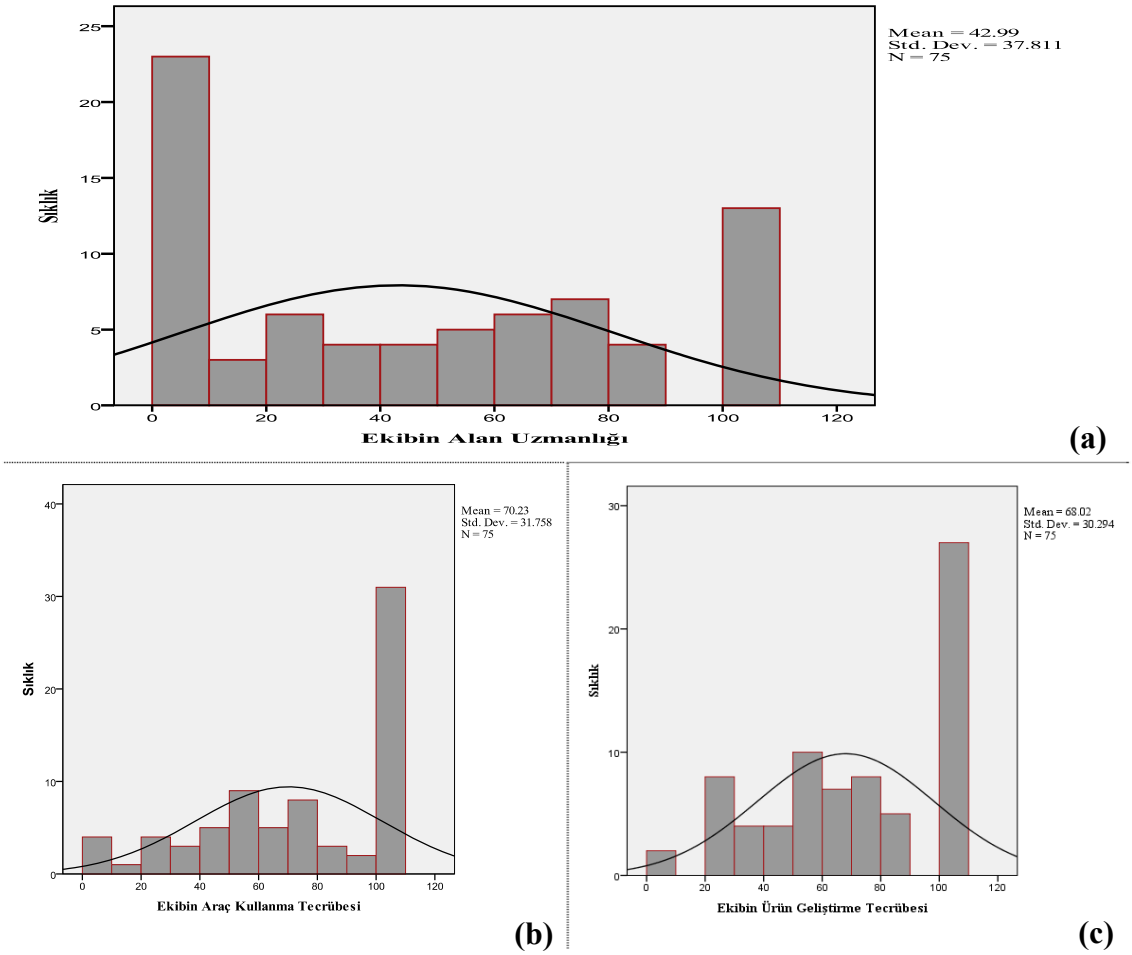
7.2.1 Proje ekibinin yetkinliği

7.2.1.1 Veri yapıları

Proje ekibinin yetkinliği üç başlık altında incelenir: Ekibin alan uzmanlığı, proje tecrübesi ve teknik tecrübe. Ekibin yetkinlik düzeylerini proje başlangıcında ekip içinde çalışılan konuyu bilen, kullanılan araçlarla ilgili tecrübesi olan ve daha önceleri bir ürün geliştirme projesinde görev alan çalışanların yüzdesi belirler (bkz. EK C). Buna göre ekibin alan uzmanlığı, bu projeden önce ilgili alanda ve konuda benzer çalışmaları yapmış ve bunları sonlandırmış elemanların oranı ile ölçülür. Ekibin proje tecrübesi, bu projeden önce farklı alanda bile olsa ürün tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testi konularında çalışma yapmış ve bunları sonlandırmış elemanların oranı ile belirlenir. Son olarak ekibin teknik tecrübesi ise projeden önce ürün tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testi ile ilgili benzer yazılım ve donanım araçlarını, ortamlarını ve malzemeleri kullanan elemanların oranı ile ölçülür.

Oran ölçeğinde tanımlanan bu veri kümelerine normallik sınaması uygulanmış, dağılımların normal dağılıma uymadığı görülmüştür. Normal dağılmayan bu üç veri kümesi dönüşüm fonksiyonlarıyla normalleştirilemez. Bu nedenle ilişki analizlerinde Kendall's tau_b istatistiği kullanılmıştır.

Şekil 7.6 proje ekibinin yetkinlik düzeylerinin dağılımlarını verir. Şekil 7.6a proje ekibinin alan uzmanlığı, Şekil 7.6b teknik tecrübesi ve Şekil 7.6c proje yapma tecrübesi ile ilgili dağılımları verir. Çizelge 7.6a örneklemde alan uzmanlığının olmama ya da çok az olma durumunun daha baskın olduğunu gösterir. Öte yandan Şekil 7.6b ve Şekil 7.6c'ye göre, teknik tecrübenin ya da proje tecrübesinin yüksek olma durumuna daha sık rastlanır. Bu veri kümelerinin istatistik değerleri Çizelge 7.7'de verilmiştir.



Şekil 7.6 : Ekip yetkinliği (a) alan uzmanlığı (b) teknik deneyim (c) proje deneyimi.

Çizelge 7.7 ekip yetkinliği veri kümelerinin ayrıntılı istatistik değerlerini gösterir. Proje ekibinin teknik deneyimi ile ürün geliştirme deneyimi birbirine çok yakın değerler verir. Proje başlamadan önce proje ekibinde kullanılan araçlar hakkında bilgisi ve tecrübesi olan personelin oranı ortalama %70'tir. Daha önceleri bir proje bitiren personel oranlarının ortalaması ise %68'dir. Bu veri kümelerinde en sık rastlanan değer %100, alt dördebölenler %50 ve üst dördebölenler ise %100'dür.

Projeye başlamadan tüm ekibin daha önceleri en az bir projeyi bitirmiş olması ya da araçlarla ilgili bilgiye sahip olması sıkça görülen bir durumdur.

Diğer taraftan ekibin alan uzmanlığı veri kümesinde ortalama değer yaklaşık %43'tür. Alan uzmanlığı veri kümesindeki ortanca, alt ve üst dördebölenler değerleri ise sırasıyla sıfır, %40 ve %75'tir. Buna göre proje başlamadan önce tüm ekibin çalışılan konuyla ilgili bilgiye sahip olmaması sıkça rastlanan bir durumdur. Örneklemde proje yapma ve araç kullanma tecrübesi fazla olan ama alan uzmanlığı nispeten daha az olan projeler yer alır.

Çizelge 7.7 : Ekip yetkinliği ayrıntılı istatistik tablosu.

		Ekibin Alan Uzmanlığı	Ekibin Teknik Deneyimi	Ekibin Ürün Geliştirme Deneyimi
Ortalama		42.99	70.23	68.02
Ortanca		40.00	75.00	73.00
En Sık		0	100	100
Std. Sapma		37.811	31.758	30.294
Varyans		1429.644	1008.577	917.730
Çarpıklık		0.243	-0.693	-0.442
Basıklık		-1.422	-0.697	-1.028
Minimum		0	0	0
Maksimum		100	100	100
Yüzdeler	25	0	50.00	50.00
	50	40.00	75.00	73.00
	75	75.00	100.00	100.00

7.2.1.2 Ekip yetkinliği önsav sınamaları

Bu bölümde Bölüm 3'te verilen ekip yetkinliği önsavları test edilir. Çizelge 7.8 yürütülen korelasyon analizi sonuçlarını özetler. Çizelge 7.8 ekip yetkinliği ile proje süreleri arasındaki ilişkileri de gösterir.

Kendall's tau_b analizi sonuçları ekip elemanlarının yetkinlik düzeyleri ile proje süreleri arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir. Buna göre, yazılım projelerinde proje ekibinin yetkinlik düzeyleri geliştirme süresini etkiler; ekibin yetkinlik düzeyi arttıkça proje süreleri kısalır.

Benzer ilişki ekibin yetkinliği düzeyleriyle süre sapma miktarları arasında da bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre projelerdeki süre sapma miktarları ile ekibin alan uzmanlığı, teknik deneyimi ve proje deneyimi arasında negatif yönde ve

sırasıyla 0.267, 0.280 ve 0.244 şiddetlerinde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Buna göre, proje ekibinin yetkinliği arttıkça süre sapma miktarlarında bir azalma görülür.

Çizelge 7.8 : Ekip yetkinliği ile proje süreleri arasındaki ilişki.

Bağımlı değişkenler N=75	Ekip yetkinlik düzeyleri	Korelasyon Kats.	Anl.
SüreGerçek	EkipYetkin_Alan	-0.216**	0.010
	EkipYetkin_Proje	-0.332**	0
	EkipYetkin_Teknik	-0.246**	0.004
SA_SSM	EkipYetkin_Alan	-0.267**	0.002
	EkipYetkin_Proje	-0.244**	0.004
	EkipYetkin_Teknik	-0.280**	0.001
SA_SSO	EkipYetkin_Alan	-0.280**	0.001
	EkipYetkin_Proje	-0.074	0.386
	EkipYetkin_Teknik	-0.156	0.069

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Yine projelerdeki süre sapma oranları ile ekibin alan uzmanlığı arasında negatif yönde ve 0.280 şiddetinde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki vardır. Ekibin alan uzmanlığı arttıkça süre sapma oranlarında bir azalma görülür. Öte yandan, süre sapma oranlarıyla ekibin teknik tecrübesi arasında, negatif yönde 0.156 gibi düşük bir şiddette ve ancak %10 anlamlılık düzeyinde, bir ilişki kurulabilmektedir. Proje ekibinin proje tecrübesi ile süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Buna göre ekibin proje yapma tecrübesi süre sapma oranları üzerinde etkili değildir.

Korelasyon sonuçlarına göre kabul ya da reddedilen önsavlar, Çizelge 7.9'da özetlenmiştir.

Çizelge 7.9 : Ekip yetkinliği önsavlarının sınama sonuçları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{EkipYetkinAlan\ (S)}$	Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma miktarları arasında bir ilişki vardır.	0.002
	Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma oranları arasında bir ilişki vardır.	0.001
$H_{EkipYetkinProje\ (S)}$	Proje ekibinin proje deneyimi ile toplam proje süre sapma miktarları arasında bir ilişki vardır.	0.004
	Proje ekibinin proje deneyimi ile toplam proje süre sapma oranları arasında bir ilişki mevcut değildir.	0.386
$H_{EkipYetkinTeknik(S)}$	Proje ekibinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.001
	Proje ekibinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.	0.069

7.2.1.3 Ekip yetkinliği ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişkiler

Bu bölümde temel bozucu etmenlerle proje ekibinin yetkinlik düzeyleri arasındaki ilişkiler incelenir. Bu karşılaştırmalarda temel bozucu etmenlerin neden olduğu süre sapma oranları bağımlı değişken, ekip elemanlarının yetkinlik düzeyleri ise bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Çizelge 7.10 ekip yetkinliği ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişkileri özetler.

Çizelge 7.10 : Ekip yetkinliği ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişki.

Ekip yetkinlik düzeyleri	Temel bozucu etmenler	Korelasyon Kats.	Anl.
EkipYetkin_Alan	SA_GA(%)	**-0.327****	**0**
	SA_GTP(%)	-0.054	0.530
	SA_YGG(%)	**-0.267****	**0.003**
	SA_Müşteri(%)	0.037	0.693
	SA_İKP(%)	0.038	0.685
	SA_SAlma(%) N=60[a]	-0.167	0.111
	SA_AYPO(%)N=30[b]	-0.066	0.653
EkipYetkin_Proje	SA_GA(%)	-0.132	0.142
	SA_GTP(%)	-0.157	0.072
	SA_YGG(%)	-0.107	0.239
	SA_Müşteri(%)	0.166	0.078
	SA_İKP(%)	-0.023	0.809
	SA_SAlma(%) N=60[a]	-0.041	0.695
	SA_AYPO(%) N=30[b]	-0.036	0.806
EkipYetkin_Teknik	SA_GA(%)	-0.108	0.233
	SA_GTP(%)	**-0.325****	**0**
	SA_YGG(%)	-0.069	0.450
	SA_Müşteri(%)	0.134	0.161
	SA_İKP(%)	-0.109	0.251
	SA_SAlma(%) N=60[a]	**-0.234***	**0.028**
	SA_AYPO(%) N=30[b]	-0.244	0.102

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
a. Satın alma faaliyetiyle uğraşan projeler
b. Alt yüklenicilerle çalışan ya da ortakları olan projeler.

Analiz sonuçları ekibin alan uzmanlığı ile anlaşılamayan gereksinimlerden kaynaklanan süre sapma oranları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir. Bu iki etmen arasında -0.327 şiddetinde anlamlı bir ilişki vardır. Benzer ilişki yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu süre sapmalarıyla da kurulabilmektedir. Buna göre projelerdeki alan uzmanlarının sayısında bir artış oldukça gereksinim (mevcut ya da yeni gelen) kaynaklı sapmaların şiddetinde de bir azalma olur. Öte yandan, proje ekibinin alan uzmanlığı ile teknik sıkıntıların, satın

alma problemlerinin, müşteri problemlerinin, insan kaynakları sıkıntılarının ve alt yüklenici ya da proje ortakları sıkıntılarının neden olduğu sapmalar arasında anlamlı bir ilişki kurulamaz.

Proje ekibinin proje tecrübesi ile mevcut ve yeni gereksinimlerden kaynaklanan sıkıntıların, genel teknik problemlerin, müşteri problemlerinin, insan kaynakları problemlerinin, satın alma problemlerinin ve alt yüklenicilerle ya da ortaklarla ilgili problemlerin neden olduğu sapmalar arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

Proje ekibinin teknik deneyimi ile genel teknik problemler ve satın alma problemleri arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Buna göre, proje ekibindeki teknik tecrübeye sahip elemanların sayısında bir artış oldukça teknik sıkıntılar ya da satın alma sıkıntıları daha az etkili olmaya başlar. Teknik sıkıntıların ya da satın alma sıkıntılarının sapma oranlarında bir düşüş yaşanır.

7.2.2 Proje yöneticisinin (PY) yetkinliği

Proje yöneticisinin yetkinliği üç temel kategoride ele alınır: Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik yetkinliği. Beşli Likert ölçeğinde tanımlı olan bu değişkenlerin sınamasında Kendall's tau_b ve Mann-Whitney U yöntemleri kullanılmıştır.

7.2.2.1 PY yetkinliği ile süre sapmaları

Bu bölümde Bölüm 3'te verilen proje yöneticisinin yetkinliği önsavları test edilir. Çizelge 7.11 proje yöneticisinin yetkinliği ile proje süreleri ve süre sapma değerleri arasındaki ilişkileri gösterir.

Analiz sonuçları proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile toplam proje süresi arasında bir ilişki olmadığını gösterir. Buna göre yazılım temelli sistemleri geliştiren projelerde proje yöneticisinin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje yönetme deneyimi geliştirme süresi üzerinde etkili değildir. Öte yandan, proje yöneticisinin yönetim tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi ile proje süre sapma miktarları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Buna göre, proje yöneticisinin yetkinliği arttıkça süre sapma miktarlarında bir azalma olur. Benzer şekilde proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile süre sapma oranları arasında da negatif yönde ve anlamlı bir ilişki mevcuttur.

Süre sapma oranlarında proje yöneticisinin yönetim tecrübesi oldukça etkilidir. Çizelge 7.11 bu iki değişken arasında negatif yönde ve 0.486 şiddetinde bir ilişki olduğunu gösterir. Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi ile süre sapma oranları arasında sırasıyla -0.377 ve -0.361 şiddetinde bir ilişki mevcuttur. Bu iki etmenin şiddeti birbirine çok yakındır. Proje başlangıcında projenin düzgün bir şekilde planlanabilmesi ve kestirimlerin gerçekçi olabilmesi için proje yöneticisinin yönetim tecrübesine, alan uzmanlığına ve teknik deneyimine ihtiyaç duyulur.

Çizelge 7.11 : PY yetkinlik düzeyleri ile proje süreleri arasındaki ilişki.

Bağımlı değişkenler N=75	PY yetkinlik düzeyleri	Korelasyon Kats.	Anl.
SüreGerçek	PYYetkin_Yönetim	-0.057	0.517
	PYYetkin_Alan	0.050	0.569
	PYYeter_Teknik	-0.158	0.084
SA_SSM	PYYetkin_Yönetim	-0.334**	0
	PYYetkin_Alan	-0.209*	0.019
	PYYeter_Teknik	-0.375**	0
SA_SSO	PYYetkin_Yönetim	-0.486**	0
	PYYetkin_Alan	-0.377**	0
	PYYeter_Teknik	-0.361**	0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Çizelge 7.11'de verilen analiz sonuçları, 0.05 anlamlılık düzeyinde, proje yönetimi sıfır önsavlarının reddedilmesi, alternatif önsavların ise kabul edilmesi gerektiğini söyler. Buna göre, önsav sınama sonuçlarının bir özeti Çizelge 7.12'de verilmiştir.

Çizelge 7.12 : PY önsavlarının sınama sonuçları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PYYetkinYönetim(S)}$	Proje yöneticisinin yönetim yetkinliği ile toplam proje süre sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
	Proje yöneticisinin yönetim yetkinliği ile toplam proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{PYYetkinAlan(S)}$	Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.019
	Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{PYYetkinTeknik(S)}$	Proje yöneticisinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
	Proje yöneticisinin teknik deneyimi ile toplam proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0

7.2.2.2 PY yetkinlik düzeyleri ile temel bozucu etmenler

Bu bölümde temel bozucu etmenlerle proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri arasındaki ilişkiler incelenir. Burada temel bozucu etmenlerin neden olduğu süre sapma oranları bağımlı değişken, proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ise bağımsız değişken olarak seçilmiştir.

Çizelge 7.13 proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile toplam süre sapma oranları arasındaki ilişkilerin sonuçlarını verir. Analiz sonuçlarına göre gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapmalarda proje yöneticisinin yönetim tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi etkilidir. Yönetim tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik tecrübe bileşenleri ile GA sapma oranları arasındaki ilişkilerin şiddeti birbirine çok yakındır. Buna göre, proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri arttıkça GA sapma oranlarında bir azalma görülür.

Çizelge 7.13 : PY yetkinlik düzeyleri ile temel bozucu etmenler.

PY yetkinlik düzeyleri	Temel bozucu etmenler	Korelasyon Kats.	Anl.
PYYetkin_Yönetim	SA_GA(%)	**-0.343****	**0**
	SA_GTP(%)	**-0.232***	**0.011**
	SA_YGG(%)	**-0.244****	**0.010**
	SA_Müşteri(%)	-0.069	0.485
	SA_İKP(%)	-0.151	0.128
	SA_SAlma(%) N=60[a]	**-0.243***	**0.028**
	SA_AYPO(%) N=30[b]	0.033	0.833
PYYetkin_Alan	SA_GA(%)	**-0.351****	**0**
	SA_GTP(%)	-0.085	0.351
	SA_YGG(%)	-0.178	0.062
	SA_Müşteri(%)	**-0.241***	**0.015**
	SA_İKP(%)	-0.089	0.371
	SA_SAlma(%) N=60[a]	-0.180	0.106
	SA_AYPO(%) N=30[b]	-0.010	0.949
PYYetkin_Teknik	SA_GA(%)	**-0.317****	**0.001**
	SA_GTP(%)	**-0.283****	**0.003**
	SA_YGG(%)	-0.119	0.227
	SA_Müşteri(%)	**-0.260***	**0.011**
	SA_İKP(%)	**-0.209***	**0.041**
	SA_SAlma(%) N=60[a]	-0.042	0.714
	SA_AYPO(%) N=30[b]	-0.011	0.947

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
a. Satın alma faaliyetiyle uğraşan projeler
b. Alt yüklenicilerle çalışan ya da ortakları olan projeler.

Genel teknik sıkıntılardan kaynaklanan sapmalarda proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ve teknik tecrübesi etkilidir. Buna göre, proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ve teknik tecrübesi arttıkça genel teknik problemlerden kaynaklanan sapmaların oranlarında bir azalma olur. Öte yandan, alan uzmanlığı ile teknik problemlerin süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

Yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sapmaların oranında proje yöneticisinin yönetim deneyimi, 0.05 anlamlılık düzeyinde etkilidir. Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi arttıkça YGG kaynaklı süre sapma oranlarında bir azalma olur. Yeni gelen müşteri isteklerinin kabul edilip edilmemesi ya da kabul edilen isteklerin gerçekleştirilmesi esnasında yürütülen stratejiler (planların değiştirilmesi ve projeye yeni personelin dâhil edilmesi gibi) proje yönetim tecrübesiyle ilgilidir. Benzer şekilde proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile YGG sapma oranları arasında, ancak %10 anlamlılık düzeyinde, düşük şiddette ve negatif yönde bir ilişki kurulabilmektedir. Proje başlangıcında mevcut gereksinimlerin yeterliliğine göre yeni gereksinimlerin gelebileceğini öngörebilmek proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile ilgilidir. Öte yandan, proje yöneticisinin teknik tecrübesiyle YGG sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

Proje ekibi ürün gereksinimleri dışındaki diğer bilgileri müşteriden almak zorunda kalabilir. Örneğin, bir işletme yönetim sistemi oluşturulacaksa işletmeye özel bilgilerin, kuralların, kılavuzların, standartların ve düzenlemelerin ilgili projeye zamanında ulaştırılması gerekir. Yine ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca belli aşamalarda müşterilerden onay bekleniyor olabilir. Müşteri kaynaklı sıkıntılarla tüm bu bilgilerin ya da onayın geç gelmesi kastedilir. Analiz sonuçlarına göre müşteri kaynaklı sapmalarda proje yöneticisinin yönetim bilgisinden çok, alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi etkilidir. Öyle ki, örneklemde proje yönetim tecrübesi çok iyi olmasına rağmen müşteri kaynaklı sapmaların çok yüksek olduğu projeler bulunur. Alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi çok iyi olan proje yöneticileri bu tip problemlerin doğuracağı sonuçları önceden kestirebilir. Eğer sorun bilgi temini ise bunu farklı kaynaklardan elde etme yoluna gidebilir.

İnsan kaynakları problemleri etmeni, çalışanların süreksizliği ve temini alt bileşenlerinden oluşur. İnsan kaynakları nedeniyle oluşan sapmalarda süreksizlik alt bileşeni oldukça baskındır. Analiz sonuçları proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ve alan uzmanlığı ile insan kaynaklarının neden olduğu süre sapma oranları arasında,

%5 anlamlılık düzeyinde, bir ilişki olmadığını gösterir. Öte yandan, proje yöneticisinin teknik tecrübesi ile süre sapma oranları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki vardır. Bu iki etmen arasındaki ilişki negatif yönde ve 0.209 şiddetindedir. Buna göre, proje yöneticisinin teknik uzmanlığı arttıkça insan kaynakları nedeniyle oluşan süre sapma oranlarında bir azalma olur. Bunun en önemli nedeni, insan kaynakları sıkıntılarının genel teknik sıkıntılar üzerinde etkili olmasıdır. Teknik tecrübesi çok iyi olan proje yöneticileri, insan kaynakları süreksizliği nedeniyle oluşabilecek problemleri önceden kestirebilir ve bu etmenin etkisini azaltabilecek tedbirler alabilir.

Satın alma faaliyetlerden kaynaklanan sapmalarda proje yöneticisinin yönetim tecrübesi etkilidir. Buna göre, proje yöneticisinin yönetim tecrübesi arttıkça satın alma kaynaklı süre sapma oranlarında bir azalma olur. Öte yandan, proje yöneticisinin alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi ile satın alma süre sapmaları arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.

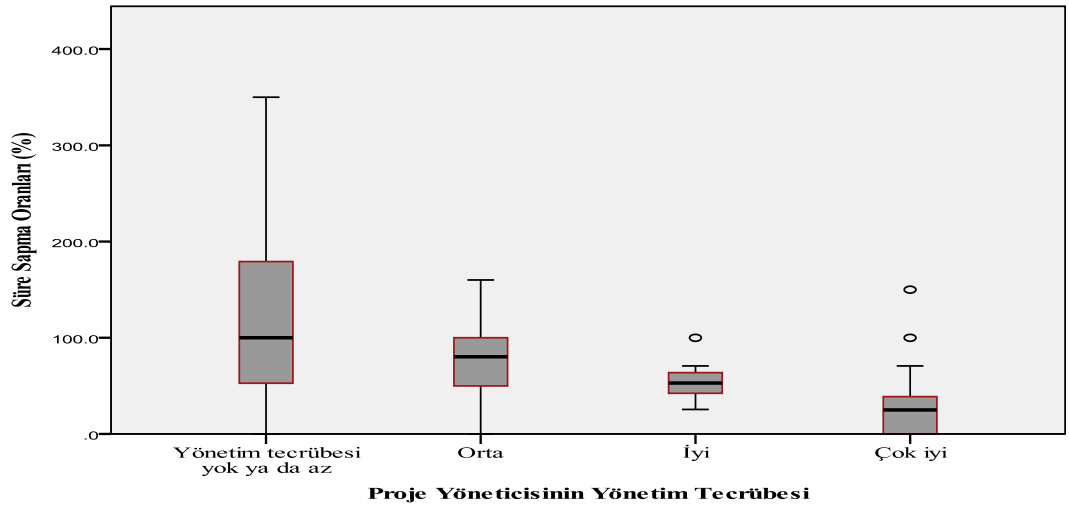
Son olarak, alt yüklenicilerin ve proje ortaklarının neden olduğu sapmalar ile proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir. Örneklemdeki projelerin sadece %40'ı alt yüklenicilerle çalışır ya da projeyi ortaklarla birlikte yürütür. Yine projelerin %28'inde AYPO sıkıntıları oluşmakta ve %16'sında bu sıkıntılar sapmaya neden olmaktadır. AYPO sapmalarının altında yatan nedenleri bulabilmek için daha fazla örneğe ihtiyaç duyulur.

7.2.2.3 PY grupları arasındaki karşılaştırmalar

Yönetim tecrübesi:

Beşli Likert ölçeğinde tanımlanan proje yöneticisinin yönetim tecrübesi, "tecrübe az" veri kümesinde sınırlı sayıda (3 adet) durum olmasından dolayı "tecrübe az" ile "tecrübe yok" veri kümeleri birleştirilmiş, yeni verinin kutu gösterimi Şekil 7.7'de verilmiştir.

Bu bölümde proje yöneticisinin yönetim tecrübesi grupları arasındaki farklılık Mann-Whitney U sınamasıyla test edilir. Çok iyi düzeyde proje yönetme tecrübesine sahip olan grup dışarıda bırakıldığında, diğer gruplar arasında proje süre sapma miktarları ve süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Yürütülen testlerin sonuçları Çizelge 7.14'te verilmiştir.



Şekil 7.7 : PY yönetim tecrübesi gruplarının kutu gösterimi**.**

Çizelge 7.14'e göre, proje yönetme tecrübesi olmayan ya da az olan grup ile orta düzeyde tecrübeye sahip olan grup arasında süre sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 7.14 : PY yönetim tecrübesi grupları arasındaki fark.

Süre sapma değeri	PYYetkin_Yönetim grupları	N	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSM	Yok ya da az	16	16,00	256.00	104.000	0.739
	Orta	14	14.93	209.00		
	Yok ya da az	16	15.72	251.50	76.500	0.364
	İyi	12	12.88	154.50		
	Orta	14	14.43	202.00	71.000	0.503
	İyi	12	12.42	149.00		
	Orta	14	32.00	448.00	119.000	**0.009**
	Çok iyi	33	20.61	680.00		
	İyi	12	30.83	370.00	104.000	**0.015**
	Çok iyi	33	20.15	665.00		
	Yok ya da az	16	34.31	549.00	115.000	**0.001**
	Çok iyi	33	20.48	676.00		
SA_SSO	Yok ya da az	16	16.97	271.50	88.500	0.327
	Orta	14	13.82	193.50		
	Yok ya da az	16	17.34	277.50	50.500	0.034
	İyi	12	10.71	128.50		
	Orta	14	16.21	227.00	46.000	0.050
	İyi	12	10.33	124.00		
	Orta	14	35.54	497.50	69.500	**0.000**
	Çok iyi	33	19.11	630.50		
	İyi	12	33.25	399.00	75.000	**0.002**
	Çok iyi	33	19.27	636.00		
	Yok ya da az	16	36.44	583.00	81.000	**0.000**
	Çok iyi	33	19.45	642.00		

Benzer şekilde, orta ve iyi düzeyde proje yönetme tecrübesine sahip gruplar arasında, süre sapma miktarları ve süre sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Öte yandan Mann-Whitney U sınama sonuçları, çok iyi düzeyde yönetim tecrübesine sahip grupla diğerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Buna göre, proje yönetimi tecrübesi ile süre sapma değerleri arasındaki negatif ilişkide, çok iyi derecede yönetim tecrübesine sahip olmak ön plana çıkar.

Çizelge 7.15 yönetim tecrübesi grupları arasında süre sapma değerlerinin nasıl farklılaştığını gösterir. Buna göre, yönetim tecrübesi çok iyi olan grupta süre sapma oranlarının ortalaması %29.8 iken bu değer yönetim tecrübesi orta olan grupta %79.7'ye ve yönetim tecrübesi olmayan ya da az olan grupta ise %120.4'e çıkar.

Çizelge 7.15 : PY yönetim tecrübesi ve süre sapmaları.

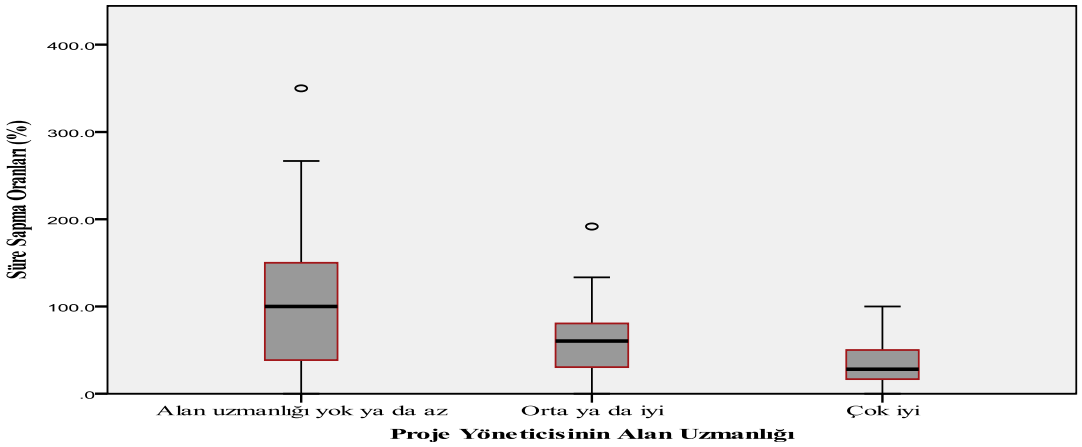
PY yönetim tecrübesi			
SA_SSM	N	Ortalama	Ortanca
Yeterli değil ya da az	16	10.813	10.250
Orta	14	10.307	8.000
İyi	12	8.138	7.750
Çok iyi	33	4.720	3.000
Toplam	75	7.609	7.000
SA_SSO	N	Ortalama	Ortanca
Yeterli değil ya da az	16	120.377	100.000
Orta	14	79.709	80.278
İyi	12	55.093	52.922
Çok iyi	33	29.812	25.000
Toplam	75	62.492	50.000

Alan uzmanlığı:

Proje yöneticisinin alan uzmanlığı alt grupları arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda, bazı gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bu nedenle bu değişken üçlü Likert ölçeğine indirilir. Grup birleştirme esnasında alan uzmanlığı olmayan ve alan uzmanlığı az olan projeler ile alan uzmanlığı orta ve iyi derecede olan projeler birleştirilmiştir. Şekil 7.8 proje yöneticisinin alan uzmanlığına göre süre sapma oranlarının nasıl değiştiğini gösterir.

Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile proje süresindeki sapmalar Mann-Whitney U sınamasıyla test edilmiş, Çizelge 7.16'daki sonuçlar elde edilmiştir. Analiz sonuçları alan uzmanlığı olmayan ya da az olan proje yöneticileri ile alan uzmanlığı orta ve iyi

düzeyde alan proje yöneticileri arasında, süre sapma miktarları ve süre sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark olmadığını gösterir. Öte yandan, çok iyi derecede alan uzmanlığı olan proje yöneticileri ile alan uzmanlığı olmayan, alan uzmanlığı az, orta ya da iyi derecede olan proje yöneticileri arasında, %5 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan bir fark vardır.



Şekil 7.8 : PY alan uzmanlığı gruplarının kutu gösterimi.

Proje yöneticisinin alan uzmanlığı çok iyi olduğu durumlarda proje süre sapma oranlarında anlamlı bir fark görülür. Alan uzmanlığının olmadığı yahut az, orta ve iyi olduğu projeler arasında, proje süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur. Proje yöneticisi geliştirilen ürünün konusuna hâkimse, süre sapma oranlarında anlamlı bir fark olur.

Çizelge 7.16 : PY alan uzmanlığı grupları arasındaki fark.

Süre sapma değeri	PYYetkin_Alan grupları	N	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSM	Yok ya da az	22	18.25	401.50	148.500	0.178
	Orta ya da iyi	18	23.25	418.50		
	Yok ya da az	22	33.75	742.50	280.500	0.085
	Çok iyi	35	26.01	910.50		
	Orta ya da iyi	18	35.39	637.00	164.000	0.004
	Çok iyi	35	22.69	794.00		
SA_SSO	Yok ya da az	22	22.66	498.50	150.500	0.196
	Orta ya da iyi	18	17.86	321.50		
	Yok ya da az	22	38.45	846.00	177.000	0.001
	Çok iyi	35	23.06	807.00		
	Orta ya da iyi	18	35.44	638.00	163.000	0.004
	Çok iyi	35	22.66	793.00		

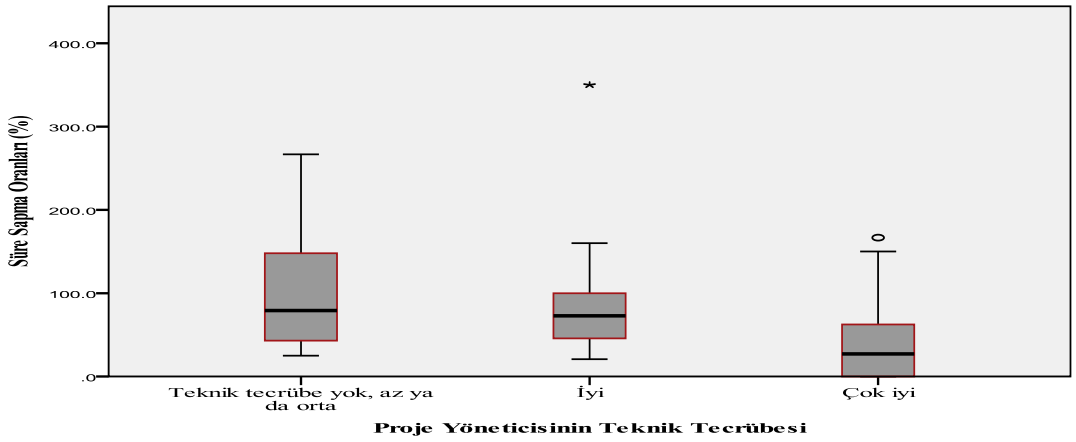
Çizelge 7.17 proje yöneticilerinin alan uzmanlığına göre süre sapma değerlerinin değişimini gösterir. Alan uzmanlığı çok iyi olan proje yöneticilerinin süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %34.3'tür. Bu grup için hesaplanan süre sapma miktarları ortalaması yaklaşık ise 5.77 aydır. Alan uzmanlığı orta ya da iyi düzeyde olan projelerde süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %67 ve süre sapma miktarları ortalaması yaklaşık 10.70 aydır. Alan uzmanlığı olmayan ya da az olan proje yöneticilerinin yönettiği projelerde süre sapma oranı %100'lere çıkar.

Çizelge 7.17 : PY alan uzmanlığı ve süre sapmaları.

Proje yöneticisinin alan uzmanlığı			
SA_SSM	N	Ortalama	Ortanca
Yeterli değil ya da az	22	8.000	8.250
Orta ya da iyi	18	10.703	9.875
Çok iyi	35	5.773	4.000
Toplam	75	7.609	7.000
SA_SSO	N	Ortalama	Ortanca
Yeterli değil ya da az	22	103.642	100.000
Orta ya da iyi	18	66.949	60.417
Çok iyi	35	34.334	28.125
Toplam	75	62.492	50.000

Teknik tecrübe:

Proje yöneticisinin teknik uzmanlığı veri kümesinde bazı gruplar yeterli veriye sahip değildir. Bu nedenle değişken üçlü Likert ölçeğine indirilir. Şekil 7.9 proje yöneticisinin teknik tecrübesine göre süre sapma oranlarının değişimini gösterir.



Şekil 7.9 : PY teknik tecrübe gruplarının kutu gösterimi.

Proje yöneticisinin teknik uzmanlığı ile proje süresindeki sapmalar Mann-Whitney U sınamasıyla test edilmiş, Çizelge 7.18'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 7.18 : PY teknik tecrübe grupları arasındaki fark.

Süre sapma değeri	PYYetkin_Teknik grupları	N	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSM	Yok, az ya da orta	12	20.46	245.50	96.500	0.204
	İyi	22	15.89	349.50		
	Yok, az ya da orta	12	39.71	476.50	93.500	0.001
	Çok iyi	41	23.28	954.50		
	İyi	22	41.70	917.50	237.500	0.002
	Çok iyi	41	26.79	1098.50		
SA_SSO	Yok, az ya da orta	12	18.79	225.50	116.500	0.582
	İyi	22	16.80	369.50		
	Yok, az ya da orta	12	37.96	455.50	114.500	0.005
	Çok iyi	41	23.79	975.50		
	İyi	22	42.52	935.50	219.500	0.001
	Çok iyi	41	26.35	1080.50		

Çizelge 7.18'e göre, çok iyi derecede teknik uzmanlığı olan proje yöneticileri ile diğer gruptaki proje yöneticileri arasında, süre sapma miktarları ve oranları bakımından, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark vardır. Öte yandan, teknik uzmanlığı olmayan, az ya da orta olan proje yöneticileri ile iyi derecede teknik uzmanlığa sahip olan proje yöneticileri arasında, proje süre sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur. Sonuçlar teknik uzmanlığın olmadığı yahut az, orta ve iyi olduğu durumlar arasında proje süre sapma miktarları ya da oranları bakımından anlamlı bir fark olmadığını gösterir. Diğer bir deyişle, teknik uzmanlığı çok iyi olan proje yöneticileri projeleri diğerlerine göre daha düşük süre aşımlarıyla tamamlar.

Çizelge 7.19 proje yöneticisinin teknik tecrübesine göre projelerdeki toplam süre sapma miktarlarının ve oranlarının değişimini gösterir.

Çizelge 7.19 : PY teknik tecrübe ve süre sapmaları.

Proje yöneticisinin teknik tecrübesi			
SA_SSM	N	Ortalama	Ortanca
Yeterli değil, az ve orta	12	12.008	12.000
İyi	22	9.661	8.000
Çok iyi	41	5.221	3.500
Toplam	75	7.609	7.000
SA_SSO	N	Ortalama	Ortanca
Yeterli değil, az ve orta	12	100.625	79.167
İyi	22	82.827	72.917
Çok iyi	41	40.419	27.083
Toplam	75	62.492	50.000

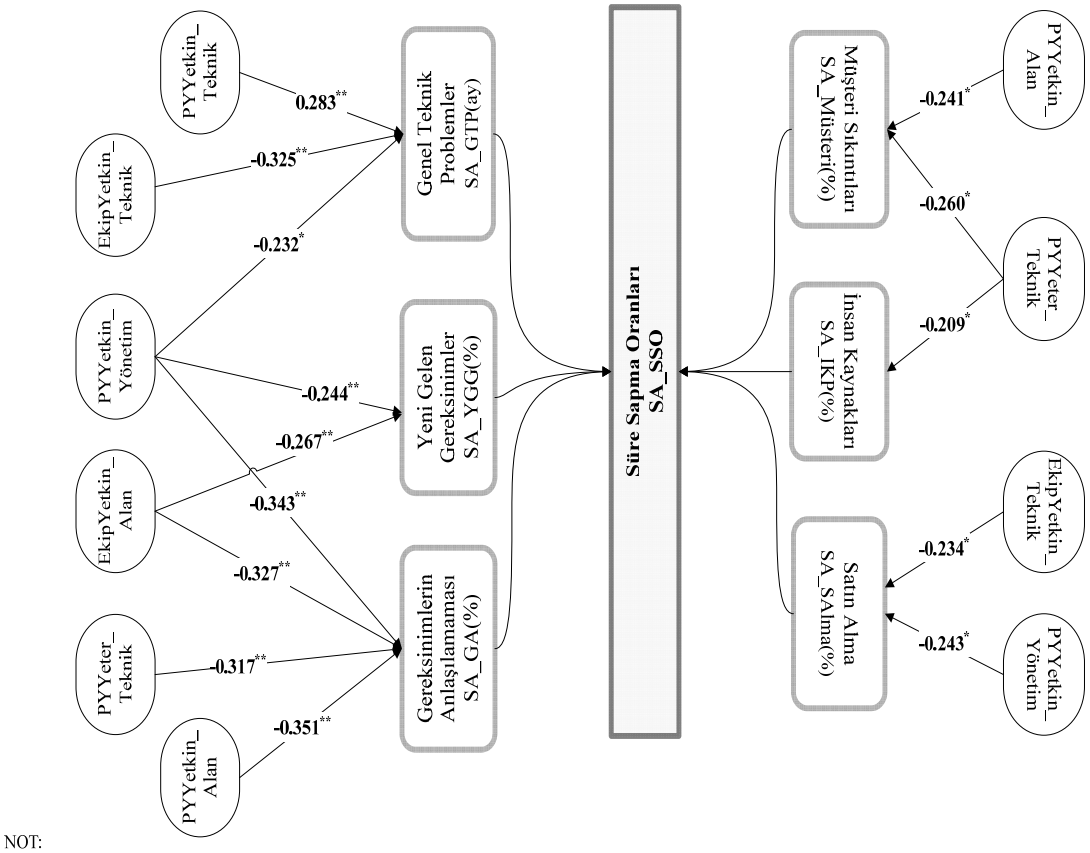
Proje yöneticisi ürün geliştirmeyle ilgili teknik beceriye sahipse süre sapma miktarlarında ve oranlarında anlamlı bir farklılık olur. Öyle ki, teknik tecrübesi çok iyi olan yöneticiler tarafından yürütülen projelerde, süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 5.2 ay, süre sapma oranlarının ortalaması ise yaklaşık %40.4'tür. Teknik tecrübesi iyi olan yöneticiler tarafından yürütülen projelerde, süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 9.7 aya ve süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %82.8'e yükselir.

Yine teknik uzmanlığı olmayan, az olan ya da orta düzeyde olan projelerin süre sapma miktarları ortalaması yaklaşık 12 ay ve süre sapma oranlarının ortalaması ise yaklaşık %101 olarak bulunmuştur. Teknik tecrübesi olmayan, az olan ya da orta düzeyde olan grup ile teknik tecrübesi iyi olan grubun ortanca ve ortalama değerleri birbirine çok yakındır. Bu nedenle, bu iki grup arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır.

7.2.3 Yetkinlik düzeylerinin temel bozucu etmenler üzerindeki etkisi

Şekil 7.10, proje ekibinin ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişkileri birlikte değerlendirir. Buna göre, proje yöneticisinin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve yönetim tecrübesi ile ekibin alan uzmanlığı mevcut gereksinimlerden kaynaklanan sapmaların büyüklüğünü etkiler. Ürün geliştirme yaşam döngüsü boyunca projeye dâhil edilen gereksinimler geliştirme sürecini olumsuz yönde etkiler. Yeni gelen gereksinimlerin süreci ne kadar etkileyeceği ekip elemanlarının alan uzmanlığı ve proje yöneticisinin yönetim tecrübesiyle belirlenir.

Proje yöneticisinin yönetim ve teknik tecrübesi ile proje ekibinin teknik tecrübesi, tasarım, gerçekleştirme ve test aşamalarında oluşan süre sapmalarını etkiler. Yine, satın alma faaliyetlerinin neden olabileceği sapmalarda proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ve ekip elemanlarının teknik deneyimi etkilidir. Öte yandan, ekip elemanlarının yetkinlik düzeyleri insan kaynaklarının ve müşterilerin neden olduğu süre sapmalarında etkili değildir. Müşteri kaynaklı sapmaların büyüklüğü, proje yöneticisinin alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi ile belirlenir. İnsan kaynaklarının neden olduğu sapmalarda ise sadece proje yöneticisinin teknik tecrübesi etkilidir.



Şekil 7.10 : PY ve ekip yetkinlik düzeyleri ve temel bozucu etmenler.

7.2.4 Ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumları

Bu bölümde proje başlangıcında ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumları incelenir. Ürün gereksinimleri ürünün operasyonel, işlevsel ve tasarım ihtiyaçlarını belirlemede yeterli olmalıdır. Beşli Likert ölçeğinde tanımlanan operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin önsav sınamalarında Kendall's tau_b yöntemi ve gruplar arası karşılaştırmalarda ise Man-Whitney U sınaması kullanılmıştır.

7.2.4.1 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile süre sapmaları

Bölüm 3'te verilen gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile ilgili önsavlar, Kendall's tau_b yöntemiyle test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 7.20'de özetlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin tanımlı olma durumlarıyla projelerdeki süre sapma değerleri arasında negatif yönde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki vardır. Buna göre, proje başlangıcında ürün gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi arttıkça projelerin gecikme miktarlarında ya da oranlarında bir azalma olur. Özellikle süre sapma oranlarında işlevsel

gereksinimlerin etkisi diğerlerine göre biraz daha fazla hissedilir. Çizelge 7.20 bu iki değişken arasında -0.515 şiddetinde anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir.

Diğer taraftan gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile proje süreleri arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.

Çizelge 7.20 : Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile süre sapma değerleri.

Bağımlı değişkenler N=75	Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri	Korelasyon Kats.	Anl.
SüreGerçek	GerekOperasyonel	-0.064	0.460
	GerekİşlevsEl	-0.043	0.616
	GerekTasarım	-0.095	0.271
SA_SSM	GerekOperasyonel	-0.397**	0
	GerekİşlevsEl	-0.384**	0
	GerekTasarım	-0.373**	0
SA_SSO	GerekOperasyonel	-0.485**	0
	GerekİşlevsEl	-0.515**	0
	GerekTasarım	-0.394**	0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Çizelge 7.20'de verilen analiz sonuçları, gereksinimlerin tanımlı olma durumlarıyla süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğunu söyler. Buna göre önsav sınama sonuçlarının bir özeti Çizelge 7.21'de verilmiştir.

Çizelge 7.21 : Süre sapmalarına göre gereksinim düzeyleri önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{GereksinimTanımları(S)_O}$	Operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile proje süre sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
	Operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{GereksinimTanımları(S)_İ}$	İşlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile proje süre sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	
	İşlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{GereksinimTanımları(S)_T}$	Tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile proje süre sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
	Tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile proje süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0

7.2.4.2 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile temel bozucu etmenler

Bu bölümde temel bozucu etmenlerle gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasındaki ilişkiler incelenir. Burada temel bozucu etmenlerin neden olduğu süre sapma oranları bağımlı değişken, gereksinim tanımları ise bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Yürütülen Kendall's tau_b sınama sonuçları Çizelge 7.22'de verilmiştir.

Çizelge 7.22 : Gereksinim düzeyleri ile temel bozucu etmenler.

Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi	Temel bozucu etmenler	Korelasyon Kats.	Anl.
GerekOperasyonel	SA_GA(%)	**-0.473****	**0**
	SA_GTP(%)	-0.135	0.134
	SA_YGG(%)	**-0.303****	**0**
	SA_Müşteri(%)	**-0.352****	**0**
	SA_İKP(%)	-0.164	0.091
	SA_SAlma(%) N=60[a]	-0.091	0.408
	SA_AYPO(%) N=30[b]	-0.112	0.472
GerekİşlevseI	SA_GA(%)	**-0.458****	**0**
	SA_GTP(%)	-0.171	0.055
	SA_YGG(%)	**-0.311****	**0.001**
	SA_Müşteri(%)	**-0.362****	**0**
	SA_İKP(%)	-0.095	0.327
	SA_SAlma(%) N=60[a]	-0.086	0.429
	SA_AYPO(%) N=30[b]	-0.125	0.415
GerekTasarım	SA_GA(%)	**-0.279****	**0.002**
	SA_GTP(%)	**-0.348****	**0**
	SA_YGG(%)	**-0.231***	**0.013**
	SA_Müşteri(%)	**-0.221***	**0.023**
	SA_İKP(%)	-0.109	0.263
	SA_SAlma(%) N=60[a]	-0.154	0.156
	SA_AYPO(%) N=30[b]	-0.116	0.453

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
a. Satın alma faaliyetiyle uğraşan projeler
b. Alt yüklenicilerle çalışan ya da ortakları olan projeler.

Operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin düzeyi ile mevcut gereksinimlerden kaynaklanan süre sapma oranları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Anlaşılamayan gereksinimlerden kaynaklanan süre sapma oranlarıyla operasyonel gereksinimler arasında -0.473, işlevsel gereksinimler arasında -0.458 ve tasarım gereksinimleri arasında ise -0.279 şiddetinde bir ilişki vardır. Mevcut gereksinimlerin anlaşılmasında operasyonel ve işlevsel gereksinimlerin tanımlı olma durumları oldukça etkilidir. Tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi gereksinim kaynaklı sapmaları daha düşük bir şiddette etkiler.

Benzer şekilde operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimleri yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan sapmaları etkiler. Projelerde operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeylerinde bir artış oldukça yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu gecikmelerin büyüklüğünde de bir azalma olur. Yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sapmaların oranı ile operasyonel ve işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri arasında negatif yönde ve 0.300'ler seviyesinde anlamlı bir ilişki vardır. Tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi ile olan ilişkinin şiddeti daha düşüktür.

Benzer şekilde müşteri kaynaklı sapmaların oranı ile operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyleri arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Operasyonel ve işlevsel gereksinimler ile sapma oranları arasındaki ilişkinin şiddeti -0.350'ler mertebesindedir. Öte yandan, tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi dikkate alındığında aradaki ilişkinin şiddetinde bir azalma olur. Buna göre, müşteri kaynaklı süre sapmalarında operasyonel ve işlevsel gereksinimlerin tanımlı olma durumları çok daha etkilidir.

Genel teknik problemler nedeniyle oluşan sapmalarda operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyi etkili değildir. Proje başlangıcında operasyonel gereksinimler çok iyi tanımlansa bile, tasarım ve gerçekleştirme aşamalarında çok ciddi gecikmeler yaşanabilir.

İşlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile GTP sapma oranları arasındaki ilişki ancak %10 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Öte yandan, tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi GTP sapma oranlarında oldukça etkilidir. Bu iki değişken arasında negatif yönde ve 0.348 şiddetinde anlamlı bir ilişki vardır. Tasarım gereksinimlerinin iyi tanımlandığı projelerde, teknik sıkıntıların ya da zorlukların etkisi daha az hissedilir. Tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi arttıkça GTP kaynaklı süre sapma oranlarında da bir düşüş olur.

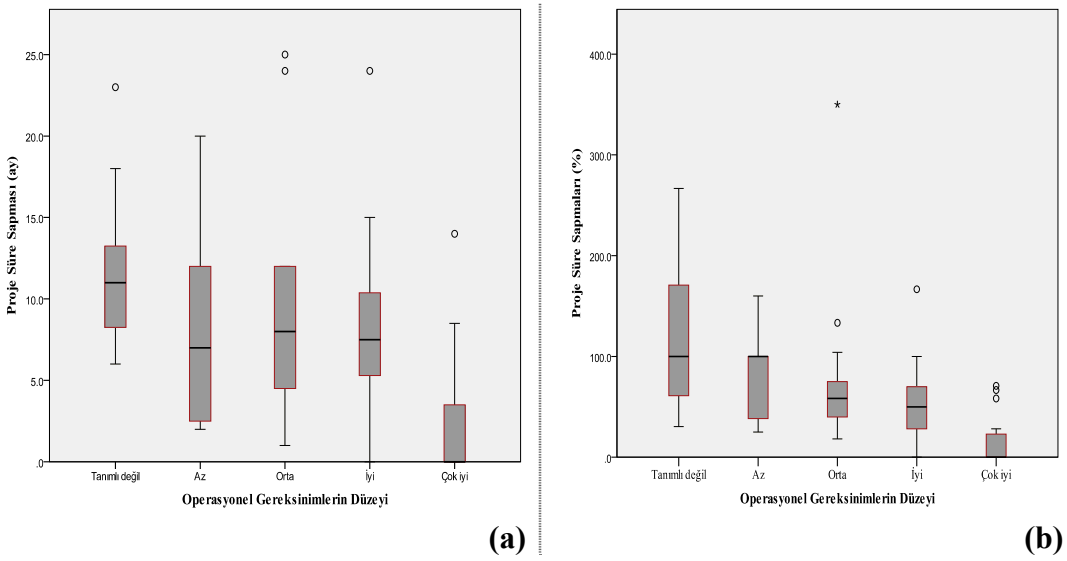
Son olarak, Çizelge 7.22 operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimleri ile insan kaynaklarının, satın alma faaliyetlerinin ve alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu sapmalar arasında anlamlı bir ilişki kurulamadığını gösterir. Buna göre, bu etmenlerin neden olduğu gecikmelerde gereksinimlerin tanımlanma düzeyi etkili değildir.

7.2.4.3 Gereksinim tanımlamaları arasındaki karşılaştırmalar

Operasyonel Gereksinimler:

Geliştirme projelerinde kapsamın belirlenebilmesi için operasyonel gereksinimlere ihtiyaç duyulur. Proje başlamadan önce ya da proje başlangıcında operasyonel gereksinimlerin tam ve doğru bir şekilde tanımlı olması gerekir. Başlangıçta eksik tanımlanan ya da doğru bir şekilde ifade edilmeyen tek bir gereksinim bile, proje süresinde ciddi sapmalara neden olur.

Şekil 7.11'de operasyonel gereksinimleri tanımlanma düzeylerinin proje sapma değerleriyle bir karşılaştırılması yapılır. Şekil 7.11a süre sapma miktarlarına ve Şekil 7.11b ise süre sapma oranlarına göre bu karşılaştırmayı yapar. Grafikler gereksinimleri tanımlamayan ya da bunları az, orta yahut iyi düzeyde tanımlayan projelerdeki süre sapma değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu gösterir. Bu çıkarımların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı Mann-Whitney U sınamasıyla analiz edilmiştir.



Şekil 7.11 : Operasyonel gereksinimlere göre süre sapmaları (a) miktar (b) oran

Gruplar arasında yürütülen ikili karşılaştırmalarda gereksinimleri çok iyi düzeyde tanımlayan projeler ile diğer projeler arasında süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır (Mann-Whitney U, $p=0$). Öte yandan gereksinimleri tanımlamayan, az, orta ya da iyi düzeyde tanımlayan projeler arasında anlamlı bir fark yoktur (Mann-Whitney U, $p>0.05$). Çizelge 7.23, gruplar arası karşılaştırmaların bir özetini verir.

Çizelge 7.23 : Operasyonel gereksinimlerin düzeyleri arasındaki fark.

Süre sapma değeri	GerekOperasyonel grupları	N	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSM	Tanımlı değil	11	11.86	130.50	34.500	0.261
	Az	9	8.83	79.50		
	Az	9	13.28	119.50	74.500	0.916
	Orta	17	13.62	231.50		
	Orta	17	18.65	317.00	159.000	0.937
	İyi	19	18.37	349.00		
	Orta	17	25.21	428.50	47.500	**0**
	Çok iyi	19	12.50	237.50		
	İyi	19	26.16	497.00	54.000	**0**
	Çok iyi	19	12.84	244.00		
SA_SSO	Tanımlı değil	11	11.64	128.00	37.000	0.370
	Az	9	9.11	82.00		
	Az	9	14.50	130.50	67.500	0.634
	Orta	17	12.97	220.50		
	Orta	17	20.38	346.50	129.500	0.310
	İyi	19	16.82	319.50		
	Orta	17	25.79	438.50	37.500	**0**
	Çok iyi	19	11.97	227.50		
	İyi	19	25.89	492.00	59.000	**0**
	Çok iyi	19	13.11	249.00		

Süre sapmaları bakımından anlamlı farklılık içermeyen gruplar birleştirilmiş, operasyonel gereksinimler veri kümesindeki alt grup sayısı ikiye indirilmiştir. Yeni veri kümesindeki alt grupların süre sapma değerleri Çizelge 7.24'te verilmiştir.

Çizelge 7.24 : Operasyonel gereksinimlere göre süre sapmaları.

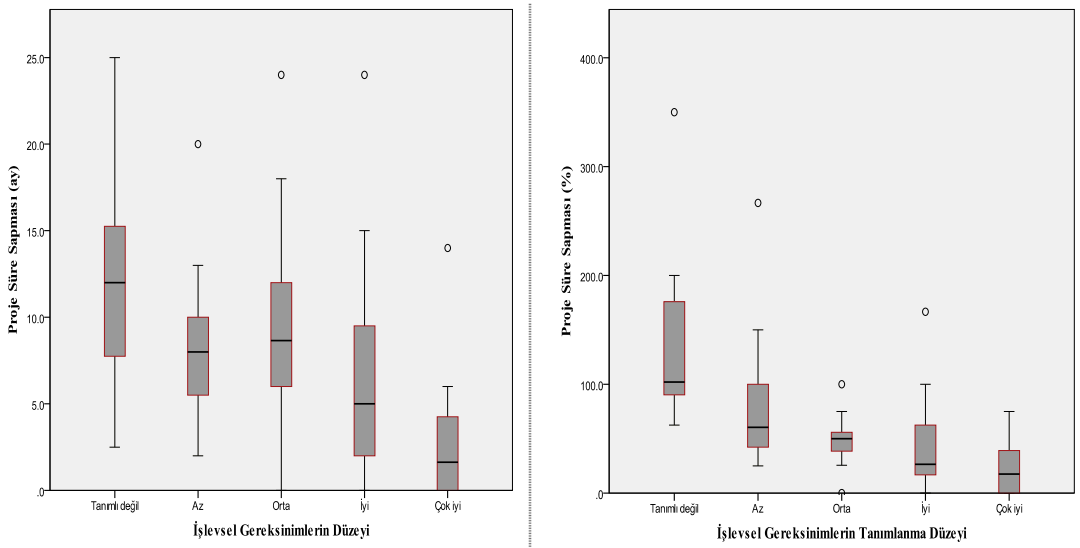
Operasyonel gereksinimlerin düzeyi			
SA_SSM	N	Ortalama	Ortanca
Operasyonel gereksinimler tanımlı değil yahut düşük, orta ya da iyi düzeyde tanımlı	56	9.356	8.250
Operasyonel gereksinimler çok iyi düzeyde tanımlı	19	2.461	0
Toplam	75	7.609	7.000
SA_SSO	N	Ortalama	Ortanca
Operasyonel gereksinimler tanımlı değil yahut düşük, orta ya da iyi düzeyde tanımlı	56	78.110	60.417
Operasyonel gereksinimler çok iyi düzeyde tanımlı	19	16.458	0
Toplam	75	62.492	50.000

Proje öncesinde operasyonel gereksinimleri çok iyi düzeyde tanımlayan projelerin ortalama sapma oranları yaklaşık %16.46 iken diğer projelerin sapma oranları

yaklaşık %78'dir. Operasyonel gereksinimlerin tam ve doğru bir şekilde tanımlanması son derece önemlidir. Geliştirme sürecindeki gecikmeler dikkate alındığında operasyonel gereksinimlerin tam ve doğru bir şekilde tanımlı olmasıyla olmaması arasında önemli bir fark olduğu görülür. Öte yandan, proje başlangıcında bu gereksinimlerin tanımlı olmama durumu ile orta ya da iyi düzeyde tanımlı olma durumu arasında, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur. Tek bir operasyonel gereksinimin eksik olması bile geliştirme sürecini sıkıntıya sokar.

İşlevsel Gereksinimler:

Şekil 7.12 işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeylerine göre proje süre sapma değerlerini verir. Kutu gösterimlerine göre işlevsel gereksinimleri çok iyi düzeyde tanımlayan projeler diğer gruptaki projelere daha düşük gecikme değerlerine sahiptir. İşlevsel gereksinimleri tanımlamayan ya da bunları az, orta yahut iyi düzeyde tanımlayan projelerin süre sapma miktarları birbirine çok yakındır.



Şekil 7.12 : İşlevsel gereksinimlere göre süre sapmaları (a) miktar (b) oran.

Gruplar arasında ikili karşılaştırmalar yapılmış, sonuçlar Çizelge 7.25'te özetlenmiştir. Gruplar arası ikili karşılaştırmalar işlevsel gereksinimlerin çok iyi düzeyde tanımlandığı projelerle bunların tanımlanmadığı, az ya da orta düzeyde tanımlandığı projeler arasında, süre sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Mann-Whitney U, $p<0.05$). İşlevsel gereksinimleri az, orta ya da iyi düzeyde tanımlayan projeler arasında süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark yoktur (Mann-Whitney U, $p>0.5$).

Çizelge 7.25 : İşlevsel gereksinimlerin düzeyleri arasındaki fark.

Süre sapma değeri	GerekİşlevselGrupları	N	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSM	Tanımlı değil	12	18.00	216.00	54.000	0.053
	Az	16	11.88	190.00		
	Az	16	14.75	236.00	100.000	0.637
	Orta	14	16.36	229.00		
	Orta	14	18.57	260.00	83.000	0.161
	İyi	17	13.88	236.00		
	Orta	14	21.14	296.00	33.000	0.001
	Çok iyi	16	10.56	169.00		
	İyi	17	19.88	338.00	87.000	0.081
	Çok iyi	16	13.94	223.00		
SA_SSO	Tanımlı değil	16	19.33	232.00	38.000	0.006
	Az	14	10.88	174.00		
	Az	16	17.31	277.00	83.000	0.240
	Orta	14	13.43	188.00		
	Orta	14	18.64	261.00	82.000	0.149
	İyi	17	13.82	235.00		
	Orta	14	19.79	277.00	52.000	0.012
	Çok iyi	16	11.75	188.00		
	İyi	17	19.32	328.50	96.500	0.157
	Çok iyi	16	14.53	232.50		

Süre sapmaları bakımından anlamlı farklılık içermeyen gruplar birleştirilmiş, işlevsel gereksinimler veri kümesindeki alt grup sayısı üçe indirilmiştir. Çizelge 7.26 yeni veri kümesindeki alt grupların süre sapma değerlerini verir.

Çizelge 7.26 : İşlevsel gereksinimlere göre süre sapmaları.

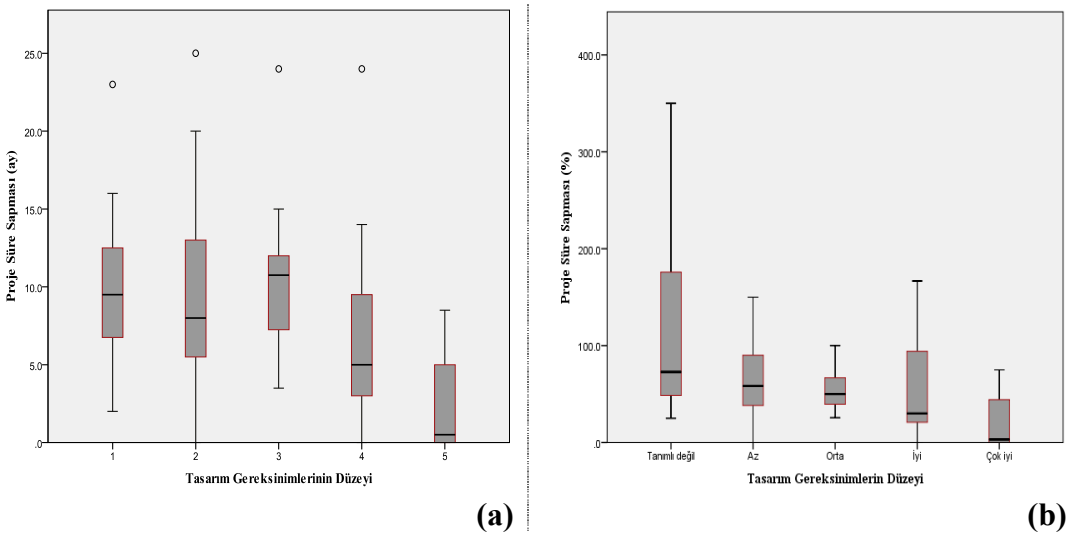
İşlevsel gereksinimlerin düzeyi			
SA_SSM	N	Ortalama	Ortanca
İşlevsel gereksinimler tanımlı değil	12	12.417	12.000
Düşük, orta ya da iyi düzeyde tanımlı	47	7.999	7.500
Çok iyi düzeyde tanımlı	16	2.859	1.625
Toplam	75	7.609	7.000
SA_SSO	N	Ortalama	Ortanca
İşlevsel gereksinimler tanımlı değil	12	138.310	102.083
Düşük, orta ya da iyi düzeyde tanımlı	47	56.658	47.222
Çok iyi düzeyde tanımlı	16	22.764	17.424
Toplam	75	62.492	50.000

Proje öncesinde işlevsel gereksinimleri çok iyi düzeyde tanımlayan projelerin ortalama sapma oranları yaklaşık %22.76'dır. İşlevsel gereksinimlerin tanımlı

olmadığı projelerde süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %138 iken gereksinimleri az, orta ya da iyi düzeyde tanımlayan projelerde bu değer yaklaşık %56.7'dir.

Tasarım Gereksinimleri:

Şekil 7.13 tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeylerine göre proje süre sapma değerlerini verir. Şekil 7.13a tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile süre sapma miktarlarını, Şekil 7.13b ise süre sapma oranlarını karşılaştırır. Operasyonel ve işlevsel gereksinimlerde olduğu gibi tasarım gereksinimlerinde de öne çıkan unsur, bu gereksinimlerin çok iyi düzeyde tanımlı olmasıdır.



Şekil 7.13 : Tasarım gereksinimlerine göre süre sapmaları (a) miktar (b) oran.

Gruplar arasında ikili karşılaştırmalar tasarım gereksinimlerini çok iyi düzeyde tanımlayan projelerle diğerleri arasında, süre sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Mann-Whitney U, $p<0.05$). Öte yandan, diğer gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur (Mann-Whitney U, $p>0.05$). Tasarım gereksinimlerini tanımlamayan, az ya da orta düzeyde tanımlayan projeler arasında süre sapma miktarları ve oranları bakımından bir fark görülmez. Çizelge 7.27 gruplar arası ikili karşılaştırmaların bir özetini sunar.

İstatistiksel açıdan farklılık göstermeyen gruplar birleştirilmiş, tasarım gereksinimleri veri kümesindeki alt grup sayısı ikiye indirilmiştir. Buna göre, tasarım gereksinimlerini eksiksiz tanımlayan projeler bir grupta, bu gereksinimleri tanımlamayan yahut az, orta ya da iyi düzeyde tanımlayan projeler ise diğer grupta toplanır.

Çizelge 7.27 : Tasarım gereksinimlerinin düzeyleri arasındaki fark.

Süre sapma değeri	GerekTasarım grupları	N	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSM	Tanımlı değil	16	16.63	266.00	110.000	0.692
	Az	15	15.33	230.00		
	Az	15	12.90	193.50	73.500	0.646
	Orta	11	14.32	157.50		
	Orta	11	18.50	203.50	49.500	0.038
	İyi	17	11.91	202.50		
	Orta	11	20.86	229.50	12.500	0
	Çok iyi	16	9.28	148.50		
	İyi	17	21.09	358.50	66.500	0.011
	Çok iyi	16	12.66	202.50		
SA_SSO	Tanımlı değil	16	18.13	290.00	86.000	0.178
	Az	15	13.73	206.00		
	Az	15	14.20	213.00	72.000	0.610
	Orta	11	12.55	138.00		
	Orta	11	16.86	185.50	67.500	0.225
	İyi	17	12.97	220.50		
	Orta	11	19.00	209.00	33.000	0.006
	Çok iyi	16	10.56	169.00		
	İyi	17	20.71	352.00	73.000	0.021
	Çok iyi	16	13.06	209.00		

Yeni veri kümesindeki alt grupların süre sapma değerleri Çizelge 7.28'de verilmiştir.

Çizelge 7.28 : Tasarım gereksinimlerine göre süre sapmaları.

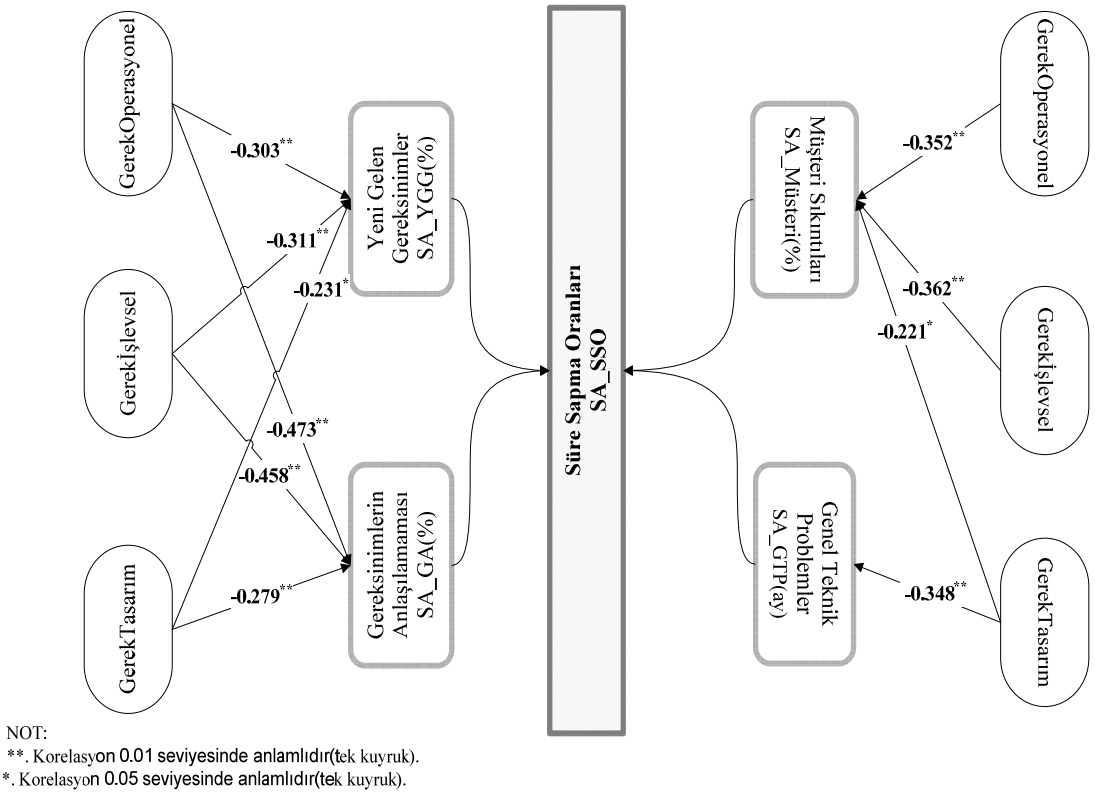
Tasarım gereksinimlerinin düzeyleri			
SA_SSM	N	Ortalama	Ortanca
Tasarım gereksinimleri tanımlı değil, düşük, orta ya da iyi düzeyde tanımlı	59	9.032	8.000
Tasarım gereksinimleri çok iyi düzeyde tanımlı	16	2.363	0.500
Toplam	75	7.609	7.000
SA_SSO	N	Ortalama	Ortanca
Tasarım gereksinimleri tanımlı değil, düşük, orta ya da iyi düzeyde tanımlı	59	73.471	55.844
Tasarım gereksinimleri çok iyi düzeyde tanımlı	16	22.005	3.125
Toplam	75	62.492	50.000

Tasarım gereksinimlerinin tam ve anlaşılır bir şekilde tanımlandığı projelerde süre sapma miktarları ve oranları, diğer gruptaki projelerin sapma miktarlarına ve oranlarına göre oldukça düşüktür. Tasarım gereksinimlerinin eksiksiz tanımlandığı projelerde süre sapma oranları ortalaması yaklaşık %22'dir. Diğer gruptaki projelerin

sapma oranları ortalaması ise yaklaşık %73.5'tir. Yine, tasarım gereksinimlerinin eksiksiz tanımlandığı projelerde süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık 2.36 ay iken, diğer projelerde bu değer yaklaşık dokuz aydır.

7.2.4.4 Gereksinim tanımlarının bozucu etmenler üzerindeki etkisi

Şekil 7.14 gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişkileri birlikte değerlendirir. Buna göre operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyi gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler ve müşteri problemleri nedeniyle oluşan süre sapmalarının büyüklüğünü etkiler. Öte yandan tasarım, gerçekleştirme ve test aşamalarında ortaya çıkan teknik problemler üzerinde sadece tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi etkilidir. Diğer bir deyişle, operasyonel ve işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri genel teknik problemler etmeni üzerinde etkili değildir.



Şekil 7.14 : Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile temel bozucu etmenler.

7.2.5 İnsan kaynakları koordinasyonu ve eğitimi

Yazılım temelli projelerde proje ekibinin eğitilmesinde ve çalışanlar arasında koordinasyonun ve birlikteliğin sağlanmasında sıkıntı yaşanabilir. Örneklemdeki projelerin %30.7'si çalışanlar arasında koordinasyonu ve birlikteliği sağlamada ve

%34.7'si iş gücünü eğitmede ve proje içinde uyumu sağlamada sıkıntı yaşar. Çizelge 7.29 bu iki etmen için yürütülen Mann-Whitney U testi sonuçlarını özetler.

Çizelge 7.29 : Koordinasyon ve eğitim sıkıntılarının etkisi.

	Bozucu etmenler	Gruplar	Ortalama Sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSM	SI_IK_Koordinasyon	Sıkıntı yok	33.26	1729.50	351.50	0.005
		Sıkıntı var	48.72	1120.50		
	SI_IK_EgitimveUyum	Sıkıntı yok	33.84	1658.00	433.00	0.023
		Sıkıntı var	45.85	1192.00		
SA_SSO	SI_IK_Koordinasyon	Sıkıntı yok	34.88	1814.00	436.00	0.062
		Sıkıntı var	45.04	1036.00		
	SI_IK_EgitimveUyum	Sıkıntı yok	35.58	1743.50	518.50	0.186
		Sıkıntı var	42.56	1106.50		

Çalışanlar arasında koordinasyonu ve birlikteliği sağlamada sıkıntı yaşayan ve yaşamayan projeler arasında, proje süre sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark vardır. Benzer şekilde, iş gücünü eğitmede sıkıntı yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında da, sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark olduğu görülür. Diğer taraftan bu iki etmenin grupları arasında, süre sapma oranları bakımından, %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan bir fark yoktur. Bölüm 3'te verilen ve Çizelge 7.29'da analiz edilen $H_{İKKoordinasyon(S)}$ ve $H_{İKEğitimveUyum(S)}$ önsavlarının kabul ya da reddedilme durumları, Çizelge 7.30'da özetlenmiştir.

Çizelge 7.30 : Süre sapmalarına göre İK koordinasyonu ve eğitimi önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{İKKoordinasyon(S)}$	Koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında sapma miktarları bakımından anlamlı fark bir vardır.	<0.05
	Koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	>0.05
$H_{İKEğitimveUyum(S)}$	Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	<0.05
	Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	>0.05

7.2.6 Müşteri desteği

7.2.6.1 Müşteri desteği ile süre sapmaları

Bu çalışmada ürün geliştirme süreci boyunca müşterilerin ya da son kullanıcıların projeye doğrudan destek verip vermediği, süreç boyunca bazı görevleri üstlenip üstlenmedikleri sorgulanır. Müşterilerden ya da son kullanıcılardan destek alma düzeyleri ile süre sapma değerleri arasındaki ilişki Kendall's tau_b yöntemiyle sınanmış, sonuçlar Çizelge 7.31'de verilmiştir. Burada anlamlılık düzeyleri sıfır bulunmuştur. Bu değer %5'ten küçüktür. Analiz sonucu, müşteri desteği ile süre sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığını söyleyen $H_{MD(S)}$ sıfır önsavlarının reddedilmesi gerektiğini söyler. Buna göre, müşteri ya da son kullanıcı desteği ile süre sapma değerleri arasında negatif yönde, orta şiddette, anlamlı bir ilişki vardır.

Çizelge 7.31 : Müşteri desteği ile süre sapmaları arasındaki ilişkiler.

	Süre Sapmaları	Korelasyon Kats.	Anl.
Müşteri desteği	SüreGerçek	-0.160	0.074
	SA_SSM	-0.408**	0
	SA_SSO	-0.401**	0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda müşteri desteği olmayan projelerle bu desteğin az olduğu projeler arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Müşteri desteği orta, iyi ve çok iyi olan projeler arasında da birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu nedenle 5'li Likert ölçeğinde tanımlanan bu değişken iki kategorili değişkene dönüştürülür. Yeni değişkenin grupları arasında, süre sapma miktarları ve oranları bakımından, anlamlı bir fark vardır (Mann-Whitney U, p=0).

Müşterilerin ya da son kullanıcıların destek verme durumlarına göre süre sapma değerlerinin nasıl değiştiği Çizelge 7.32'de gösterilmiştir. Buna göre, müşterilerden ya da son kullanıcılardan destek almayan ya da az miktarda destek alan projeler planlanan süreden ortalama %75.84 oranında sapar. Müşterilerden ya da son kullanıcılardan orta, iyi ya da çok iyi seviyede destek alan projelerde ise bu oran yaklaşık %41.3'e iner.

Çizelge 7.32 : Müşteri desteğine göre süre sapma değerleri.

Müşteri desteği	N	SA_SSM		SA_SSO	
		Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
Destek yok ve az	46	9.8	8.5	75.84	62.50
Destek orta, iyi ve çok iyi	29	4.1	3.0	41.33	25.00

7.2.6.2 Müşteri desteği ile temel bozucu etmenler

Bu bölümde temel bozucu etmenlerle müşterilerin ya da son kullanıcıların projeye katılımı ya da destek verme düzeyleri arasındaki ilişkiler incelenir. Burada temel bozucu etmenlerin neden olduğu süre sapma oranları bağımlı değişken, müşterilerin ya da son kullanıcıların destek verme düzeyleri ise bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Kendall's tau_b ilişki analizi sonuçları gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik problemler ve insan kaynakları sıkıntıları etmenleriyle müşteri ya da son kullanıcı desteği arasında, süre sapma miktarları ve oranları bakımından, negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir (GA(%) için r=-0.235, GTP(%) için r=-0.355 ve İKP(%) için r=-0.269; $p<0.05$). Öte yandan, müşteri katılımı ya da desteği ile müşteri problemlerinin, yeni gelen gereksinimlerin, satın alma problemlerinin ve alt yüklenici ya da proje ortağı problemlerinin neden olduğu sapmalar arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir. Bu, müşteri katılımının bu dört temel etmen sınıfı üzerinde etkili olmadığı anlamına gelir.

İki kategoriye indirgenen müşteri desteği değişkeninin grupları arasında, temel bozucu etmenlerin süre sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark olup olmadığı sınanmış, ilişki analizinde elde edilen sonuçlar elde edilmiştir. Müşteri desteği grupları arasında yürütülen ikili karşılaştırmaların sonuçları Çizelge 7.33'te verilmiştir.

Müşterilerin ya da son kullanıcıların desteğine göre farklılık gösteren temel bozucu etmenlerin sapma değerleri Çizelge 7.34'te verilmiştir. Buna göre, müşteri desteği olmayan ya da az olan projelerde, gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle, ortalama 2.5 ay gecikme olur. Yine aynı grupta süre sapma oranı ortalaması yaklaşık %21.67'dir. Müşteriden destek alan projelerde bu etmenin etkisi oldukça azalır. Süre sapma miktarlarının ortalaması yaklaşık bir aya ve sapma oranlarının ortalaması ise yaklaşık %9.4'e iner.

Çizelge 7.34, genel teknik problemler etmeninde de benzer sonuçların elde edildiğini gösterir. Müşteri desteği olmayan projelerde genel teknik problemler nedeniyle ortalama %21.42 oranında planlanan süreden sapılır. Müşterilerin orta, iyi ya da çok iyi düzeyde destek verdiği durumda projeler, bu etmenden dolayı, planlanan süreden %10.46 oranında sapar.

Müşteri desteği insan kaynaklarının neden olduğu süre sapmalarının etkisini azaltır. Müşteriden destek almayan projelerde insan kaynakları problemleri nedeniyle planlanan süreden yaklaşık %5.6 oranında sapılırken müşteriden destek alan projelerde bu değer %1.5'lere iner.

Çizelge 7.33 : Bozucu etmenlerin sapma miktarları ile müşteri desteği.

Temel bozucu etmenler	Müşteri desteği	Ortalama Sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_GA(ay)	Destek yok ve az	42.41	1951.00	464.000	0.018
	Destek orta, iyi ve çok iyi	31.00	899.00		
SA_YGG(ay)	Destek yok ve az	41.27	1898.50	516.500	0.077
	Destek orta, iyi ve çok iyi	32.81	951.50		
SA_GTP(ay)	Destek yok ve az	43.89	2019.00	396.000	0.003
	Destek orta, iyi ve çok iyi	28.66	831.00		
SA_Müşteri(ay)	Destek yok ve az	39.57	1820.00	595.000	0.330
	Destek orta, iyi ve çok iyi	35.52	1030.00		
SA_İKP(ay)	Destek yok ve az	41.68	1917.50	497.500	0.024
	Destek orta, iyi ve çok iyi	32.16	932.50		
SA_SAlma(ay) N=60	Destek yok ve az	31.58	1137.00	393.000	0.468
	Destek orta, iyi ve çok iyi	28.88	693.00		
SA_AYPO(ay) N=30	Destek yok ve az	15.50	294.50	104.500	1.000
	Destek orta, iyi ve çok iyi	15.50	170.50		
SA_GA(%)	Destek yok ve az	42.12	1937.50	477.500	0.028
	Destek orta, iyi ve çok iyi	31.47	912.50		
SA_YGG(%)	Destek yok ve az	41.27	1898.50	516.500	0.077
	Destek orta, iyi ve çok iyi	32.81	951.50		
SA_GTP(%)	Destek yok ve az	44.45	2044.50	370.500	0.001
	Destek orta, iyi ve çok iyi	27.78	805.50		
SA_Müşteri(%)	Destek yok ve az	39.64	1823.50	591.500	0.307
	Destek orta, iyi ve çok iyi	35.40	1026.50		
SA_İKP(%)	Destek yok ve az	41.64	1915.50	499.500	0.026
	Destek orta, iyi ve çok iyi	32.22	934.50		
SA_SAlma(%) N=60	Destek yok ve az	31.06	1118.00	412.000	0.710
	Destek orta, iyi ve çok iyi	29.67	712.00		
SA_AYPO(%) N=30	Destek yok ve az	15.26	290.00	100.000	0.827
	Destek orta, iyi ve çok iyi	15.91	175.00		

Çizelge 7.34 müşteri katılımı ya da desteğine göre temel bozucu etmenlerin süre sapma miktarlarını ve oranlarını gösterir. Burada bu bozucu etmenin etkili olduğu gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik problemler ve insan kaynakları problemleri etmenleri ele alınmıştır.

Çizelge 7.34 : Müşteri desteğine göre bozucu etmenlerin sapma değerleri.

Bozucu etmen	Müşteri düzeyi	Süre sapma miktarı (ay)		Süre sapma oranı (%)	
		Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
SA_GA	Destek yok ve az	2.5022	2.25	21.6682	14.3047
	Destek orta, iyi ve çok iyi	1.0345	0	9.3933	0
SA_GTP	Destek yok ve az	2.9385	2.50	21.4220	17.5833
	Destek orta, iyi ve çok iyi	1.2379	0	10.4657	0
SA_İKP	Destek yok ve az	0.9663	0	5.5828	0
	Destek orta, iyi ve çok iyi	0.1845	0	1.5379	0

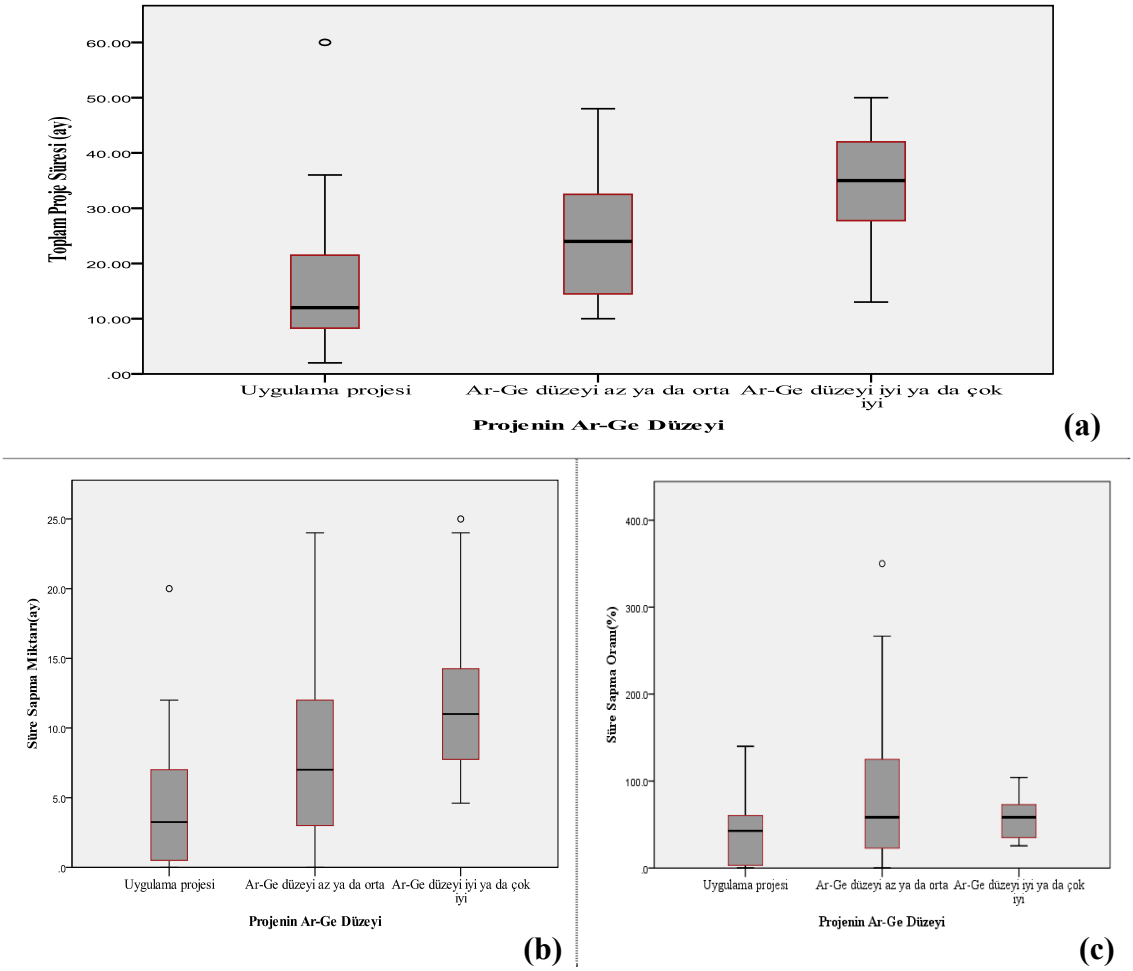
7.2.7 Projenin Ar-Ge yönü

Bu bölümde projenin Ar-Ge yönü ile toplam proje süresi ve süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenir. Projelerin Ar-Ge düzeyleri üçlü Likert ölçeğinde tanımlıdır: Ar-Ge yönü olmayan uygulama projeleri, Ar-Ge yönü az ya da orta seviyede olan projeler ve Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi seviyede olan projeler.

7.2.7.1 Ar-Ge düzeyleri ile süre sapmaları

Şekil 7.15 projenin Ar-Ge yönüne göre toplam proje süresinin, süre sapma miktarının ve süre sapma oranının nasıl değiştiğini gösterir. Şekil 7.15a uygulama projelerinde, Ar-Ge yönü az ya da orta seviyede olan projelerde ve Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi olan projelerde proje sürelerinin nasıl değiştiğini gösterir. Kutu gösterimlerine göre projenin Ar-Ge düzeyi arttıkça proje süresi de artar. Şekil 7.15b, Ar-Ge düzeylerine göre süre sapma miktarlarının değişimini gösterir. Ar-Ge düzeyi arttıkça süre sapma miktarlarında bir artış olur.

Şekil 7.15c, Ar-Ge düzeylerine göre süre sapma oranlarının değişimini gösterir. Kutu gösterimine göre, Ar-Ge düzeyi gruplarında süre sapma oranlarının ortanca değerleri birbirine çok yakındır. Bu gösterime göre Ar-Ge düzeyleri ile süre sapma oranları arasında bir ilişki mevcut değildir.



Şekil 7.15 : Ar-Ge düzeyi (a) toplam proje süresi (b) sapma miktarı (c) sapma oranı.

Ar-Ge grupları arasında, toplam proje süreleri, süre sapma miktarları ve süre sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile sınanmıştır. Süre sapma miktarı sınamalarında anlamlılık düzeyleri %5'ten küçük bulunmuştur. Analiz sonucu, Ar-Ge düzeyi ile süre sapma miktarı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını söyleyen sıfır önsavlarının reddedilmesi gerektiğini söyler. Öte yandan, süre sapma oranı sınamalarına göre anlamlılık düzeyleri %5'ten büyüktür. Bu durumda sıfır önsavı kabul edilir. Şekil 7.35 Bölüm 3'te verilen $H_{PrArGe(S)}$ önsavlarının sınama sonuçlarını özetler.

Çizelge 7.35 : Süre sapmalarına göre Ar-Ge düzeyleri önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrArGe(S)}$	Ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam süre sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	<0.05
	Ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	>0.05

Mann-Whitney U sınama sonuçları Çizelge 7.36'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre toplam proje süresi ve süre sapma miktarı Ar-Ge düzeylerine göre farklılık gösterir. Tüm ikili gruplar arası yürütülen karşılaştırmalarda bu farklılık görülür.

Çizelge 7.36 : Ar-Ge düzeyleri ile proje süreleri arasındaki ilişkiler.

Bağımlı değişkenler N=75	Ar-Ge düzeyi	Ortalama Sırası	Sıralama Toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SüreGerçek	Uygulama projesi	22.38	626.50	220.500	0.005
	Ar-Ge az ya da orta	34.63	969.50		
	Uygulama projesi	16.66	466.50	60.500	0
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	34.82	661.50		
	Ar-Ge az ya da orta	18.89	529.00	123.000	0.002
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	31.53	599.00		
SA_SSM	Uygulama projesi	23.54	659.00	253.000	0.022
	Ar-Ge az ya da orta	33.46	937.00		
	Uygulama projesi	16.84	471.50	65.500	0
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	34.55	656.50		
	Ar-Ge az ya da orta	20.11	563.00	157.000	0.018
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	29.74	565.00		
SA_SSO	Uygulama projesi	24.77	693.50	287.500	0.085
	Ar-Ge az ya da orta	32.23	902.50		
	Uygulama projesi	21.25	595.00	189.000	0.0940
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	28.05	533.00		
	Ar-Ge az ya da orta	24.14	676.00	262.000	0.931
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	23.79	452.00		

Öte yandan Ar-Ge düzeyleri farklı olan projeler arasında süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur. Süre sapma oranlarının değişmemesinin bir nedeni, proje planlarının ürünün Ar-Ge yönü göz önünde bulundurularak hazırlanmasıdır. Öyle ki, Ar-Ge grupları arasında planlanan proje süreleri bakımından anlamlı bir fark vardır (Mann-Whitney U, $p<0.05$). Özet olarak örneklemdeki projeler, ürünün Ar-Ge boyutunu dikkate alarak proje planlarını oluşturmalarına rağmen, gecikirler. Gecikme miktarı ürünün Ar-Ge boyutu ile değişirken süre sapma oranları arasında bir farklılık görülmez.

Çizelge 7.37 Ar-Ge düzeylerine göre toplam proje süresinin, süre sapma miktarının ve süre sapma oranının değişimini gösterir. Ar-Ge yönü olmayan uygulama projelerinin toplam proje süreleri ortalaması 16.25 aydır. Bu değer Ar-Ge yönü az ya da orta düzeyde olan projelerde 23.40 aya, Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olan projelerde ise 34.43 aya çıkar.

Çizelge 7.37 : Ar-Ge düzeylerine göre proje süreleri.

Ar-Ge düzeylerine göre proje süreleri			
SüreGerçek	N	Ortalama	Ortanca
Uygulama projesi	28	16.25	12
Ar-Ge az ya da orta	28	23.40	24
Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	34.43	35
Toplam	75	23.52	22.6
SA_SSM	N	Ortalama	Ortanca
Uygulama projesi	28	4.44	3.25
Ar-Ge az ya da orta	28	7.87	7
Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	11.90	11
Toplam	75	7.61	7
SA_SSO	N	Ortalama	Ortanca
Uygulama projesi	28	43.84	42.78
Ar-Ge az ya da orta	28	85.59	58.33
Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	55.94	58.33
Toplam	75	62.49	50.00

Ar-Ge yönü olmayan projelerin ortalama süre sapma miktarı yaklaşık 4.44 ay, Ar-Ge düzeyi az ya da orta olanların yaklaşık 7.9 ay ve iyi ya da çok iyi olanların ise yaklaşık 12 ay olduğu görülür.

Ar-Ge düzeyi farklı olan gruplar arasında süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur. Ar-Ge yönü olmayan uygulama projelerinde süre sapma oranlarının ortanca değeri yaklaşık %42.78 iken, bu değer Ar-Ge düzeyi az ya da orta ve iyi ya da çok iyi olan projelerde yaklaşık %58.33'tür. Tüm bu grupların süre sapma oranlarının ortanca değerleri birbirlerine çok yakındır.

Sapma oranlarının ortalama değerleri incelendiğinde Ar-Ge düzeyi az ya da orta olan projelerde bu değerin %85'lere çıktığı görülür. Bu gruptaki projelerin yüksek bir ortalama vermesinin nedeni, grup içinde çok yüksek süre sapma oranlarına sahip projelerin olmasıdır.

7.2.7.2 Ar-Ge düzeyleri ile temel bozucu etmenler

Projelerdeki toplam süre sapmasına etki eden tüm etmenler Ar-Ge düzeylerine göre incelenmiş, yürütülen Kruskal Wallis sınamalarının sonuçları Çizelge 7.38 ve Çizelge 7.40'da verilmiştir. Çizelge 7.38 Ar-Ge düzeylerini temel bozucu etmenlerin süre sapma miktarlarına göre incelerken, Çizelge 7.40 bu grupları süre sapma oranlarına göre değerlendirir.

Çizelge 7.38 : Ar-Ge düzeyleri ile temel bozucu etmenlerin ilişkisi-1.

Temel bozucu etmenler	Ar-Ge düzeyi	N	Ortalama Sırası	Ki-Kare	Anl.
SA_GA(ay)	Uygulama projesi	28	34.21	1.901	0.387
	Ar-Ge az ya da orta	28	38.77		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	42.45		
SA_YGG(ay)	Uygulama projesi	28	30.43	6.343	0.042
	Ar-Ge az ya da orta	28	43.11		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	41.63		
SA_GTP(ay)	Uygulama projesi	28	29.70	15.245	0
	Ar-Ge az ya da orta	28	35.46		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	53.97		
SA_Müşteri(ay)	Uygulama projesi	28	39.14	0.231	0.891
	Ar-Ge az ya da orta	28	36.89		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	37.95		
SA_İKP(ay)	Uygulama projesi	28	32.21	8.484	0.014
	Ar-Ge az ya da orta	28	37.30		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	47.55		
SA_SAlma(ay) N=60	Uygulama projesi	16	26.50	11.859	0.003
	Ar-Ge az ya da orta	25	26.04		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	39.74		
SA_AYPO(ay) N=30	Uygulama projesi	8	12.75	4.453	0.108
	Ar-Ge az ya da orta	10	13.30		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	12	19.17		

Çizelge 7.38'e göre Ar-Ge düzeyleri farklı olan projeler arasında, gereksinimlerin anlaşılamaması ve müşteri problemleri nedeniyle oluşan gecikmelerin miktarı bakımından, %5 anlamlılık düzeyinde bir fark yoktur. Öte yandan, Ar-Ge grupları arasında yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu gecikmeler bakımından anlamlı sayılabilecek bir fark vardır. Kruskal Wallis sınama sonuçlarında anlamlılık değeri 0.05'e yakın bir değer bulunmuştur. Gruplar arası ikili karşılaştırmalar, bu farkın uygulama projeleriyle Ar-Ge düzeyi az ya da orta olan projeler arasında olduğunu gösterir (Mann-Whitney U, bu iki grup arasında, p=0.017).

İnsan kaynakları sıkıntılarının neden olduğu gecikmeler dikkate alındığında Ar-Ge grupları arasında anlamlı bir fark olduğu görülür. Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda Mann-Whitney U sınaması uygulanmış, farklılığın sadece iki grup arasında olduğu görülmüştür. Buna göre, uygulama projeleriyle Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi olan projeler arasında, insan kaynaklarının neden olduğu gecikmeler bakımından, anlamlı bir fark vardır (p=0.004).

Çizelge 7.38'e göre Ar-Ge grupları arasında, genel teknik problemlerden kaynaklanan gecikmeler bakımından, anlamlı bir fark vardır. Yürütülen ikili karşılaştırmalar bu farklılığın Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi olan grupla diğerleri arasında olduğunu gösterir. Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi olan projelerle uygulama projeleri arasında, GTP kaynaklı gecikmeler bakımından, anlamlı bir fark vardır (Mann-Whitney U, p=0). Benzer şekilde Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi olan projelerle Ar-Ge yönü az ya da orta olan projeler arasında da anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur (Mann-Whitney U, p=0.002).

Projenin Ar-Ge düzeyi satın alma kaynaklı sapmaların büyüklüğünü etkiler. Bu farklılık en fazla Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olan projelerle diğer projeler arasında hissedilir (Mann-Whitney U, p<0.05).

Özet olarak, Ar-Ge düzeyleri projedeki yeni gelen gereksinimlerden, genel teknik sıkıntılardan, insan kaynaklarından ve satın alma problemlerinden kaynaklanan gecikmelerin miktarını etkiler. Bu etmen sınıflarına göre Ar-Ge gruplarındaki sapma miktarları Çizelge 7.39'da verilmiştir.

Çizelge 7.39 : Ar-Ge gruplarına göre bozucu etmenlerin sapma miktarları.

Bozucu etmen	Ar-Ge düzeyi	Süre sapma miktarı (ay)	
		Ortalama	Ortanca
SA_YGG(ay) N=75	Uygulama projesi	0.7857	0
	Ar-Ge düzeyi az ya da orta	2.1143	1.125
	Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi	2.1895	1.500
SA_GTP(ay) N=75	Uygulama projesi	1.3739	0.30
	Ar-Ge düzeyi az ya da orta	1.9732	1.00
	Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi	4.0711	4.50
SA_İKP(ay) N=75	Uygulama projesi	0.1679	0
	Ar-Ge düzeyi az ya da orta	0.5821	0
	Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi	1.5158	1.0
SA_SAlma(ay) N=60	Uygulama projesi	0.2187	0
	Ar-Ge düzeyi az ya da orta	0.2300	0
	Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi	1.0974	1.0

Çizelge 7.39'a göre, teknik problemler uygulama projelerini ortalama 1.37 ay geciktirirken Ar-Ge yönü yüksek olan projelerdeki etkisi ortalama dört aydır. Satın alma problemleri Ar-Ge yönü olmayan ya da Ar-Ge yönü az yahut orta düzeyde olan projeleri neredeyse hiç etkilemezken Ar-Ge yönü kuvvetli olan projeleri ortalama bir

ay geciktirir. Benzer şekilde insan kaynakları problemleri uygulama projelerini ortalama 0.17 ay, Ar-Ge yönü yüksek olan projeleri ise ortalama 1.52 ay geciktirir.

Çizelge 7.40, Ar-Ge gruplarını süre sapma oranlarına göre inceler. Ar-Ge düzeyleri farklı olan projeler arasında, gereksinimlerin anlaşılamamasından, yeni gelen gereksinimlerden, müşteri problemlerinden, genel teknik problemlerden, alt yüklenici ve proje ortaklarından kaynaklanan gecikmelerin oranı bakımından, %5 anlamlılık düzeyinde bir fark yoktur. Kruskal Wallis sınama sonuçları bu etmenler için hesaplanan anlamlılık değerlerinin 0.05'den büyük olduğunu gösterir. Öte yandan, yeni gelen gereksinimler ve genel teknik problemler etmenlerinde anlamlılık değerleri 0.05'den çok az uzaklaşır. Buna göre, Ar-Ge düzeyleriyle bu iki etmenin sapma oranları arasında, ancak 0.10 anlamlılık düzeyinde, bir ilişki kurulur.

Çizelge 7.40 : Ar-Ge düzeyleri ile temel bozucu etmenlerin ilişkisi-2.

Temel bozucu etmenler	Ar-Ge düzeyi	N	Ortalama Sırası	Ki-Kare	Anl.
SA_GA(%)	Uygulama projesi	28	34.48	1.419	0.492
	Ar-Ge az ya da orta	28	40.86		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	38.97		
SA_YGG(%)	Uygulama projesi	28	31.41	5.700	0.058
	Ar-Ge az ya da orta	28	44.29		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	38.45		
SA_GTP(%)	Uygulama projesi	28	32.46	5.455	0.065
	Ar-Ge az ya da orta	28	37.27		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	47.24		
SA_Müşteri(%)	Uygulama projesi	28	39.98	0.573	0.751
	Ar-Ge az ya da orta	28	36.73		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	36.95		
SA_İKP(%)	Uygulama projesi	28	32.86	6.160	0.046
	Ar-Ge az ya da orta	28	37.73		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	45.97		
SA_SAlma(%) N=60	Uygulama projesi	16	27.44	7.550	0.023
	Ar-Ge az ya da orta	25	26.86		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	37.87		
SA_AYPO(%) N=30	Uygulama projesi	8	13.75	2.570	0.277
	Ar-Ge az ya da orta	10	13.55		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	12	18.29		

Ar-Ge grupları arasında ürün tedarikinden kaynaklanan sapmaların oranı bakımından anlamlı sayılabilecek bir fark vardır. Diğer taraftan Mann-Whitney U sınama

sonuçları, sapma oranlarında bu farkın, Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olan grup ile diğerleri arasında anlamlı olduğunu gösterir ($p<0.05$).

Çizelge 7.40, Ar-Ge düzeyleri farklı olan gruplar arasında, insan kaynaklarının neden olduğu sapmaların oranı bakımından, anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Öte yandan elde edilen anlamlılık değeri 0.05 sınır değerine çok yakındır. Mann-Whitney U sınama sonuçları bu farkın Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olan projelerle Ar-Ge yönü olmayan uygulama projeleri arasında olduğunu gösterir ($p=0.012$). Diğer gruplar arasında, insan kaynaklarının neden olduğu sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 7.41 Ar-Ge grupları arasında anlamlı bir fark yaratan etmen sınıflarına odaklanır. Bu tablo, her bir Ar-Ge grubu için, bu etmenlerden kaynaklanan süre sapma oranlarının ortalama ve ortanca değerlerini verir. Buna göre Ar-Ge yönü olmayan uygulama projelerinde insan kaynakları nedeniyle planlanan süreden ortalama %2 oranında sapılır. Bu değer Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olan projelerde yaklaşık %6.3'e çıkar.

Çizelge 7.41 : Ar-Ge gruplarına göre bozucu etmenlerin sapma oranları.

Bozucu etmenler	Ar-Ge düzeyi	Süre sapma miktarı (ay)	
		Ortalama	Ortanca
SA_İKP(%) N=75	Uygulama projesi	2.0393	0
	Ar-Ge düzeyi az ya da orta	4.4146	0
	Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi	6.3526	3.61
SA_SAlma(%) N=60	Uygulama projesi	2.4714	0
	Ar-Ge düzeyi az ya da orta	3.9250	0
	Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi	5.2668	4.167

Yine ürün tedariki söz konusu olduğunda, Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olan projelerde satın alma faaliyetleri nedeniyle proje planlarından ortalama %5.3 oranında sapılır. Bu oran uygulama projelerinde yaklaşık %2.5'tir.

7.2.8 Ürünün yenilik yönü

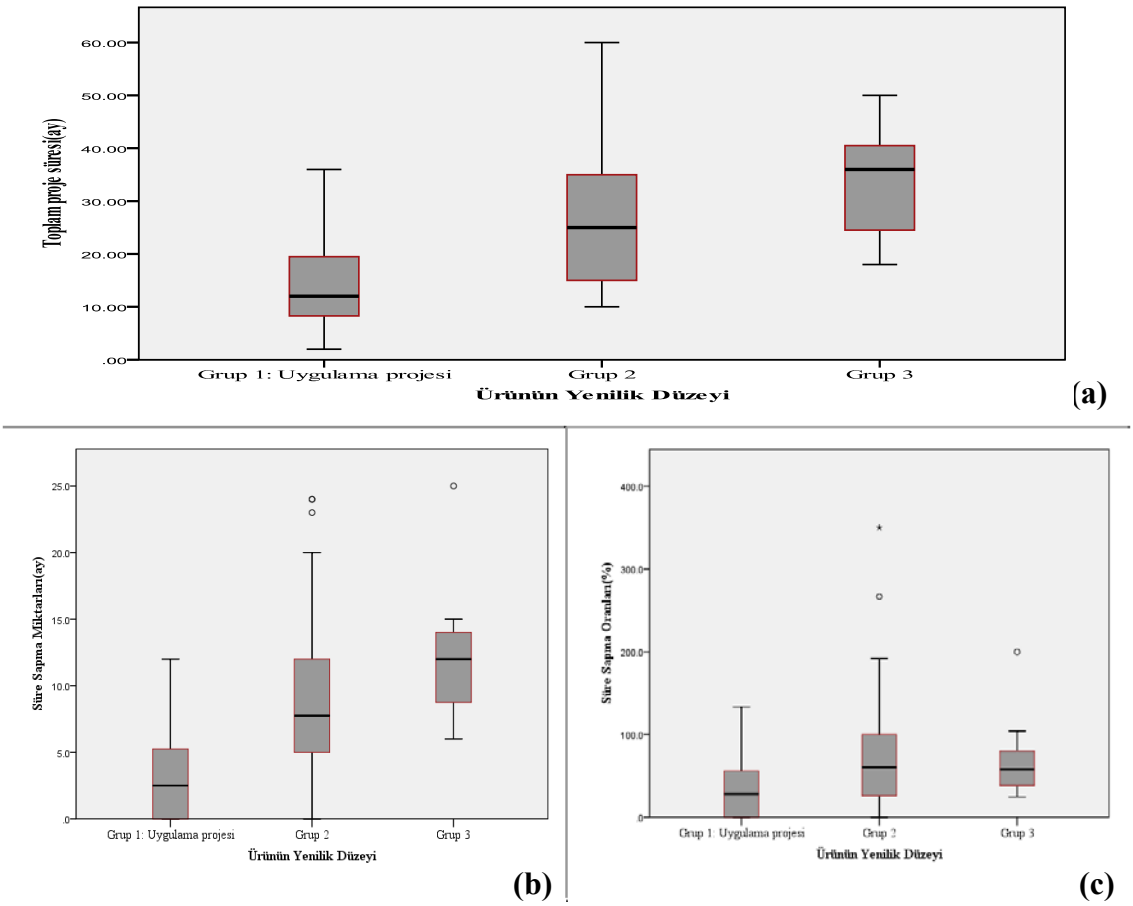
Bu bölümde geliştirilen ürünün yenilik düzeyleri ile toplam proje süresi ve süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler analiz edilir. Geliştirilen ürünün yenilik düzeyi üç kategoride incelenir: Yenilik özelliğinin bulunmaması, artımsal yenilikler ve radikal yenilikler. Bu çalışmada kullanılan yenilik tanımlamaları aşağıda verilmiştir:

- Grup 1: Yeni bir ürün değil. Piyasadaki benzerlerine radikal olmayan uyarlamalar yapılsa ya da yeni özellikler katılsa bile ürünün yapısı bozulmaz. Mevcut bir ürünün farklı müşterilere özelleştirildiği projeler de bu grupta yer alır.
- Grup 2: Artımsal yenilik mevcut. Proje sonunda ortaya çıkacak ürünler benzerlerine göre karşılaştırmalı bir üstünlük içerir. Bu tip projelerde ya yeni özellikler eklenerek birden fazla farklı bileşen aynı üründe toparlanır ya da ürün genelleştirilmesi yapılır. Yine dünyada mevcut ve yaygın olarak kullanılan bir teknolojinin ülkeye uygulanması ve yaygınlaştırılması bu grup altında tanımlanmıştır.
- Grup 3: Radikal yenilik mevcut. Dünyada mevcut ama yaygın olmayan bir teknolojinin ülkeye uygulanması ve yaygınlaştırılması; bilinen bir yöntemin, tekniğin, teknolojinin yeni bir alana, sektöre, ürüne ya da sürece uygulanması yahut uluslararası düzeyde yeni bir teknoloji, yöntem, sistem, ürün ve teknik geliştirilmesi amaçlanır.

7.2.8.1 Yenilik düzeyleri ile süre sapmaları

Şekil 7.16 ürünün yenilik düzeyleri ile toplam proje süresi, süre sapma miktarı ve süre sapma oranı arasındaki değişimi gösterir. Ürünün yenilik düzeylerine göre toplam proje süresi Şekil 7.16a'da, süre sapma miktarı Şekil 7.16b'de ve süre sapma oranı Şekil 7.16c'de gösterilmiştir. Şekil 7.16a'ya göre ürünün yenilik düzeyi arttıkça proje sürelerinde bir artış olur. Öte yandan süre sapma miktarları ve oranları gösterimlerinde grafikler üzerinden bir çıkarım yapmak oldukça zordur. Burada gruplar arası ikili karşılaştırmaları yapan sınamalara ihtiyaç duyulur.

Yenilik düzeylerine göre proje sürelerinin ve süre sapmalarının aldığı değerler Çizelge 7.42'de özetlenmiştir. Yenilik özelliği olmayan projelerde toplam proje süresi ortalaması yaklaşık 14.57 ay iken ortanca değer on iki aydır. Artımsal yeniliklerle uğraşan projelerde toplam süre ortalaması yaklaşık 26.56 aya çıkar. Ortanca değer ise 25 aydır. Yenilik yönü yüksek olan radikal projelerde bu değer yaklaşık 33.7 aydır. Bu grupta proje sürelerinin ortanca değeri 36 aydır. Süre sapma miktarları incelendiğinde en fazla sapmanın yenilik yönü yüksek olan projelerde olduğu görülür. Yenilik özelliği olmayan projelerde süre sapma miktarları oldukça azdır.



Şekil 7.16 : Yenilik düzeyi ile proje süreleri (a) toplam proje süresi (b) sapma miktarı (c) sapma oranı.

Çizelge 7.42 yenilik düzeylerine göre proje sürelerinin ve süre sapma değerlerinin değişimini gösterir.

Çizelge 7.42 : Yenilik düzeylerine göre proje süreleri.

SüreGerçek	N	Ortalama	Ortanca
Grup 1: Yenilik yok	28	14.57	12
Grup 2	32	26.56	25
Grup 3	15	33.77	36
Toplam	75	23.52	22.6
SA_SSM	**N**	**Ortalama**	**Ortanca**
Grup 1: Yenilik yok	28	3.38	2.50
Grup 2	32	9.368	7.75
Grup 3	15	11.77	12
Toplam	75	7.61	7
SA_SSO	**N**	**Ortalama**	**Ortanca**
Grup 1: Yenilik yok	28	38.93	28.37
Grup 2	32	81.34	60.42
Grup 3	15	66.27	58.33
Toplam	75	62.49	50.00

Süre sapma oranları dikkate alındığında yenilik düzeyi olmayan projelerin planlanan süreden ortalama %39 gibi bir oranda saptığı görülür. Artımsal yenilikle uğraşan ya da ürün genelleştirilmesi yapan projelerin sapma oranları ortalaması yaklaşık %81.3'tür. Öte yandan, ikinci ve üçüncü gruptaki projelerin süre sapma oranlarının ortanca değerleri birbirine çok yakındır.

Ürünün yenilik düzeyleriyle proje süre sapma değerleri incelendiğinde, grup 1 ile grup 2 ve grup 3 arasında süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, grup 2 ile grup 3 arasında süre sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir farka rastlanılmamıştır. Çizelge 7.43 gruplar arası karşılaştırmaların özetini verir.

Çizelge 7.43 : Yenilik düzeylerinin proje süresi üzerindeki etkisi.

Süre sapma değeri	Ürünün yenilik düzeyleri	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SüreGerçek	Grup 1: Yenilik yok	21.32	597.00	191.000	0
	Grup 2	38.53	1233.00		
	Grup 1: Yenilik yok	15.82	443.00	37.000	0
	Grup 3	33.53	503.00		
	Grup 2	21.09	675.00	147.000	0.034
	Grup 3	30.20	453.00		
SA_SSM	Grup 1: Yenilik yok	21.09	590.50	184.500	0
	Grup 2	38.73	1239.50		
	Grup 1: Yenilik yok	15.43	432.00	26.000	0
	Grup 3	34.27	514.00		
	Grup 2	21.39	684.50	156.500	0.056
	Grup 3	29.57	443.50		
SA_SSO	Grup 1: Yenilik yok	24.43	684.00	278.000	0.011
	Grup 2	35.81	1146.00		
	Grup 1: Yenilik yok	18.95	530.50	124.500	0.029
	Grup 3	27.70	415.50		
	Grup 2	23.94	766.00	238.000	0.964
	Grup 3	24.13	362.00		

Çizelge 7.43'e göre artımsal yenilikle uğraşan projeler ile bilinen bir tekniği farklı alanlarda uygulayan ya da uluslararası düzeyde yeni ürün geliştiren projeler arasında, proje süre sapma miktarları ve oranları bakımından, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur. Öte yandan, yenilik özelliği olmayan yazılım ürünlerini geliştiren

projelerle yenilik özelliği olan projeler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ispatlanmıştır.

Çizelge 7.43'te sınaması yapılan $H_{PrYenilik(S)}$ önsavının sonuçları Çizelge 7.44'te verilmiştir.

Çizelge 7.44 : Yenilik düzeyleri önsavlarının sınama sonuçları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrYenilik(S)}$	Ürünün yenilik düzeylerinde en az iki grup arasında toplam süre sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	<0.05
	Ürünün yenilik düzeylerinde en az iki grup arasında toplam süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	<0.05

7.2.8.2 Yenilik düzeyleri ile temel bozucu etmenler

Proje süre sapmaları üzerinde etkili olan tüm etmenler ürünlerin yenilik düzeylerine göre incelenmiş, sonuçlar Çizelge 7.45'te özetlenmiştir.

Çizelge 7.45 : Yenilik düzeylerinin bozucu etmenler üzerindeki etkisi.

Bozucu etmenler	Yenilik düzeyleri	Sapma miktarı (ay)			Sapma oranı (%)		
		Ortalama Sırası	Ki-Kare	Anl.	Ortalama Sırası	Ki-Kare	Anl.
SA_GA	Grup 1	31.23	5.015	0.081	32.20	3.628	0.163
	Grup 2	41.34			41.80		
	Grup 3	43.50			40.73		
SA_YGG	Grup 1	26.80	14.059	0.001	28.66	10.793	**0.005**
	Grup 2	45.81			45.81		
	Grup 3	42.23			38.77		
SA_GTP	Grup 1	27.79	11.268	0.004	27.79	11.268	**0.004**
	Grup 2	41.88			41.88		
	Grup 3	48.80			48.80		
SA_Müşteri	Grup 1	40.46	2.070	0.355	41.41	2.707	0.258
	Grup 2	34.63			34.20		
	Grup 3	40.60			39.73		
SA_İKP	Grup 1	30.91	9.035	0.011	31.04	8.062	**0.018**
	Grup 2	39.75			40.19		
	Grup 3	47.50			46.33		
SA_SAlma N=60	Grup 1	26.21	2.709	0.258	27.09	1.437	0.487
	Grup 2	31.05			31.46		
	Grup 3	34.33			32.57		
SA_AYPO N=30	Grup 1	13.68	3.852	0.146	14.41	2.643	0.267
	Grup 2	13.95			13.82		
	Grup 3	20.13			19.31		

Kruskal Wallis sınama sonuçları anlaşılamayan gereksinimlerden, müşterilerden, ürün tedarikinden ve alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan sapmalar için hesaplanan anlamlılık değerlerinin 0.05'den büyük olduğunu gösterir. Bu sonuçlara göre yenilik düzeyleri farklı olan projeler arasında, mevcut gereksinimlerden, ürün tedarikinden, müşterilerden ve alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan sapmalar bakımından, anlamlı bir fark yoktur.

Öte yandan ürünün yenilik düzeyi yeni gelen gereksinimlerden, genel teknik problemlerden ve insan kaynakları problemlerinden kaynaklanan sapmalar üzerinde etkilidir. Kruskal Wallis sınama sonuçları en az bir çift grup arasında, bu etmenlerin sapma miktarları ya da oranları bakımından, anlamlı bir fark olduğunu söyler. Gruplar arası ikili karşılaştırmalar sırasıyla yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve insan kaynakları problemleri etmenlerine uygulanmış, sonuçlar Çizelge 7.46'da verilmiştir.

Çizelge 7.46'ya göre, Grup 2 projeleri ile yenilik yönü yüksek olan Grup 3 projeleri arasında, yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan sapmalar bakımından, anlamlı bir fark yoktur. Öte yandan, yenilik özelliği olmayan Grup 1 projeleri ile Grup 2 projeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur.

Tasarım, gerçekleştirme ve test aşamalarında ortaya çıkan sıkıntılar ve bu sıkıntıların neden olduğu sapmalar ürünün yenilik düzeylerine göre değişir. Analiz sonuçları ikili gruplar arasında, GTP sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Öte yandan Grup 2 ile Grup 3 arasında, GTP sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark yoktur. Buna göre artımsal ve radikal yeniliğe odaklanan projeler, teknik zorluklar ya da sıkıntılar nedeniyle, planlanan süreden birbirlerine yakın oranlarda sapar. Yenilik düzeyi olmayan projeler ile yenilik düzeyi olan projeler (Grup 2 ve Grup 3 projeleri) arasında, GTP sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark vardır.

İnsan kaynakları problemleri nedeniyle oluşan sapmalar ile ürünün yenilik düzeyleri arasında bir ilişki kurulabilmektedir. Grup 2 ile Grup 3 projeleri arasında, insan kaynaklarının neden olduğu sapmalar bakımından, anlamlı bir fark yoktur. Öte yandan, yenilik düzeyi olmayan projelerle diğerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu görülür.

Çizelge 7.46 : Yenilik grupları arasındaki ikili karşılaştırmalar.

Süre sapma değeri	Yenilik düzeyleri	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_YGG(ay)	Grup 1	22.18	621.00	215.000	**0**
	Grup 2	37.78	1209.00		
	Grup 1	19.13	535.50	129.500	**0.016**
	Grup 3	27.37	410.50		
	Grup 2	24.53	785.00	223.000	0.689
	Grup 3	22.87	343.00		
SA_YGG(%)	Grup 1	23.32	653.00	247.000	**0.001**
	Grup 2	36.78	1177.00		
	Grup 1	19.84	555.50	149.500	0.070
	Grup 3	26.03	390.50		
	Grup 2	25.53	817.00	191.000	0.250
	Grup 3	20.73	311.00		
SA_GTP(ay)	Grup 1	22.84	639.50	233.500	**0.001**
	Grup 2	37.20	1190.50		
	Grup 1	16.18	453.00	47.000	**0**
	Grup 3	32.87	493.00		
	Grup 2	21.22	679.00	151.000	**0.041**
	Grup 3	29.93	449.00		
SA_GTP(%)	Grup 1	24.63	689.50	283.500	**0.012**
	Grup 2	35.64	1140.50		
	Grup 1	17.66	494.50	88.500	**0.001**
	Grup 3	30.10	451.50		
	Grup 2	22.73	727.50	199.500	0.353
	Grup 3	26.70	400.50		
SA_İKP(ay)	Grup 1	26.77	749.50	343.500	**0.042**
	Grup 2	33.77	1080.50		
	Grup 1	18.64	522.00	116.000	**0.002**
	Grup 3	28.27	424.00		
	Grup 2	22.48	719.50	191.500	0.212
	Grup 3	27.23	408.50		
SA_İKP(%)	Grup 1	26.73	748.50	342.500	**0.040**
	Grup 2	33.80	1081.50		
	Grup 1	18.80	526.50	120.500	**0.004**
	Grup 3	27.97	419.50		
	Grup 2	22.89	732.50	204.500	0.362
	Grup 3	26.37	395.50		

Özet olarak, yeni gelen gereksinimlerin, teknik sıkıntıların ve insan kaynaklarının neden olduğu sapmalar arasındaki fark en çok, yenilik düzeyi olmayan projelerle

diğerleri arasında hissedilir. Öte yandan, artımsal yeniliklerle uğraşan projelerle radikal teknolojik yeniliklere odaklanan projeler arasında, bu etmenlerden kaynaklanan sapmaların oranı bakımından, anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 7.47 yenilik düzeylerine göre temel bozucu etmenlerin aldığı sapma değerlerini gösterir. Yeni ürün geliştirmeyen projelerde yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve insan kaynakları problemleri projelerin planlanan süreden sırasıyla ortalama %5.7, %8.3 ve %0.9 oranlarında sapmasına neden olur. Artımsal yenilikle uğraşan projelerde bu oranlar sırasıyla %21.7, %23.7 ve %5.2'ye çıkar.

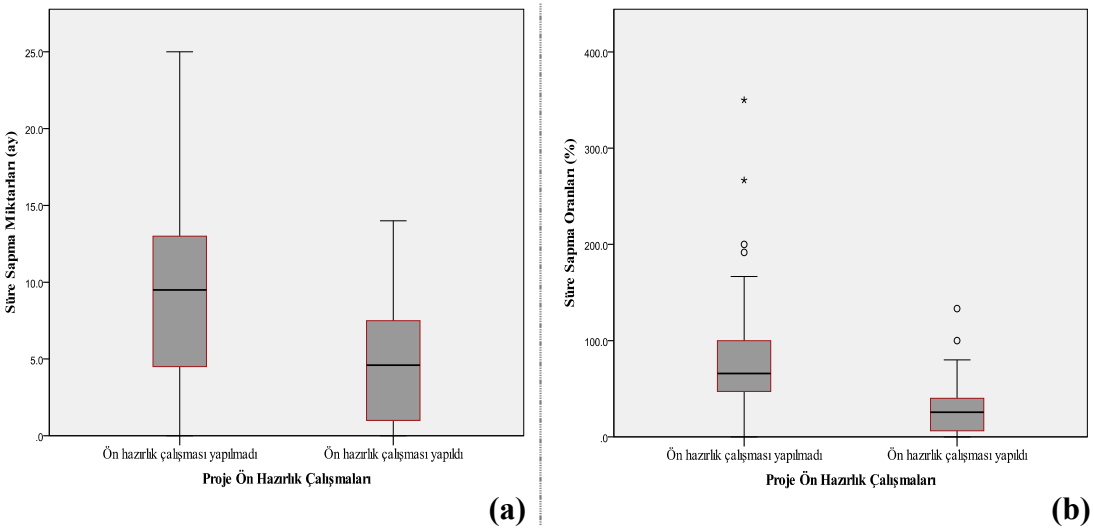
Çizelge 7.47 : Yenilik düzeylerine göre bozucu etmenlerin süre sapmaları.

Yenilik düzeyleri		SA_YGG(ay)	SA_GTP(ay)	SA_İKT(ay)
Grup 1	Ortalama	0.4107	0.8357	0.1054
	Ortanca	0	0	0
Grup 2	Ortalama	2.5688	2.7475	0.7516
	Ortanca	2.0000	2.6250	0
Grup 3	Ortalama	1.9400	3.9833	1.5200
	Ortanca	2.0000	4.5000	1.0000
Yenilik düzeyleri		SA_YGG(%)	SA_GTP(%)	SA_İKT(%)
Grup 1	Ortalama	5.7334	8.3530	0.9082
	Ortanca	0	0	0
Grup 2	Ortalama	21.7188	23.7536	5.2431
	Ortanca	14.0625	12.5000	0
Grup 3	Ortalama	12.8704	19.6610	7.2133
	Ortanca	10.0000	20.8333	3.6100

7.2.9 Proje ön hazırlık çalışmaları

Proje başlamadan önce proje ekibi üç durumla karşı karşıyadır. Ekip müşteriden gelen istekleri inceleme fırsatı bulmadan yahut teklif hazırlama süresini çok kısa tutmak zorunda kalarak ürün geliştirme sürecini başlatır. Bu tip projeler ön çalışma yapılmadan başlatılan projelerdir. Bazı durumlarda proje ekibi nispeten daha uzun bir teklif hazırlama dönemi geçirir. Teklif hazırlama döneminde proje ekibi müşteri beklentilerini doğru ve eksiksiz bir şekilde tanımlamayı amaçlar. Öte yandan, ürün geliştirme süreci öncesinde, ürün konusuyla ilgili çalışmaların sistematik bir şekilde yürütüldüğü durumlarda olur. Bu çalışmalar teklif hazırlama sürecinin öncesinde başlar ve belli bir program dâhilinde yürütülür.

Örneklemdeki projelerin %56'sı herhangi bir ön hazırlık çalışması yapılmadan başlatılan projelerdir. Şekil 7.17 ön hazırlık yapma durumlarına göre projelerdeki süre sapma değerlerini karşılaştırır. Şekil 7.17a süre sapma miktarlarının ve Şekil 7.17b ise süre sapma oranlarının kutu gösterimlerini verir. Ön hazırlık çalışması yürütmeyen projelerin sapma oranlarındaki uç değerler dikkat çekicidir.



Şekil 7.17 : Proje ön hazırlık çalışmaları ile süre sapmaları (a) miktar (b) oran.

Bölüm 3'te verilen $H_{PrÖnHazırlık(S)}$ önsavının sınama sonuçları Çizelge 7.48'de verilmiştir.

Çizelge 7.48 : Proje ön hazırlık önsavlarının sınama sonuçları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrÖnHazırlık(S)}$	Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında toplam süre sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0.001
	Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında toplam süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0

Yürütülen Mann-Whitney U sınaması, proje başlamadan önce sistematik bir şekilde ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerle yürütmeyenler arasında toplam süre sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Öte yandan, proje ön hazırlık çalışmalarının toplam proje süresi üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.

Ön hazırlık çalışmalarını yürüten ve yürütmeyen projeler arasındaki farklılık Mann-Whitney U yöntemiyle sınanmış, sonuçlar Çizelge 7.49 ve Çizelge 7.50'de

verilmiştir. Çizelge 7.49 süre sapma miktarlarına ve Çizelge 7.50 süre sapma oranlarına göre gruplar arası farklılığı inceler.

Çizelge 7.49 : Ön hazırlık çalışmaları ile süre sapma miktarları.

	Ön hazırlık çalışmalarının yapılma durumu	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SüreGerçek	Yapılmadı	38.94	1635.50	653.500	0.673
	Yapıldı	36.80	1214.50		
SA_SSM	Yapılmadı	45.73	1920.50	368.500	**0.001**
	Yapıldı	28.17	929.50		
SA_GA(ay)	Yapılmadı	45.96	1930.50	358.500	**0**
	Yapıldı	27.86	919.50		
SA_YGG(ay)	Yapılmadı	39.90	1676.00	613.000	0.357
	Yapıldı	35.58	1174.00		
SA_GTP(ay)	Yapılmadı	40.29	1692.00	597.000	0.296
	Yapıldı	35.09	1158.00		
SA_Müşteri(ay)	Yapılmadı	41.20	1730.50	558.500	0.074
	Yapıldı	33.92	1119.50		
SA_İKT(ay)	Yapılmadı	42.02	1765.00	524.000	**0.027**
	Yapıldı	32.88	1085.00		
SA_SAlma(ay) N=60	Yapılmadı	34.16	1093.00	331.000	**0.032**
	Yapıldı	26.32	737.00		
SA_AYPO(ay) N=30	Yapılmadı	17.24	293.00	81.000	0.163
	Yapıldı	13.23	172.00		

Çizelge 7.49 proje öncesinde sistematik bir şekilde çalışma yürüten projelerle diğerleri arasında, mevcut gereksinimlerin, insan kaynaklarının ve satın alma faaliyetlerinin neden olduğu sapmaların miktarı bakımından, anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Diğer taraftan, ön hazırlık çalışmaları yeni gelen gereksinimlerin, teknik problemlerin ve alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu sapmaların miktarını etkilemez. Yine ön hazırlık çalışmalarını yürüten ve yürütmeyen projelerde müşteri kaynaklı süre sapmaları, ancak %10 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan farklılık gösterir.

Projelerde yürütülen ön hazırlık çalışmaları süre sapma oranlarına göre incelendiğinde yukarıdaki sonuçlara benzer sonuçlar elde edilir. Çizelge 7.50, süre sapma oranlarına göre yürütülen sınamaların sonuçlarını gösterir.

Ön hazırlık çalışmaları mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan süre sapma oranlarını etkiler. İnsan kaynaklarının süreksizliğinden ya da temininden kaynaklanan süre sapmaları, projelerde ön hazırlık çalışmaları yapılma durumuna göre değişir. Benzer şekilde satın alma problemlerinin neden olduğu süre sapmaları ile proje ön hazırlık çalışmaları arasında bir ilişki vardır.

Diğer taraftan ön hazırlık çalışmaları, yeni gelen gereksinimlerin, teknik problemlerin ve alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu süre sapma oranları üzerinde etkili değildir. Müşteri kaynaklı süre sapma oranlarında ise, ancak %10 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan farklılık yaratır.

Çizelge 7.50 : Ön hazırlık çalışmaları ile süre sapma oranları.

	Ön hazırlık çalışmalarının yapılma durumu	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_SSO	Yapılmadı	47.81	2008.00	281.000	**0**
	Yapıldı	25.52	842.00		
SA_GA(%)	Yapılmadı	45.69	1919.00	370.000	**0**
	Yapıldı	28.21	931.00		
SA_YGG(%)	Yapılmadı	41.23	1731.50	557.500	0.119
	Yapıldı	33.89	1118.50		
SA_GTP(%)	Yapılmadı	41.48	1742.00	547.000	0.112
	Yapıldı	33.58	1108.00		
SA_Müşteri(%)	Yapılmadı	41.27	1733.50	555.500	0.068
	Yapıldı	33.83	1116.50		
SA_İKT(%)	Yapılmadı	42.24	1774.00	515.000	**0.020**
	Yapıldı	32.61	1076.00		
SA_SAlma(%) N=60	Yapılmadı	34.50	1104.00	320.000	**0.019**
	Yapıldı	25.93	726.00		
SA_AYPO(%) N=30	Yapılmadı	17.47	297.00	77.000	0.113
	Yapıldı	12.92	168.00		

Çizelge 7.51 ön hazırlık çalışmalarına göre süre sapmalarının nasıl değiştiğini gösterir. Ön hazırlık çalışması yürütmeyen projeler ya ortalama 9.86 ay gecikir ya da proje planlarından ortalama %86.39 oranında sapar.

Ön hazırlık çalışmaları gereksinimlerin anlaşılamaması, insan kaynakları problemleri ve satın alma problemleri etmenlerini etkiler. Bu üç etmenin etkisi proje ön hazırlık çalışması yürütüldüğü durumda azalır. Proje ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerde gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle ortaya çıkan süre sapmalarının

miktarı ve oranı yürütmeyenlere göre daha düşüktür. Mevcut gereksinimlerin analizinde ya da yorumlanmasında sıkıntı yaşayan projeler, proje ön hazırlık çalışması yürütmedikleri takdirde, anlaşılamayan gereksinimler nedeniyle proje planlarından ortalama %29.67 oranında sapar. Projeler ön hazırlık çalışmalarını yürütürlerse GA kaynaklı süre sapma oranlarının ortalaması %10.07'ye düşer.

Çizelge 7.51 : Ön hazırlık durumlarına göre sapmaların büyüklüğü.

Sapma değerleri	Ön hazırlık çalışmaları	N	Ortalama	Ortanca
SA_SSM	Yapılmadı	42	9.86	9.50
	Yapıldı	33	4.75	4.60
SA_GA(ay)[a]	Yapılmadı	36	3.4278	3
N=56	Yapıldı	20	1.0850	0.4000
SA_İKT(ay)[b]	Yapılmadı	28	1.2071	0.5500
N=50	Yapıldı	22	0.7273	0
SA_SAlma(ay)[c]	Yapılmadı	17	1.42	1.50
N=31	Yapıldı	14	0.43	0
SA_SSO	Yapılmadı	42	86.39	65.83
	Yapıldı	33	32.08	25.56
SA_GA(%)[a]	Yapılmadı	36	29.6617	20.4167
N=56	Yapıldı	20	10.0661	2.7778
SA_İKT(%)[b]	Yapılmadı	28	7.8679	4.1700
N=50	Yapıldı	22	3.6868	0
SA_SAlma(%)[c]	Yapılmadı	17	12.42	11.11
N=31*	Yapıldı	14	1.895	0

a. GA sıkıntısı var iken
b. İK sıkıntısı var iken
c.Satın alma sıkıntısı var iken

Proje ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerde insan kaynaklarının neden olduğu sapmaların değeri yürütmeyenlere göre daha düşüktür. Ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerde İK süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %3.68'dir. Bu değer ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projelerde yaklaşık %7.87'e çıkar.

Benzer şekilde ürün tedariki esnasında sıkıntı yaşayan projeler, proje ön hazırlık çalışmaları yürütmezlerse, satın alma nedeniyle oluşan süre sapma oranlarının ortalaması %12.42 olur. Bu projeler ön hazırlık çalışmalarını yürüttükleri takdirde, satın alma kaynaklı süre sapma oranlarının ortalaması %1.895'e iner.

7.2.10 Yeniden kullanım

Ürün geliştirme sürecinde firma tarafından daha önceleri geliştirilen yahut diğer firmalardan geliştirme hakkı alınarak doğrudan kullanılan hazır alt yapılar, kütüphaneler, bileşenler ve diğer unsurlar mevcuttur. Örneklemdeki projelerin %64'ü mevcut bir alt yapıyı, bileşen kümesini ya da kütüphaneyi kullanmadan; benzer ürünleri, bileşenleri ve yapıları örnek almadan ürün geliştirir. Projelerin %36'sı daha önceleri gerçekleştirilmiş ya da diğer firmalardan geliştirme hakkı alınmış alt yapıları, kütüphaneleri, bileşenleri ve diğer unsurları doğrudan kullanarak ürün geliştirir.

Analiz sonuçları mevcut ürünleri yeniden kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında, toplam proje süreleri bakımından, anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Buna göre, mevcut yapıları ya da ürünleri yeniden kullanmayan projelerde, toplam sürelerin ortalama ve ortanca değerleri sırasıyla 26.98 ve 26.25 aydır. Öte yandan mevcut ürünleri ya da yapıları yeniden kullanan projelerde toplam proje sürelerinin ortalama ve ortanca değerleri sırasıyla 17.37 ve 14 ay olur.

Projelerin toplam süre sapma değerleri yeniden kullanılan yapılar ya da ürünler çerçevesinde incelenmiş, Çizelge 7.52'deki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre, belli bir yapıyı kullanmadan ürün geliştiren projeler ile mevcut yapıları kullanarak ürün geliştiren projeler arasında süre sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 7.52 : Yeniden kullanım önsavlarının sınama sonuçları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrYenidenKullanım(S)}$	Ürün geliştirme sürecinde daha önceden oluşturulmuş yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında süre sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0
	Ürün geliştirme sürecinde daha önceden oluşturulmuş yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0.005

Çizelge 7.53 yeniden kullanımın temel bozucu etmenler üzerindeki etkisini gösterir. Ürün geliştirme aşamasında mevcut bir yapıyı kullanan ve kullanmayan projeler arasında, genel teknik problemlerin, insan kaynakları problemlerinin ve satın alma problemlerinin neden olduğu sapmalar bakımından, %5 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan bir fark vardır.

Öte yandan bu iki grup arasında, müşteri problemleri ve alt yüklenici ya da proje ortakları problemleri nedeniyle oluşan sapmalar bakımından, anlamlı bir fark yoktur. Benzer şekilde, ürünleri yeniden kullanan projeler ile bunları kullanmayan projeler arasında, gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan süre sapmaları bakımından ancak %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan bir fark vardır.

Çizelge 7.53 : Yeniden kullanım ile süre sapmaları arasındaki ilişki.

	Yeniden kullanım durumu	Ortalama Sırası	Sıralama Toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SüreGerçek	Kullanılmadı	43.77	2101.00	371.000	0.002
	Kullanıldı	27.74	749.00		
SA_SSM	Kullanılmadı	45.22	2170.50	301.500	**0**
	Kullanıldı	25.17	679.50		
SA_GA(ay)	Kullanılmadı	41.24	1979.50	492.500	0.067
	Kullanıldı	32.24	870.50		
SA_YGG(ay)	Kullanılmadı	41.58	1996.00	476.000	**0.040**
	Kullanıldı	31.63	854.00		
SA_GTP(ay)	Kullanılmadı	43.28	2077.50	394.500	**0.004**
	Kullanıldı	28.61	772.50		
SA_Müşteri(ay)	Kullanılmadı	36.08	1732.00	556.000	0.207
	Kullanıldı	41.41	1118.00		
SA_İKP(ay)	Kullanılmadı	41.49	1991.50	480.50	**0.024**
	Kullanıldı	31.80	858.50		
SA_SAlma(ay) ve SA_SAlma(%) N=60[a]	Kullanılmadı	34.06	1464.50	212.500	**0.002**
	Kullanıldı	21.50	365.50		
SA_AYPO(ay) ve SA_AYPO(%) N=30[b]	Kullanılmadı	16.46	378.50	58.500	0.288
	Kullanıldı	12.36	86.50		
SA_SSO	Kullanılmadı	43.24	2075.50	396.500	**0.005**
	Kullanıldı	28.69	774.50		
SA_GA(%)	Kullanılmadı	41.09	1972.50	499.500	0.081
	Kullanıldı	32.50	877.50		
SA_YGG(%)	Kullanılmadı	40.81	1959.00	513.000	0.108
	Kullanıldı	33.00	891.00		
SA_GTP(%)	Kullanılmadı	42.40	2035.00	437.000	**0.018**
	Kullanıldı	30.19	815.00		
SA_Müşteri(%)	Kullanılmadı	35.69	1713.00	537.000	0.128
	Kullanıldı	42.11	1137.00		
SA_İKP(%)	Kullanılmadı	41.51	1992.50	479.500	**0.023**
	Kullanıldı	31.76	857.50		

a. Satın alma yapan projeler.
b. Alt yüklenici kullanan ya da proje ortağı olan projeler.

Yine bu iki grup arasında yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sapmaların miktarı bakımından anlamlı bir fark olduğu, sapma oranlarında ise böyle bir farkın oluşmadığı görülmüştür.

Çizelge 7.54 projelerin yeniden kullanım durumlarına göre fark yaratan etmenlerin aldığı değerleri gösterir. Mevcut ürünleri ya da yapıları kullanmayan projelerde süre sapma oranları kullananların yaklaşık iki katıdır. Mevcut bir yapıyı kullanan projelerde teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında oluşan süre aşımları ortalaması yaklaşık 1.5 ay iken, herhangi bir yapıyı kullanmayan projelerde bu değer yaklaşık 3.2 aya çıkar.

İnsan kaynakları nedeniyle sıkıntı yaşayan projelerde, mevcut yapıların yeniden kullanılmadığı durumda, bu etmen nedeniyle projeler planlarından yaklaşık %7.8 oranında sapar. Yeniden kullanım söz konusu olduğu durumda ise İK süre sapma oranları ortalaması %2.3'e iner. Satın alma faaliyeti nedeniyle sıkıntı yaşayan projelerde mevcut yapıların yeniden kullanılması durumunda, satın alma faaliyetleri süreçte herhangi bir gecikmeye neden olmaz. Öte yandan, mevcut yapıların yeniden kullanılmadığı durumlarda bu etmenin neden olduğu süre sapma oranlarının ortalaması %8.8'dir.

Çizelge 7.54 : Yeniden kullanıma göre süre sapma değerleri.

	Yeniden kullanım durumu	N	Sapma miktarları (ay)		Sapma oranları (%)	
			Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
SSM ve SSO	Kullanılmadı	48	9.404	8.500	75.722	58.333
	Kullanıldı	27	4.419	2.500	38.971	26.316
SA_GTP	Kullanılmadı	44	3.2091	3.000	24.052	17.5833
N=64[a]	Kullanıldı	20	1.4935	1.000	11.5314	10.00
SA_İKT	Kullanılmadı	34	1.2632	0.400	7.7785	3.89
N=50[b]	Kullanıldı	16	0.4281	0	2.3088	0
SA_SAlma	Kullanılmadı	27	1.1148	1.00	8.8051	5.00
N=31[c]	Kullanıldı	4	0	0	0	0

a .GTP sıkıntısı yaşayan projeler arasında.
b. İK sıkıntı yaşayan projeler arasında.
c. Satın alma faaliyetleri nedeniyle sapma yaşayan projeler arasında.

7.2.11 Referans alınan ürünler ya da yapılar

Örneklemdeki projelerin %52'si ürün geliştirme esnasında piyasada mevcut olan ürünleri ya da yapıları referans almakta, geriye mühendislik yaparak ürün özelliklerini tanımlamaktadır. Bu çalışmada proje esnasında geriye mühendislik

amacıyla incelenen ürünlerin, sistemlerin ve alt yapıların geliştirme performansını ne şekilde etkilediği analiz edilir. Öncelikle ürün geliştirme esnasında mevcut yapıları referans alan projelerle almayan projeler arasında proje süreleri bakımından anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur.

Ürün geliştirme sürecinde mevcut yapıları ya da ürünleri referans almanın etkisi $H_{PrReferansYapı(S)}$ önsavına göre analiz edilmiş, Çizelge 7.55'teki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre ürün geliştirme sürecinde başka ürünleri referans alan projelerle almayan projeler arasında toplam süre sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 7.55 : Referans yapı önsavlarının sınama sonuçları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrReferansYapı(S)}$	Ürün geliştirme sürecinde başka ürünleri referans alan projelerle almayan projeler arasında toplam süre sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0.005
	Ürün geliştirme sürecinde başka ürünleri referans alan projelerle almayan projeler arasında toplam süre sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0.009

Çizelge 7.56 mevcut ürünleri referans almanın temel bozucu etmenler üzerindeki etkisini özetler.

Ürün geliştirme aşamasında mevcut yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle almayanlar arasında, yeni gelen gereksinimlerin, genel teknik problemlerin, müşterilerin, insan kaynaklarının ve alt yüklenici ya da proje ortaklarının neden olduğu sapmalar bakımından, anlamlı bir fark yoktur. Bu etmenlerin ikili karşılaştırmalarında anlamlılık değerleri 0.05'in çok üstünde bulunmuştur. Öte yandan, ürün geliştirme esnasında referans alınan yapılar ya da ürünler mevcut gereksinimlerin analizini kolaylaştırır. Öyle ki, mevcut yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle almayanlar arasında, anlaşılamayan gereksinimler nedeniyle oluşan gecikmeler bakımından, anlamlı bir fark vardır.

Satın alma faaliyetlerini yürüten firmalarda referans alınan yapılar ya da ürünler satın alma sıkıntılarının etkisini azaltır. Ürün geliştirme esnasında bazı ürünleri ya da yapıları referans alan projelerle bunları referans almayan projeler arasında, ürün tedarikinden kaynaklanan süre sapmaları bakımından, anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 7.56 : Referans yapılar ile süre sapmaları arasındaki ilişki.

	Yapıları ve ürünleri referans alma	Ortalama Sırası	Sıralama Toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SüreGerçek	Alınmadı	42.14	1517.00	553.000	0.114
	Alındı	34.18	1333.00		
SA_SSM	Alınmadı	45.33	1632.00	438.000	0.005
	Alındı	31.23	1218.00		
SA_GA(ay)	Alınmadı	45.85	1650.50	419.500	0.001
	Alındı	30.76	1199.50		
SA_YGG(ay)	Alınmadı	38.99	1403.50	666.500	0.684
	Alındı	37.09	1446.50		
SA_GTP(ay)	Alınmadı	42.18	1518.50	551.500	0.104
	Alındı	34.14	1331.50		
SA_Müşteri(ay)	Alınmadı	36.35	1308.50	642.500	0.433
	Alındı	39.53	1541.50		
SA_İKP(ay)	Alınmadı	39.51	1422.50	647.500	0.479
	Alındı	36.60	1427.50		
SA_SAlma(ay) N=60[a]	Alınmadı	35.32	1059.50	305.500	0.008
	Alındı	25.68	770.50		
SA_AYPO(ay) N=30[b]	Alınmadı	16.22	259.50	100.500	0.637
	Alındı	14.68	205.50		
SA_SSO	Alınmadı	44.88	1615.50	454.500	0.009
	Alındı	31.65	1234.50		
SA_GA(%)	Alınmadı	45.11	1624.00	446.000	0.004
	Alındı	31.44	1226.00		
SA_YGG(%)	Alınmadı	39.44	1420.00	650.000	0.552
	Alındı	36.67	1430.00		
SA_GTP(%)	Alınmadı	41.90	1508.50	561.500	0.129
	Alındı	34.40	1341.50		
SA_Müşteri(%)	Alınmadı	36.49	1313.50	647.500	0.472
	Alındı	39.40	1536.50		
SA_İKT(%)	Alınmadı	39.72	1430.00	640.000	0.421
	Alındı	36.41	1420.00		
SA_SAlma(%) N=60[a]	Alınmadı	35.47	1064.00	301.000	0.007
	Alındı	25.53	766.00		
SA_AYPO(%) N=30[b]	Alınmadı	16.41	262.50	97.500	0.552
	Alındı	14.46	202.50		

a. Satın alma yapan projeler.

b. Alt yüklenici kullanan ya da proje ortağı olan projeler.

Çizelge 7.57 referans alınan yapıların sapma değerlerinde yarattığı etkiyi gösterir. Buna göre ürün geliştirirken mevcut ürünleri ya da yapıları referans almayan projelerde süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %82.2'dir. Herhangi bir yapıyı ya da ürünü referans alan projelerde bu değer %44.3'e düşer. Benzer şekilde, referans alınan yapıların bulunmadığı projelerde GA kaynaklı süre sapma oranları yaklaşık %32'dir. Bazı ürünleri ya da yapıları referans alan projelerde bu değer yaklaşık %13.29 olarak hesaplanır. Yine mevcut ürünleri ya da yapıları referans alan projelerde satın alma kaynaklı sapma oranlarının ortalaması %4.28 iken bu yapıları referans almayan projelerde bu etmenin etkisi %9.8'dir.

Çizelge 7.57 : Referans alınan yapılara göre süre sapmaları.

	Referans alınan yapılar/ürünler	N	Sapma miktarları (ay)		Sapma oranları (%)	
			Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
SSM ve SSO	Alınmadı	36	9.469	8.750	82.192	63.750
	Alındı	39	5.892	6.000	44.307	31.250
SA_GA N=56[a]	Alınmadı	28	3.7786	3.2500	32.0393	22.9167
	Alındı	28	1.4036	0.4000	13.2872	3.1250
SA_SAlma N=31[b]	Alınmadı	19	1.1895	1.0000	9.8078	7.2222
	Alındı	12	0.6250	0	4.2824	0

a. GA sıkıntısı olan projeler arasında.
b. Satın alma sapmaları olan projeler arasında.

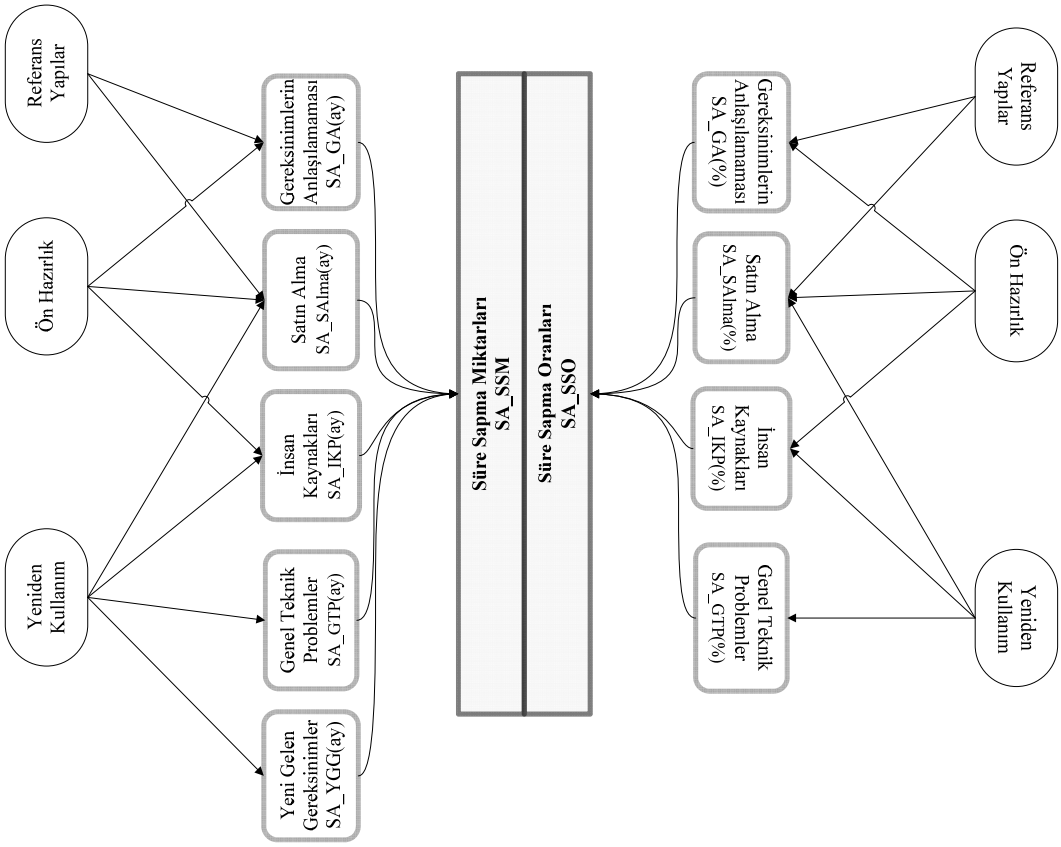
7.2.12 Ön hazırlık, yeniden kullanım ve referans yapılar

Proje öncesinde yürütülen çalışmalar, ürün geliştirme sürecinde kullanılan mevcut alt yapılar ve referans alınan ürünler birlikte değerlendirilmiş, Şekil 7.18 oluşturulmuştur.

Proje öncesinde yürütülen çalışmalar gereksinim analizi faaliyetlerini olumlu yönde etkiler; satın alma faaliyetlerindeki sıkıntıları en aza indirir. Ön hazırlık çalışmaları yardımıyla proje ekibi içindeki bilgi akışı güçlenir, ekip elemanları arasındaki deneyim ve bilgi farklılığı en aza indirilir ve proje içinde deneyim ve tecrübenin paylaşıldığı bir ortam yaratılır. Bu nedenle ön hazırlık çalışmaları, insan kaynakları problemlerinin etkisini azaltır.

Projelerde mevcut yapıların ya da ürünlerin yeniden kullanımı tasarım ve geliştirme faaliyetlerinin karmaşıklığını azaltır. Ayrıca insan kaynaklarından gelebilecek olumsuz durumlar mevcut yapıları kullanan projelerde daha az etkili olur.

Ürün geliştirme sürecinde mevcut bir ürünün referans alınması, tersine mühendislik yapılarak ürün özelliklerinin ortaya çıkarılması gereksinimlerin anlaşılmasını kolaylaştırır.



Şekil 7.18 : Ön hazırlık, yeniden kullanım ve referans yapılar.

7.2.13 Geliştirilen ürünün niteliği

Bu bölümde proje süreleri ve süre sapma değerleri geliştirilen ürünün niteliğine göre incelenir. Çizelge 7.58 yürütülen ikili karşılaştırmaların bir özetini verir. Yürütülen Mann-Whitney U sınaması, salt yazılım projeleri ile yazılım ve donanımın birlikte geliştirildiği sistem projeleri arasında, proje süreleri ve süre sapma değerleri bakımından, anlamlı bir farkın olmadığını gösterir.

Bu bölümde ürün niteliğinin temel bozucu etmenler üzerindeki etkileri de incelenir. Mevcut ve yeni gereksinimlerin, müşterilerin ve alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu süre sapma değerleri ürün niteliğine göre farklılık göstermez. Diğer taraftan geliştirilen ürünün niteliği genel teknik özelliklerin, insan kaynakları problemlerinin ve satın alma faaliyetlerinin neden olduğu süre sapmalarını etkiler. Salt yazılım ürünü geliştiren projelerle sistem projeleri arasında,

bu etmenlerin neden olduğu süre sapmalarının miktarı ve oranı bakımından, anlamlı bir fark mevcuttur.

Çizelge 7.58 : Proje sürelerine göre ürün niteliği grupları arasındaki fark.

	Ürün niteliği	Ortalama Sırası	Sıralama Toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SüreGerçek	Yazılım	37.32	1866.00	591.000	0.702
	Sistem	39.36	984.00		
SA_SSM	Yazılım	35.63	1781.50	506.500	0.182
	Sistem	42.74	1068.50		
SA_GA(ay)	Yazılım	38.94	1947.00	578.000	0.573
	Sistem	36.12	903.00		
SA_YGG(ay)	Yazılım	40.44	2022.00	503.000	0.139
	Sistem	33.12	828.00		
SA_GTP(ay)	Yazılım	33.01	1650.50	375.500	0.004
	Sistem	47.98	1199.50		
SA_Müşteri(ay)	Yazılım	38.35	1917.50	607.500	0.807
	Sistem	37.30	932.50		
SA_İKT(ay)	Yazılım	33.90	1695.00	420.000	0.005
	Sistem	46.20	1155.00		
SA_SAlma(ay) N=60[a]	Yazılım	25.49	892.00	262.000	0.001
	Sistem	37.52	938.00		
SA_AYPO(ay) N=30[b]	Yazılım	12.55	125.50	70.500	0.198
	Sistem	16.98	339.50		
SA_SSO	Yazılım	36.75	1837.50	562.500	0.481
	Sistem	40.50	1012.50		
SA_GA(%)	Yazılım	38.58	1929.00	596.000	0.728
	Sistem	36.84	921.00		
SA_YGG(%)	Yazılım	40.44	2022.00	503.000	0.139
	Sistem	33.12	828.00		
SA_GTP(%)	Yazılım	33.18	1659.00	384.000	0.006
	Sistem	47.64	1191.00		
SA_Müşteri(%)	Yazılım	38.54	1927.00	598.000	0.706
	Sistem	36.92	923.00		
SA_İKT(%)	Yazılım	34.28	1714.00	439.000	0.010
	Sistem	45.44	1136.00		
SA_SAlma(%) N=60[a]	Yazılım	25.56	894.50	264.500	0.001
	Sistem	37.42	935.50		
SA_AYPO(%) N=30[b]	Yazılım	12.30	123.00	68.000	0.169
	Sistem	17.10	342.00		

a. Satın alma yapan projeler.

b. Alt yüklenici kullanan ya da proje ortağı olan projeler.

Teknik özelliklerin, satın alma faaliyetlerinin ve insan kaynaklarının neden olduğu sıkıntılar kendi içinde değerlendirilmiş, Çizelge 7.59'daki değerler elde edilmiştir. Salt yazılım projelerinde genel teknik özelliklerden kaynaklanan sıkıntılar projeyi yaklaşık iki ay uzatırken, sistem projelerinde bu etmenin etkisi ortalama 3.8 aydır. Yine yazılım ve donanımın birlikte geliştirildiği sistem projelerinde süre sapma oranları ortalaması yaklaşık %29'dur.

Salt yazılım projelerinde satın alma sıkıntıları proje süresini neredeyse hiç etkilemez. Öte yandan yazılım ve donanımın birlikte geliştirildiği projelerde bu sıkıntılar projeleri yaklaşık 0.93 ay uzatır; projelerin planlanan süreden yaklaşık %7.27 oranında sapmasına neden olur.

Benzer şekilde insan kaynaklarının neden olduğu sıkıntılar en çok yazılım ve donanımın birlikte geliştirildiği sistem projelerinde etkili olur. Salt yazılım projelerinde İK süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %4.8 iken sistem projelerinde bu değer %8.19'a çıkar.

Çizelge 7.59 : Ürün niteliğine göre süre sapmaları.

	Ürün niteliği	N	Sapma miktarları (ay)		Sapma oranları (%)	
			Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
SA_GTP	Yazılım	41	2.0432	1.5000	15.2685	10.9091
N=64[a]	Sistem	23	3.7957	3.6000	28.8220	21.8750
SA_İKP	Yazılım	32	0.6719	0	4.8094	0
N=50[b]	Sistem	18	1.5722	1.5250	8.1950	6.1150
SA_SAlma	Yazılım	35	0.1929	0	1.5972	0
N=60[c]	Sistem	25	0.9340	0.5000	7.2734	4.1667

a. Genel teknik özellikler nedeniyle sıkıntı yaşayan projeler arasında.
b. İnsan kaynakları sıkıntısı yaşayan projeler arasında.
c. Satın alma yapılan projeler arasında.

7.3 İş Gücü Sapma Değerlerinin Önsav Sınamaları

Bir önceki bölümde yazılım projelerinde süre sapmalarına neden olan etmenler ele alınmış, bu etmenlerin etkileri ortaya çıkarılmıştır. Bu bölümde iş gücü sapma değerleri incelenir. Geliştirme sürecini doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkileyen etmenlerin iş gücü ve iş gücü sapma değerleri üzerindeki etkileri analiz edilir.

İlk olarak projelerin toplam süre ve süre sapma değerleri ile toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenir. Çizelge 7.60'a göre, projelerdeki

toplam iş gücü sapmaları ile süre sapmaları arasında pozitif yönde ve orta şiddette anlamlı bir ilişki vardır. Daha sonra toplam iş gücü ve iş gücü sapmaları üzerinde etkili olabilecek etmenler istatistiksel analiz teknikleri kullanılarak ortaya çıkarılır.

Çizelge 7.60 : Süre ve iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler.

Süre sapmaları	İş gücü sapmaları	Korelasyon Kats.	Anl.
SA_SSM	SA_İSM	0.478**	0
SA_SSO	SA_İSO	0.525**	0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

7.3.1 Temel bozucu etmenler ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde proje süresi üzerinde doğrudan etkili olan etmenler ile iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler, Bölüm 3'te verilen önsavlara göre sınanır. 75 adet projeyle yapılan çalışmalar esnasında bu projelerin planlanan ve gerçekleşen toplam iş gücü değerlerine ulaşılmış, bu değerler kullanılarak iş gücü sapma miktarları ve oranları elde edilmiştir. Bu çalışmada projelerdeki toplam iş gücü sapmaları ile temel bozucu etmenler karşılaştırılır. Karşılaştırmalarda temel bozucu etmenlerin süre sapma değerleriyle ilgilenilmez, bunların geliştirme sürecinde sıkıntı ve sapma yaratma durumları dikkate alınır. Burada amaç, geliştirme sürecini doğrudan etkileyen etmenlerin toplam iş gücü sapmaları üzerinde de etkili olup olmadığını ortaya çıkarmaktır.

Çizelge 7.61 temel bozucu etmenlerin sıkıntı ve sapma yaratma durumlarına göre iş gücü sapma miktarlarını inceler. Çizelge 7.62, bu etmenlerin sıkıntı ve sapma yaratma durumları arasında, iş gücü sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark olup olmadığını analiz eder.

Çizelge 7.61 ve Çizelge 7.62'ye göre müşteri ve satın alma sıkıntıları ve bu sıkıntıların neden olduğu süre sapmaları iş gücünde anlamlı bir sapmaya neden olmaz. Müşterilerin sıkıntı yaratma ve süre sapmasına neden olup olmama durumları arasında iş gücü sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur. Benzer şekilde, satın alma faaliyetlerinin sıkıntı yaratma ve süre sapmasına neden olma durumları arasında iş gücü sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark görülmemiştir.

Çizelge 7.61'e göre gereksinimlerin anlaşılamaması etmenin projelerde sıkıntı yaratma durumları arasında, iş gücü sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark yoktur. Öte yandan, bu etmenin projelerde gecikmeye neden olma durumları arasında sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır. Çizelge 7.62 aynı etmenin sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark olmadığını; sapma yaratma durumları arasında ise böyle bir farkın bulunduğunu gösterir. Buna göre, mevcut gereksinimler projelerde gecikmeye neden olduğu durumda iş gücü miktarlarında da bir artış görülür.

Çizelge 7.61 : İş gücü sapma miktarlarına göre bozucu etmenlerin etkisi.

Temel bozucu etmen	Gruplar	N	Ortalama Sırası	Sıralama Toplamı	Mann-Whitney U	Asymp. Sig.
SI_GA	Sıkıntı yok	19	32.37	615.00	425.000	0.191
	Sıkıntı var	56	39.91	2235.00		
	Sapma yok	37	32.34	1196.50	493.500	**0.026**
	Sapma var	38	43.51	1653.50		
SI_YGG	YGG ve sıkıntı yok	19	32.68	621.00	431.000	0.217
	Sıkıntı var	56	39.80	2229.00		
	Sapma yok	39	32.79	1279.00	499.000	**0.031**
	Sapma var	36	43.64	1571.00		
SI_GTP	Sıkıntı yok	11	20.55	226.00	160.000	**0.004**
	Sıkıntı var	64	41.00	2624.00		
	Sapma yok	25	27.16	679.00	354.000	**0.002**
	Sapma var	50	43.42	2171.00		
SI_Müşteri	Sapma yok	53	36.68	1944.00	513.000	0.414
	Sapma var	22	41.18	906.00		
SI_İKP	Sıkıntı yok	25	33.94	848.50	523.500	0.253
	Sıkıntı var	50	40.03	2001.50		
	Sapma yok	52	33.92	1764.00	386.000	**0.015**
	Sapma var	23	47.22	1086.00		
SI_SAlma[a]	Sıkıntı yok	29	30.64	888.50	445.500	0.953
	Sıkıntı var	31	30.37	941.50		
	Sapma yok	29	30.64	888.50	296.000	0.185
	Sapma var	31	30.37	941.50		
SI_AYPO[b]	Sapma yok	11	8.18	90.00	24.000	**0.009**
	Sapma var	12	15.50	186.00		

a. Ürün tedariki faaliyetlerini yürüten projeler arasında.

b. Alt yüklenicilerle çalışan ya da ortakları olan projeler arasında.

Yeni gelen gereksinimlerin projelerde sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark yoktur. Öte yandan sapma oranlarına göre yapılan karşılaştırmada, bu etmenin sıkıntı yaratma durumları arasında bir fark olduğu görülür. Yeni gelen gereksinimlerin projelerde gecikme yaratma durumları dikkate alındığında, bu etmen nedeniyle geciken projelerle gecikmeyen projeler arasında, iş gücü sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark olduğu görülür. Buna göre, yazılım projelerinde yeni gelen gereksinimler gecikmeye neden olduğu durumda iş gücü değerlerinde bir artış görülür.

Çizelge 7.62 : İş gücü sapma oranlarına göre bozucu etmenlerin etkisi.

Temel bozucu etmen	Gruplar	N	Ortalama Sırası	Sıralama Toplamı	Mann-Whitney U	Asymp. Sig.
SI_GA	Sıkıntı yok	19	31.08	590.50	400.500	0.108
	Sıkıntı var	56	40.35	2259.50		
	Sapma yok	37	31.38	1161.00	458.000	**0.009**
	Sapma var	38	44.45	1689.00		
SI_YGG	YGG ve sıkıntı yok	19	29.21	555.00	365.000	**0.041**
	Sıkıntı var	56	40.98	2295.00		
	Sapma yok	39	30.26	1180.00	400.000	**0.001**
	Sapma var	36	46.39	1670.00		
SI_GTP	Sıkıntı yok	11	21.50	236.50	170.500	**0.006**
	Sıkıntı var	64	40.84	2613.50		
	Sapma yok	25	30.62	765.50	440.500	**0.038**
	Sapma var	50	41.69	2084.50		
SI_Müşteri	Sapma yok	53	36.00	1908.00	477.000	0.216
	Sapma var	22	42.82	942.00		
SI_İKP	Sıkıntı yok	25	44.34	1108.50	466.500	0.074
	Sıkıntı var	50	34.83	1741.50		
	Sapma yok	52	36.56	1901.00	523.000	0.388
	Sapma var	23	41.26	949.00		
SI_SAlma[a]	Sıkıntı yok	29	31.07	901.00	433.000	0.807
	Sıkıntı var	31	29.97	929.00		
	Sapma yok	29	31.07	901.00	369.000	0.884
	Sapma var	31	29.97	929.00		
SI_AYPO[b]	Sapma yok	11	11.09	122.00	56.000	0.566
	Sapma var	12	12.83	154.00		

a. Ürün tedariki faaliyetlerini yürüten projeler arasında.
b. Alt yüklenicilerle çalışan ya da ortakları olan projeler arasında.

İş gücü sapmalarında en dikkat çekici etmen genel teknik problemler etmenidir. Analiz sonuçlarına göre teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında sıkıntı yaşayan projelerle böyle bir sıkıntı yaşamayan projeler arasında, iş gücü sapma miktarları ve oranları bakımından, anlamlı bir fark vardır. Buna göre, teknik sıkıntılar nedeniyle projelerin iş gücü değerlerinde bir artış olmaktadır. Proje ekibi teknik sıkıntıların üstesinden gelebilmek için fazla mesai yapar, bu sıkıntıyı bu şekilde bertaraf etmeye çalışır. Benzer şekilde genel teknik sıkıntılar nedeniyle geciken projelerle gecikmeyen projeler arasında da böyle bir fark görülmüştür. Teknik nedenlerden dolayı geciken projelerin iş gücünde de anlamlı bir artış görülür.

Analiz sonuçları insan kaynakları sıkıntıları nedeniyle geciken projelerle gecikmeyen projeler arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark olduğunu ama iş gücü sapma oranlarında böyle bir farkın oluşmadığını gösterir.

Analiz sonuçlarına göre alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır. Öte yandan, aynı etmenin sapma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Bölüm 3'te verilen önsavların sınama sonuçları Çizelge 7.61 ve Çizelge 7.62'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kabul ya da reddedilen önsavlar Çizelge 7.63'te özetlenmiştir.

Çizelge 7.63 : İş gücü sapmalarında bozucu etmenlerin etkisi önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{GA(İ)}$	Mevcut gereksinimlerin sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.191
	Mevcut gereksinimlerin sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.108
	Mevcut gereksinimlerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.026**
	Mevcut gereksinimlerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.009**
$H_{YGG(S)}$	Yeni gereksinimlerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.031**
	Yeni gereksinimlerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.001**
	Yeni gereksinimlerin sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.217

Çizelge 7.63 (devam): İş gücü sapmalarında temel bozucu etmenlerin etkisi önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{YGG(S)}$	Yeni gereksinimlerin sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.041**
$H_{MP(İ)}$	Müşterilerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.414
	Müşterilerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.216
$H_{GTP(İ)}$	Teknik nedenlerin sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.004**
	Teknik nedenlerin sıkıntı yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.006**
	Teknik nedenlerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.002**
	Teknik nedenlerin sapma yaratma durumları arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.038**
$H_{İKP(İ)}$	İnsan kaynaklarının sıkıntı yaratma durumları, projelerdeki toplam iş gücü sapma miktarlarına göre farklılık göstermez.	0.253
	İnsan kaynaklarının sıkıntı yaratma durumları, projelerdeki toplam iş gücü sapma oranlarına göre farklılık göstermez.	0.074
	İnsan kaynaklarının sapma yaratma durumları, projelerdeki toplam iş gücü sapma miktarlarına göre farklılık gösterir.	**0.015**
	İnsan kaynaklarının sapma yaratma durumları, projelerdeki toplam iş gücü sapma oranlarına göre farklılık göstermez.	0.388
$H_{SAP(İ)}$	Satın alma faaliyetlerinde sıkıntı yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında toplam iş gücü sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	>0.05
	Satın alma faaliyetlerinde sapma yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında toplam iş gücü sapma miktarları ve oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	>0.05
$H_{AYPO(İ)}$	Alt yükleniciler ya da proje ortakları nedeniyle sapma yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	**0.009**
	Alt yükleniciler ya da proje ortakları nedeniyle sapma yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.566

Çizelge 7.64, iş gücü sapma miktarlarına ya da oranlarına göre farklılık gösteren etmenlerin aldığı değerleri gösterir. Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle geciken projelerde iş gücü sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %83.4 iken diğer projelerde bu değer yaklaşık %41.2'dir. Benzer şekilde, yeni gelen gereksinimler

nedeniyle geciken projelerde iş gücü sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %82.8 iken gecikmeyen projelerde bu değer yaklaşık %43.8'dir.

Çizelge 7.64 : Temel bozucu etmenlere göre iş gücü sapma değerleri.

	Gruplar	N	İş gücü sapma miktarları (adam-ay)		İş gücü sapma oranları (%)	
			Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
SI_GA	Sapma yok	37	42.6538	7.000	41.171	27.815
	Sapma var	38	38.6488	19.000	83.429	50.789
SI_YGG	YGG ve sıkıntı yok	19	23.1408	10.000	44.691	20.456
	Sıkıntı var	56	46.5566	15.000	68.652	46.053
	Sapma yok	39	24.4673	8.000	43.881	30.000
	Sapma var	36	58.1283	18.800	82.842	60.417
SI_GTP	Sıkıntı yok	11	10.3360	0	20.199	0
	Sıkıntı var	64	45.8305	18.000	69.867	41.053
	Sapma yok	25	15.1629	4.000	43.228	25.000
	Sapma var	50	53.3555	18.200	72.259	41.053
SI_IKP	Sapma yok	52	27.2355	9.500	62.219	37.023
	Sapma var	23	70.8957	18.400	63.403	50.000

Projelerde teknik sıkıntılarla karşı karşıya kalan projelerde iş gücü sapma oranları ortalama %69.9'dur. Bu tip sıkıntılarla karşılaşmayan projelerde iş gücü sapma oranları oldukça düşüktür. Bu gruptaki projelerde iş gücü sapma oranlarının ortalaması %20.2 ve ortanca değeri ise sıfırdır. Teknik sıkıntılarla karşı karşıya gelen projeler, geliştirme sürecinin süresini arttırmadan önce, fazla mesailer yaparak bu sıkıntıları bertaraf etmeye çalışır.

7.3.2 İş gücü sapmaları ile dolaylı etmenler

Bu çalışmada dolaylı etmenler ile iş gücü sapma değerleri karşılaştırılmış, bu etmenlerin sapma değerlerini ne şekilde etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Bu kapsamda proje ekibinin yetkinlik düzeyi, proje yöneticisinin yetkinlik düzeyi, gereksinimlerin tanımlanma düzeyi, yeniden kullanım, referans alınan yapılar, proje ön hazırlık çalışmaları, projenin Ar-Ge yönü, ürünün yenilik düzeyi ve ürün niteliği gibi unsurlarla toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenir.

7.3.3 Proje ekibinin yetkinliği ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde proje ekibinin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje tecrübesi ayrı ayrı ele alınarak bu etmenlerin toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri üzerindeki etkileri incelenir. Çizelge 7.65, Bölüm 3'te verilen ekip yetkinliği önsavlarının sınama sonuçlarını özetler.

Çizelge 7.65 : Ekip yetkinliği ile iş gücü sapmaları arasındaki ilişkiler.

Bağımlı değişkenler N=75	Ekip yetkinlik düzeyleri	Korelasyon Kats.	Anl.
İşgücüGerçek	EkipYetkin_Alan	-0.208*	0.012
	EkipYetkin_Proje	-0.402**	0
	EkipYetkin_Teknik	-0.280**	0.001
SA_İSM	EkipYetkin_Alan	-0.230**	0.006
	EkipYetkin_Proje	-0.265**	0.002
	EkipYetkin_Teknik	-0.171*	0.045
SA_İSO	EkipYetkin_Alan	-0.150	0.076
	EkipYetkin_Proje	-0.025	0.765
	EkipYetkin_Teknik	-0.005	0.951

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Analiz sonuçları ekip elemanlarının alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje tecrübesi ile projelerdeki toplam iş gücü değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir. Buna göre, ekibin yetkinlik düzeyi arttıkça projelerdeki toplam iş gücü miktarı azalır. Proje tecrübesi etmenine ait ilişki diğer iki etmene göre daha kuvvetlidir. Toplam iş gücü miktarıyla proje deneyimine sahip elemanların oranı arasında negatif yönde ve 0.402 şiddetinde bir ilişki mevcuttur.

Benzer şekilde ekibin yetkinlik düzeyi ile iş gücü sapma miktarları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Proje iş gücü sapma miktarları ile ekibin alan uzmanlığı arasında -0.230 şiddetinde anlamlı bir ilişki vardır. Proje ekibinin proje ve teknik tecrübesiyle olan ilişkilerin şiddeti ise sırasıyla -0.265 ve -0.171'dir. İş gücü sapma miktarlarında da ekibin proje tecrübesi öne çıkmaktadır.

İş gücü sapma oranlarıyla ekibin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje tecrübesi karşılaştırıldığında, iş gücü sapma oranları ile bu etmenler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olmadığı görülür. Buna göre proje ekibinin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje tecrübesi iş gücü sapma oranlarını etkilemez. Sonuç olarak,

ekip elemanlarının yetkinlik düzeyleri projelerdeki toplam iş gücünü ve iş gücü sapma miktarını etkilerken iş gücü sapma oranlarında anlamlı bir fark yaratmaz.

Çizelge 7.65'teki sonuçlara göre kabul ya da reddedilen önsavlar Çizelge 7.66'da özetlenmiştir.

Çizelge 7.66 : İş gücü sapmalarına göre ekip yetkinliği önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{EkipYetkinAlan(İ)}$	Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.006
	Proje ekibinin alan uzmanlığı ile toplam iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.	0.076
$H_{EkipYetkinProje(İ)}$	Proje ekibinin proje tecrübesi ile toplam iş gücü sapma miktarları arasında bir ilişki vardır.	0.002
	Proje ekibinin proje tecrübesi ile toplam iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.	0.765
$H_{EkipYetkinTeknik(İ)}$	Proje ekibinin teknik tecrübesi ile toplam iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.045
	Proje ekibinin teknik tecrübesi ile toplam iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.	0.951

7.3.4 Proje yönetisinin yetkinliği ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde proje yöneticisinin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje yönetme tecrübesi ayrı ayrı ele alınarak bu etmenlerin toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri üzerindeki etkileri incelenir.

Bölüm 3'te verilen proje yöneticisinin yetkinliği önsavları Kendall's tau_b yöntemiyle test edilmiş, Çizelge 7.67'deki sonuçlar elde edilmiştir. Analiz sonuçları proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile projelerdeki toplam iş gücü miktarı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını gösterir. Buna göre proje yöneticisinin alan uzmanlığı, teknik deneyimi ve proje yönetme deneyimi projenin gerçekleşen iş gücünü etkilemez. Benzer şekilde, proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ve alan uzmanlığı ile iş gücü sapma miktarları arasında bir ilişki olmadığı ortaya çıkmıştır. Öte yandan, proje yöneticisinin teknik tecrübesi ile iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur.

Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi ile iş gücü sapma oranları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Proje yöneticisinin

yetkinliğinde bir artış oldukça iş gücü kestirimleri daha gerçekçi olmakta ve dolayısıyla iş gücü sapma oranlarında bir azalma görülmektedir.

Sonuç olarak projelerdeki toplam iş gücünde ve iş gücü sapma miktarlarında ekip elemanlarının yetkinliği; iş gücü sapma oranlarında ise proje yöneticisinin yetkinliği etkilidir.

Çizelge 7.67 : PY yetkinliği ile iş gücü sapmaları arasındaki ilişkiler.

Bağımlı değişkenler N=75	Ekip yetkinlik düzeyleri	Korelasyon Kats.	Anl.
İşgücüGerçek	PYYetkin_Yönetim	-0.008	0.927
	PYYetkin_Alan	0.133	0.130
	PYYeter_Teknik	-0.065	0.473
SA_İSM	PYYetkin_Yönetim	-0.077	0.388
	PYYetkin_Alan	-0.016	0.857
	PYYeter_Teknik	-0.213*	0.020
SA_İSO	PYYetkin_Yönetim	-0.251**	0.005
	PYYetkin_Alan	-0.224*	0.012
	PYYeter_Teknik	-0.237**	0.010

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Çizelge 7.67'deki sonuçlara göre kabul ya da reddedilen önsavlar Çizelge 7.68'de özetlenmiştir.

Çizelge 7.68 : İş gücü sapmalarına göre PY önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PYYetkinYönetim(İ)}$	Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ile toplam iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.	0.388
	Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ile toplam iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.005
$H_{PYYetkinAlan(İ)}$	Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.	0.857
	Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ile toplam iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.012
$H_{PYYetkinTeknik(İ)}$	Proje yöneticisinin teknik tecrübesi ile toplam iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.020
	Proje yöneticisinin teknik tecrübesi ile toplam iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.010

7.3.5 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile ilgili önsavlar Kendall's tau_b yöntemiyle test edilmiş, sonuçlar Çizelge 7.69'da özetlenmiştir. Çizelge, gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile toplam iş gücü, iş gücü sapma miktarları ve iş gücü sapma oranları arasındaki ilişkileri sorgular. Analiz sonuçları operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin tanımlı olma durumlarıyla projelerdeki toplam iş gücü miktarları arasında anlamlı bir ilişki olmadığını gösterir. Öte yandan, gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapma miktarları ve oranları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Bu ilişkilerin şiddeti iş gücü sapma oranlarında daha kuvvetlidir. Buna göre, proje başlangıcında gereksinimler ne kadar iyi tanımlanırsa iş gücü sapma oranları ya da miktarları o kadar az sapar.

Çizelge 7.69 : Gereksinim düzeyleri ile iş gücü ilişkileri.

Bağımlı değişkenler N=75	Gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri	Korelasyon Kats.	Anl.
İşgücüGerçek	GerekOperasyonel	0.003	0.974
	GerekİşlevseI	0.038	0.657
	GerekTasarım	-0.043	0.616
SA_İSM	GerekOperasyonel	-0.202*	0.020
	GerekİşlevseI	-0.234**	0.007
	GerekTasarım	-0.205*	0.018
SA_İSO	GerekOperasyonel	-0.355**	0
	GerekİşlevseI	-0.394**	0
	GerekTasarım	-0.374**	0

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerini tanımlama düzeylerinde gereksinimlerin tam ve doğru bir şekilde tanımlanması dönüm noktasını oluşturur. İş gücü sapma değerlerinin gereksinimlerin tanımlanma düzeyine göre nasıl değiştiği Çizelge 7.70'te verilmiştir. Operasyonel, işlevsel ya da tasarım gereksinimlerini çok iyi bir şekilde tanımlayan projelerde iş gücü sapma oranlarının ortanca değeri yaklaşık %6.5'ler seviyesindedir. Ortalama değerlere bakıldığında operasyonel ve işlevsel gereksinimleri çok iyi tanımlayan projelerde bu değer yaklaşık %18; tasarım gereksinimlerini çok iyi tanımlayan projelerde ise %21 seviyesindedir. Ürün gereksinimlerinin eksik, hatalı ya da kapalı bir şekilde tanımlandığı durumlarda iş gücü sapma oranlarının ortanca değeri %50'lere ve ortalama değeri %70'lere çıkar.

Çizelge 7.70 gereksinim düzeylerine göre iş gücü sapma miktarlarının nasıl değiştiğini de gösterir. Operasyonel ve işlevsel gereksinimlerin tam olduğu projelerde iş gücü sapma miktarlarının ortanca değeri yaklaşık dört adam-ay'dır. Tasarım gereksinimlerinin tam olduğu projelerde bu değer 1.85 adam-ay olur. Operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin eksik, hatalı ya da kapalı bir şekilde tanımlandığı projelerde iş gücü sapma miktarlarının ortanca değeri yaklaşık 18 adam-ay'dır.

Çizelge 7.70 : Gereksinim düzeylerine göre iş gücü sapmaları.

	Gruplar	SA_İSM		SA_İSO	
		Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
Gerek_Operasyonel_K	Düzey 1	50.0291	18.0000	77.523	53.914
	Düzey 2	12.9061	4.0000	18.546	6.557
Gerek_Islevsel_K	Düzey 1	49.8872	18.4000	74.551	50.000
	Düzey 2	6.4688	4.0000	18.446	6.612
Gerek_Tasarım_K	Düzey 1	49.8465	18.0000	73.738	50.000
	Düzey 2	6.6188	1.8500	21.444	6.458

Çizelge 7.69'da verilen analiz sonuçları, gereksinimlerin tanımlanma düzeyleriyle iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığını söyleyen sıfır önsavlarının reddedilmesi gerektiğini söyler. Buna göre, önsav sınama sonuçlarının bir özeti Çizelge 7.71'de verilmiştir.

Çizelge 7.71 : İş gücü sapmalarına göre gereksinimlerin tanımlanma düzeyi önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{GereksinimTanımları(İ)_O}$	Operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.020
	Operasyonel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{GereksinimTanımları(İ)_İ}$	İşlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.007
	İşlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0
$H_{GereksinimTanımları(İ)_T}$	Tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapma miktarları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0.018
	Tasarım gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri ile iş gücü sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki vardır.	0

7.3.6 İnsan kaynakları koordinasyonu ve eğitimi

Bu bölümde koordinasyonu ve birlikteliği sağlamada ya da iş gücünü eğitmede sıkıntı yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark olup olmadığı incelenir. Çizelge 7.72 bu iki etmen için yürütülen Mann-Whitney U testi sonuçlarını özetler. Buna göre, çalışanlar arasında koordinasyonu ve birlikteliği sağlamada sıkıntı yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında, iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır. Benzer şekilde, iş gücünü eğitmede sıkıntı yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark olduğu görülür. Diğer taraftan, bu iki etmenin grupları arasında iş gücü sapma oranları bakımından, %5 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 7.72 : İş gücü sapmalarında koordinasyon ve eğitim sıkıntılarının etkisi.

	Bozucu etmenler	Gruplar	Ortalama Sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
SA_İSM	SI_IK_Koordinasyon	Sıkıntı yok	33.78	1756.50	378.50	0.011
		Sıkıntı var	47.54	1093.50		
	SI_IK_EgitimveUyum	Sıkıntı yok	33.01	1617.50	392.50	0.006
		Sıkıntı var	47.40	1232.50		
SA_İSO	SI_IK_Koordinasyon	Sıkıntı yok	36.44	1895.00	517.00	0.351
		Sıkıntı var	41.52	955.00		
	SI_IK_EgitimveUyum	Sıkıntı yok	35.69	1749.00	524.00	0.207
		Sıkıntı var	42.35	1101.00		

Bölüm 3'te verilen ve Çizelge 7.72'de analiz edilen $H_{İKKoordinasyon(İ)}$ ve $H_{İKEğitimveUyum(İ)}$ önsavlarının kabul ya da reddedilme durumları Çizelge 7.73'de özetlenmiştir.

Çizelge 7.73 : İş gücü değerlerine göre İK koordinasyonu ve eğitimi önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{İKKoordinasyon(S)}$	Koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı fark bir vardır.	<0.05
	Koordinasyon problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	>0.05
$H_{İKEğitimveUyum(S)}$	Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	<0.05
	Eğitim ve uyum problemi yaşayan projelerle yaşamayanlar arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	>0.05

7.3.7 Müşteri desteği ile iş gücü sapmaları

Müşterilerden ya da son kullanıcılardan destek alma düzeyleri ile iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişki Kendall's tau_b yöntemiyle sınanmış, sonuçlar Çizelge 7.74'te verilmiştir. Analiz sonucu, müşteri desteği ile iş gücü sapma değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığını söyleyen $H_{MD(İ)}$ sıfır önsavlarının reddedilmesi gerektiğini söyler. Buna göre, müşteri ya da son kullanıcı desteği ile iş gücü sapma değerleri arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Öte yandan projelerdeki toplam iş gücü miktarı ile müşteri ya da son kullanıcı desteği arasında anlamlı bir ilişki söz konusu değildir.

Çizelge 7.74 : Müşteri desteği ile iş gücü değerleri arasındaki ilişkiler.

	İş gücü Sapmaları	Korelasyon Kats.	Anl.
Müşteri desteği	İşgücüGerçek	-0.034	0.700
	SA_İSM	-0.208*	0.020
	SA_İSO	-0.284**	0.002

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).
*. Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır(çift kuyruk).

Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda müşteri desteği olmayan projelerle bu desteğin az olduğu projeler arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Müşteri desteği orta, iyi ve çok iyi olan projeler arasında da birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu nedenle, 5'li Likert ölçeğinde tanımlanan bu değişken iki kategorili bir değişkene dönüştürülür. Yeni değişkenin grupları arasında, iş gücü sapma miktarları ve oranları bakımından, anlamlı bir fark vardır (Mann-Whitney U, SA_İSM için p=0.025 ve SA_İSO için p=0.005).

Müşterilerin ya da son kullanıcıların destek verme durumlarına göre iş gücü sapma değerlerinin nasıl değiştiği Çizelge 7.75'te gösterilmiştir. Buna göre, müşterilerden ya da son kullanıcılardan destek almayan ya da az miktarda destek alan projeler planlanan iş gücünden ortalama %79.67 oranında sapar. Müşterilerden ya da son kullanıcılardan orta, iyi ya da çok iyi seviyede destek alan projelerde ise bu oran %35.47'ye iner.

Çizelge 7.75 : Müşteri desteğine göre iş gücü sapma değerleri.

Müşteri desteği	N	SA_İSM		SA_İSO	
		Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
Destek yok ve az	46	54.79	18.2	79.67	57.5
Destek orta, iyi ve çok iyi	29	18.15	9.0	35.47	27.8

7.3.8 Ürünün Ar-Ge yönü ile iş gücü sapmaları

Ar-Ge düzeyleri arasında toplam iş gücü miktarları, iş gücü sapma miktarları ve iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark olup olmadığı Kruskal Wallis yöntemiyle test edilmiş, sonuçlar Çizelge 7.76'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre projelerdeki toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarları Ar-Ge düzeylerine göre farklılık gösterir. Öte yandan Ar-Ge düzeyleri arasında, iş gücü oranları bakımından, anlamlı bir fark yoktur.

Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda tüm ikili gruplar arasında toplam iş gücü miktarı bakımından anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Öte yandan iş gücü sapma miktarlarında bu fark, uygulama projeleriyle Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olan projeler arasındadır (Mann-Whitney U, bu iki grup arasında, p=0.005). Diğer gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 7.76 : Ar-Ge düzeylerine göre iş gücü değerlerinin anlamlılığı.

	ArGe Düzeyi	N	Ortalama Sırası	Ki-Kare	Anl.
İşgücüGerçek	Uygulama projesi	28	25.80	19.398	0
	Ar-Ge az ya da orta	28	39.18		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	54.24		
SA_İSM	Uygulama projesi	28	29.43	9.358	0.009
	Ar-Ge az ya da orta	28	39.05		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	49.08		
SA_İSO	Uygulama projesi	28	35.32	2.773	0.250
	Ar-Ge az ya da orta	28	43.38		
	Ar-Ge iyi ya da çok iyi	19	34.03		

Çizelge 7.77 Ar-Ge grupları arasında toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarlarının nasıl değiştiğini gösterir. Uygulama projelerindeki ortalama iş gücü miktarı yaklaşık 51.94 adam-ay'dır. Bu gruptaki projelerde iş gücü sapma miktarı ortalamada 14.10 adam-ay sapar. Ar-Ge düzeyi arttıkça toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarlarında bir artış görülür. Ar-Ge düzeyi az ya da orta olan projelerin iş gücü miktarları ortalaması yaklaşık 112 adam-ay iken, iş gücü sapma miktarları ortalaması yaklaşık 33.74 adam-ay'dır. Ar-Ge yönü iyi ya da çok iyi olan grupta iş gücü miktarları ortalaması yaklaşık 388.42 adam-ay, iş gücü sapma miktarları ortalaması ise yaklaşık 89.86 adam-ay'dır.

Çizelge 7.77 : Ar-Ge düzeylerine göre iş gücü değerleri.

Gruplar	İşgücüGerçek		SA_İSM	
	Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
Uygulama projesi	51.94	29.10	14.10	7.00
Ar-Ge az ya da orta	111.76	70.25	33.74	15.50
Ar-Ge iyi ya da çok iyi	388.42	234.00	89.86	35.00

Çizelge 7.78, Bölüm 3'te verilen Ar-Ge düzeyi önsavlarına göre yürütülen sınamaların sonuçlarını özetler.

Çizelge 7.78 : Ar-Ge düzeylerine göre iş gücü sapmaları önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrArGe(İ)}$	Geliştirilen ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0.009
	Geliştirilen ürünün Ar-Ge düzeyleri arasında toplam iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.250

7.3.9 Ürünün yenilik yönü ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde ürünün yenilik düzeyleriyle toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri arasındaki fark incelenir. Kruskal Wallis sınama sonuçları Çizelge 7.79'da verilmiştir. Buna göre en az bir çift grup arasında, toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarları bakımından, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark vardır. Diğer taraftan, yenilik düzeyleri farklı olan gruplar arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark mevcut değildir.

Çizelge 7.79 : Yenilik düzeylerine göre iş gücü değerleri.

	Yenilik düzeyleri	N	Ortalama Sırası	Ki-Kare	Anl.
İşgücüGerçek	Grup 1: Yenilik yok	28	24.21	19.995	0
	Grup 2	32	43.05		
	Grup 3	15	52.97		
SA_İSM	Grup 1: Yenilik yok	28	26.71	14.892	0.001
	Grup 2	32	41.06		
	Grup 3	15	52.53		
SA_İSO	Grup 1: Yenilik yok	28	36.34	0.323	0.851
	Grup 2	32	39.53		
	Grup 3	15	37.83		

Farklılığın oluştuğu grupları belirlemek amacıyla tüm grupların ikili karşılaştırılması yapılır. Bu ikili karşılaştırmalarda Mann-Whitney U sınama yöntemi kullanılmıştır. Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda bu farkın yenilik özelliği olmayan projelerle Grup 2 ve Grup 3'teki projeler arasında olduğu görülmüştür (Mann-Whitney U, $p<0.05$). Buna göre yenilik özelliği olmayan projelerle yenilikçi projeler arasında, toplam iş gücü miktarı ve iş gücü sapma miktarı bakımından, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark mevcuttur. Öte yandan, Grup 2 ile Grup 3 arasında toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark yoktur (Mann-Whitney U, $p>0.05$).

Çizelge 7.80 yenilik grupları arasında toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarlarının nasıl değiştiğini gösterir. Buna göre, yenilik özelliği olmayan projelerin iş gücü ortalaması 52.94 adam-ay iken, bu değer teknoloji yeniliği yüksek olan projelerde yaklaşık 360.9 adam-ay'a çıkar. İş gücü sapma miktarlarına bakıldığında yenilik yönü olmayan projelerde ortalama 12.61 adam-ay sapıldığı görülür. Yenilik yönü yüksek olan projelerde ise iş gücünden ortalama 68.82 adam-ay sapılır.

Çalışılan alanla ilgili artımsal yeniliklere odaklanan projelerde toplam iş gücü miktarları ortalaması 158.36 adam-ay'dır. Bu gruptaki projelerin iş gücü sapma miktarları ortalaması 51.92 adam-ay'dır.

Çizelge 7.80 : Yenilik düzeylerine göre iş gücü değerleri.

Gruplar	İşgücüGerçek		SA_İSM	
	Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
Grup 1: Yenilik yok	52.94	24.00	12.61	4.49-
Grup 2	158.36	85.93	51.92	18.00-
Grup 3	360.92	176.00	68.82	36.00

Çizelge 7.81, Bölüm 3'te verilen yenilik düzeyi önsavlarına göre yürütülen sınamaların sonuçlarını özetler.

Çizelge 7.81 : Yenilik düzeylerine göre iş gücü sapmaları önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrYenilik\ (İ)}$	Geliştirilen ürünün yenilik düzeyleri arasında toplam iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0.001
	Geliştirilen ürünün yenilik düzeyleri arasında toplam iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.851

7.3.10 Proje ön hazırlık çalışmaları ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde ön hazırlık çalışmalarını yürüten ve yürütmeyen projeler arasındaki farklılık Mann-Whitney U yöntemiyle sınanmış, sonuçlar Çizelge 7.82'de verilmiştir. Sınama sonuçları proje başlamadan önce sistematik bir şekilde ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerle yürütmeyenler arasında toplam iş gücü miktarları bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığını gösterir.

Çizelge 7.82 : Ön hazırlık çalışmaları ile iş gücü arasındaki ilişki.

	Ön hazırlık çalışmalarının yapılma durumu	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
İşgücüGerçek	Yapılmadı	36.89	1549.50	646.500	0.620
	Yapıldı	39.41	1300.50		
SA_İSM	Yapılmadı	43.77	1838.50	450.500	0.009
	Yapıldı	30.65	1011.50		
SA_İSO	Yapılmadı	45.80	1923.50	365.500	0
	Yapıldı	28.08	926.50		

Yine aynı sınama sonuçları ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerle yürütmeyenler arasında iş gücü sapma miktarları ve iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Proje öncesinde yürütülen sistematik çalışmalar o projenin toplam iş gücü miktarında bir değişikliğe neden olmaz. Diğer taraftan, yürütülen hazırlık çalışmaları iş gücü sapma miktarlarında ve oranlarında fark edilir bir azalma yaratır.

Bölüm 3'te verilen ve Çizelge 7.82'de test edilen $H_{PrÖnHazırlık(İ)}$ önsavının sonuçları Çizelge 7.83'te özetlenmiştir.

Çizelge 7.83 : Ön hazırlık çalışmalarına göre iş gücü değerleri önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrÖnHazırlık(S)}$	Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0.009
	Ön hazırlık çalışmaları yürüten projelerle yürütmeyen projeler arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır.	0

Çizelge 7.84 ön hazırlık çalışmalarının yürütülme durumuna göre iş gücü sapma miktarlarının ve oranlarının aldığı değerleri gösterir. Buna göre, ön hazırlık

çalışmalarını yürütmeyen projelerde iş gücünden ortalama 57.74 adam-ay sapılırken sistematik bir çalışma yürüten projelerde bu değer 18.84 adam-ay olur. Benzer şekilde, ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projelerde planlanan iş gücünden %86.15 oranında sapılır. Öte yandan, böyle bir çalışmayı yürüten projelerde iş gücü sapma oranları ortalaması yaklaşık %32.59'dur.

Çizelge 7.84 : Ön hazırlık çalışmalarına göre iş gücü sapmaları.

Gruplar	SA_İSM		SA_İSO	
	Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
Yapılmadı	57.74	19.00	86.15	57.12
Yapıldı	18.84	6.50	32.59	16.67

7.3.11 Yeniden kullanım ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde ürün geliştirme sürecinde mevcut yapıları ya da ürünleri kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında iş gücü sapma miktarları ya da oranları bakımından anlamlı bir fark olup olmadığı incelenir. Yazılım geliştirme projelerindeki toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri, bu projelerde yeniden kullanılan yapılar ya da ürünler çerçevesinde incelenmiş, Çizelge 7.85'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 7.85 : Yeniden kullanım ile iş gücü değerleri arasındaki ilişki.

	Yeniden kullanım durumu	N	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
İşgücüGerçek	Kullanılmadı	48	42.09	2020.50	451.5	0.030
	Kullanıldı	27	30.72	829.50		
SA_İSM	Kullanılmadı	48	41.33	1984.00	488.0	0.077
	Kullanıldı	27	32.07	866.00		
SA_İSO	Kullanılmadı	48	39.92	1916.00	556.0	0.309
	Kullanıldı	27	34.59	934.00		

Mann-Whitney U sınama sonuçlarına göre, projelerdeki toplam iş gücü miktarı yeniden kullanım durumlarına göre farklılık gösterir. Öte yandan belli bir yapıyı kullanmadan ürün geliştiren projelerle mevcut yapıları kullanarak ürün geliştiren projeler arasında, iş gücü sapma miktarı ve oranı bakımından, %5 anlamlılık düzeyinde bir fark yoktur.

Çizelge 7.86 yeniden kullanım durumlarına göre toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarının nasıl değiştiğini gösterir. Mevcut ürünleri ya da yapıları kullanmayan projelerin toplam iş gücü miktarı ortalama 201.95 adam-ay'dır. Mevcut ürünleri ya da yapıları kullanarak ürün geliştiren projelerde ise iş gücü ortalaması yaklaşık 84 adam-ay'dır. İş gücü sapma miktarlarına bakıldığında mevcut ürünleri kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında ortalama ve ortanca değerler bakımından bir fark olduğu görülür. Çizelge 7.85'e göre bu fark, sadece %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlıdır.

Çizelge 7.86 : Yeniden kullanım durumuna göre iş gücü değerleri.

Yeniden kullanım durumu	İşgücüGerçek		SA_İSM	
	Ortalama	Ortanca	Ortalama	Ortanca
Kullanılmadı	201.95	81.15	46.70	17.0
Kullanıldı	84.08	57.60	29.82	7.0

Bölüm 3'te verilen $H_{PrYenidenKullanım(İ)}$ önsavının sınama sonuçları Çizelge 7.87'de özetlenmiştir.

Çizelge 7.87 : Yeniden kullanım durumuna göre iş gücü sapmaları önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrYenidenKullanım(İ)}$	Ürün geliştirme sürecinde mevcut yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında, iş gücü sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark yoktur.	0.077
	Ürün geliştirme sürecinde mevcut yapıları kullanan projelerle bunları kullanmayan projeler arasında, iş gücü sapma oranları bakımından, anlamlı bir fark yoktur.	0.309

7.3.12 Referans alınan yapılar ile iş gücü sapmaları

Yazılım temelli ürünleri geliştiren projeler daha önceden tasarlanmış, üretilmiş ve hali hazırda kullanılan ürünleri ya da sistemleri referans almak isteyebilir. Bu bölümde mevcut yapıları, sistemleri ya da ürünleri referans alan projelerle bunları referans almadan ürün geliştiren projeler arasında, toplam iş gücü miktarına ve iş gücü sapma değerlerine göre, anlamlı bir fark olup olmadığı incelenir.

Çizelge 7.88 yürütülen Mann-Whitney U sınamasının sonuçlarını özetler. Burada anlamlılık değerleri %5'ten oldukça büyük bulunmuştur. Çizelge 7.88'e göre ürün geliştirme aşamasında mevcut yapıları ya da ürünleri referans alan projelerle bunları

referans almayanlar arasında toplam iş gücü miktarı, iş gücü sapma miktarı ve iş gücü sapma oranı bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 7.88 : Referans alınan yapılar ile iş gücü değerleri arasındaki ilişki.

	Yapıları ve ürünleri referans alma	Ortalama sırası	Sıralama toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
İşgücüGerçek	Alınmadı	40.69	1465.0	605.0	0.304
	Alındı	35.51	1385.0		
SA_İSM	Alınmadı	38.89	1400.0	670.0	0.734
	Alındı	37.18	1450.0		
SA_İSO	Alınmadı	39.78	1432.0	638.0	0.496
	Alındı	36.36	1418.0		

Çizelge 7.89 Bölüm 3'te verilen $H_{PrReferansYapı(İ)}$ önsavının sınama sonucunu özetler.

Çizelge 7.89 : Referans yapılara göre iş gücü sapmaları önsavları.

Önsav Grubu	Sınama Sonucu	Anl.
$H_{PrReferansYapı(İ)}$	Ürün geliştirme sürecinde başka ürünleri referans alan projelerle diğerleri arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.734
	Ürün geliştirme sürecinde başka ürünleri referans alan projelerle diğerleri arasında iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.	0.496

7.3.13 Geliştirilen ürünün niteliği ile iş gücü sapmaları

Bu bölümde projelerin toplam iş gücü miktarları ve iş gücü sapma değerleri geliştirilen ürünün niteliğine göre incelenir. Çizelge 7.90 yürütülen Mann-Whitney U sınamasının sonuçlarını özetler. Buna göre salt yazılım projeleri ile yazılım ve donanımın birlikte geliştirildiği sistem projeleri arasında toplam iş gücü miktarı, iş gücü sapma miktarı ve iş gücü sapma oranı bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 7.90 : Ürün niteliğine göre iş gücü değerleri.

	Ürün niteliği	Ortalama Sırası	Sıralama Toplamı	Mann-Whitney U	Anl.
İşgücüGerçek	Yazılım	36.68	1834.0	559.0	0.458
	Sistem	40.64	1016.0		
SA_İSM	Yazılım	35.93	1796.5	521.5	0.243
	Sistem	42.14	1053.5		
SA_İSO	Yazılım	36.83	1841.5	566.5	0.510
	Sistem	40.34	1008.5		

7.4 Bozucu Etmenler ile Süre ve İş Gücü Sapmaları

Bu bölümde proje performansı üzerinde etkili olan dolaylı etmenler birlikte değerlendirilir. Çizelge 7.91 bozucu etmenler ile süre ve iş gücü değerleri arasındaki ilişkileri gösterir. Burada proje ekibinin yetkinliği, proje yöneticisinin yetkinliği, gereksinimlerin tanımlanma düzeyi (GTD), insan kaynakları (İK) sıkıntıları, müşteri katılımı ya da desteği, proje niteliği ve genel proje özellikleri başlığı altında tüm dolaylı etmenler değerlendirilir. Bu çizelgedeki "X" işareti, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olduğunu; "-" işareti ise böyle bir ilişkinin kurulamadığını gösterir.

Çizelge 7.91 : Bozucu etmenler ile süre ve iş gücü değerleri.

Bağımsız Değişkenler		Bağımlı Değişkenler					
Bozucu Etmenler		Proje Süresi	Süre Sapmaları		İş Gücü Miktarı	İş Gücü Sapmaları	
			Miktar	Oran		Miktar	Oran
Proje Ekibi	Alan uzmanlığı	X	X	X	X	X	-
	Teknik tecrübe	X	X	-	X	X	-
	Proje tecrübesi	X	X	-	X	X	-
PY	Alan uzmanlığı	-	X	X	-	-	X
	Teknik tecrübe	-	X	X	-	X	X
	Proje yönetme tecrübesi	-	X	X	-	-	X
GTD	Operasyonel	-	X	X	-	X	X
	İşlevsel	-	X	X	-	X	X
	Tasarım	-	X	X	-	X	X
İK	Koordinasyon	-	X	-	-	X	-
	Eğitim ve Uyum	-	X	-	-	X	-
Müşteri	Katılımı ya da Desteği	-	X	X	-	X	X
Proje Niteliği	Ar-Ge Yönü	X	X	-	X	X[a]	-
	Yenilik Yönü	X	X[a]	X[a]	X[a]	X[a]	-
Proje Özellikleri	Ön Hazırlık	-	X	X	-	X	X
	Yeniden Kullanım	X	X	X	X	-	-
	Referans Yapılar	-	X	X	-	-	-
	Ürün Niteliği	-	-	-	-	-	-

a. Belli gruplar arasında

8. REGRESYON ANALİZİ YÖNTEMİYLE MODELLEME

Bu bölümde projelerdeki süre sapma değerleri regresyon analizi yöntemiyle modellenir. Süre sapma miktarlarını ve oranlarını hesaplayan bu kestirim modellerinde temel bozucu etmenler girdi değişkeni olarak kullanılır.

Regresyon analizinde bağımlı değişken normal dağılmalıdır. Bu nedenle ilk olarak sapma miktarları ve oranları değişkenlerinden değeri sıfır olan örnekler çıkarılmış, daha sonra da bu iki değişken $\sqrt{y}$ dönüşüm fonksiyonlarıyla normalleştirilmiştir (bkz. Bölüm 6.4.1).

Oluşturulan regresyon modellerinin belli koşulları sağlaması gerekir. Bağımlı değişkenlerle bağımsız değişkenler arasında doğrusallık kurulmalı, regresyon katsayıları anlamlı olmalı, hata terimleri normal dağılmalı, hata terimlerinde ardışık bağımlılık olmamalı, çoklu doğrusal bağlantı problemi olmamalı ve sabit varyans problemi bulunmamalıdır. Bu çalışmada oluşturulan her bir regresyon modelinde bu koşulların sağlandığı test edilir.

8.1 Tahmin Modelleri için Doğrusallık Sınamaları

Bu bölümde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusallık sınanır. Bölüm 8.1.1'de toplam süre sapma miktarları ile temel bozucu etmenlerin sapma miktarları arasındaki doğrusallık, Bölüm 8.1.2'de ise toplam süre sapma oranlarıyla temel bozucu etmenlerin sapma oranları arasındaki doğrusallık test edilir.

8.1.1 Sapma miktarları tahmin modeli için doğrusallık sınaması

Projelerdeki toplam süre sapma miktarı yedi temel bozucu etmenin neden olduğu sapma miktarları üzerinden modellenir. Regresyon modelini oluşturmadan önce bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında doğrusallık sınaması yapılır; bu sınama sonucuna göre modele giren değişkenler belirlenir. Burada bağımlı değişken olarak dönüştürülmüş süre sapma miktarlarını gösteren "D_SapmaMiktarı(ay)" değişkeni kullanılır. Dağılım normalleştirilirken sapma değerleri sıfır olan projeler

örneklemden çıkarılmıştır. Bu nedenle regresyon denklemleri 64 adet proje bilgisi kullanılarak oluşturulur.

Çizelge 8.1 yedi temel bozucu etmenle toplam süre sapma miktarı arasındaki ilişkinin sonuçlarını verir. Doğrusallık sınaması gecikme olan projeler üzerinde gerçekleştirilmiş, dönüştürülmüş sapma miktarlarıyla olan ilişkinin doğrusallığı sorgulanmıştır. Bu nedenle Çizelge 8.1'de elde edilen anlamlılık değerleri ve katsayılar, Çizelge 7.1'deki değerlerden farklıdır. Çizelge 7.1 yedi temel etmenle toplam süre sapma miktarı arasında bir ilişki olup olmadığına odaklanır. Öte yandan Çizelge 8.1 mevcut ilişkilerin doğrusal olup olmadığını gösterir.

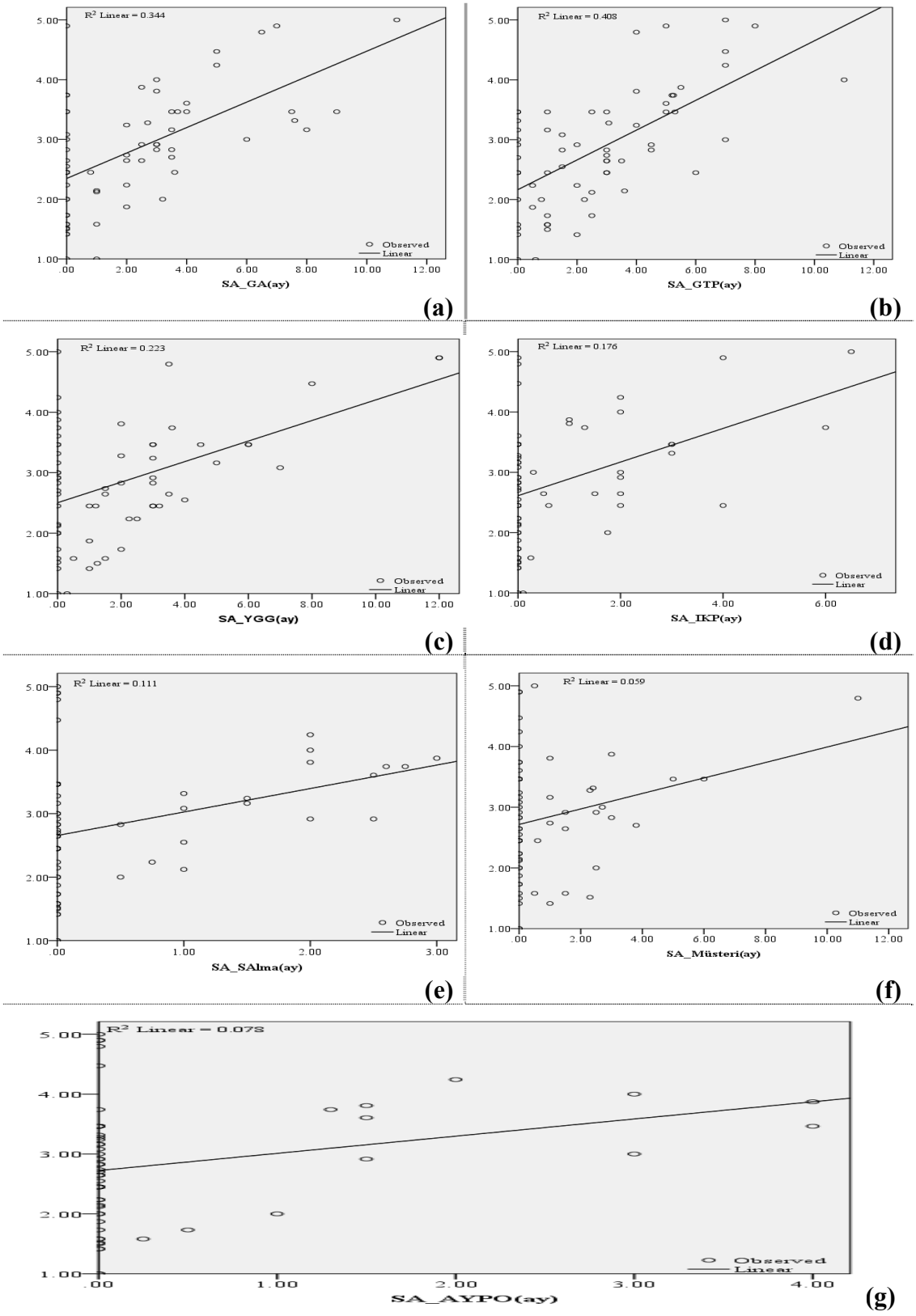
Çizelge 8.1 : Sapma miktarlarının tahmin modeli için doğrusallık sınaması.

Bağımsız Değişkenler	R	R Kare	Standartlaştırılmamış Katsayılar B	F	t	Anl.
SA_GA(ay)	0.586	0.344	0.213	32.476	5.699	.000
SA_YGG(ay)	0.472	0.223	0.170	17.764	4.215	.000
SA_GTP(ay)	0.639	0.408	0.249	42.785	6.541	.000
SA_IKP(ay)	0.420	0.176	0.279	13.271	3.643	.001
SA_SAlma(ay)	0.333	0.111	0.370	7.725	2.779	.007
SA_Müşteri(ay)	0.243	**0.059**	0.128	3.900	1.975	**.053**
SA_AYPO(ay)	0.279	**0.078**	0.287	5.237	2.288	.026

Çizelge 8.1 anlaşılamayan gereksinimlerden, yeni gelen gereksinimlerden, genel teknik problemlerden, satın alma sıkıntılarından, insan kaynakları problemlerinden ve alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan sıkıntıların neden olduğu sapmalar ile toplam süre sapma miktarı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu gösterir. Öte yandan, müşterilerden kaynaklanan sapmalar ile süre sapma miktarları arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Bu karşılaştırmada R kare değeri 0.059 gibi oldukça küçük bir değer bulunmuş, anlamlılık değerinin ise $p<0.05$ koşulunu sağlamadığı görülmüştür. Alt yüklenicilerden ve proje ortaklarından kaynaklanan sapmalar ile bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişkiye rastlansa bile, bağımlı değişkendeki değişimin (R kare) çok azı bu değişken tarafından açıklanır. Bu nedenle, bu iki değişken regresyon modelinde kullanılmaz.

Çizelgede en yüksek standartlaştırılmış Beta (R) değeri teknik problemler etmenine aittir. Bunu gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, insan kaynakları problemleri ve satın alma problemleri takip eder.

Şekil 8.1 toplam süre sapma miktarı ile her bir bozucu etmenin neden olduğu sapmaların miktarı arasındaki ilişkileri gösterir.



Şekil 8.1 : Sapma miktarları doğrusallık sınaması (a) GA (b) GTP (c) YGG (d) IKP (e) SAlma (f) müşteri (g) AYPO.

8.1.2 Sapma oranları tahmin modeli için doğrusallık sınaması

Bu bölümde süre sapma oranı değişkeni ile yedi temel bozucu etmenin neden olduğu sapma oranları karşılaştırılmış, bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasında doğrusallığın sağlanıp sağlanmadığı incelenmiştir. Çizelge 8.2, yedi temel bozucu etmenle toplam süre sapma oranı arasındaki ilişkinin sonuçlarını verir.

Çizelge 8.2 : Sapma oranlarının tahmin modeli için doğrusallık sınaması.

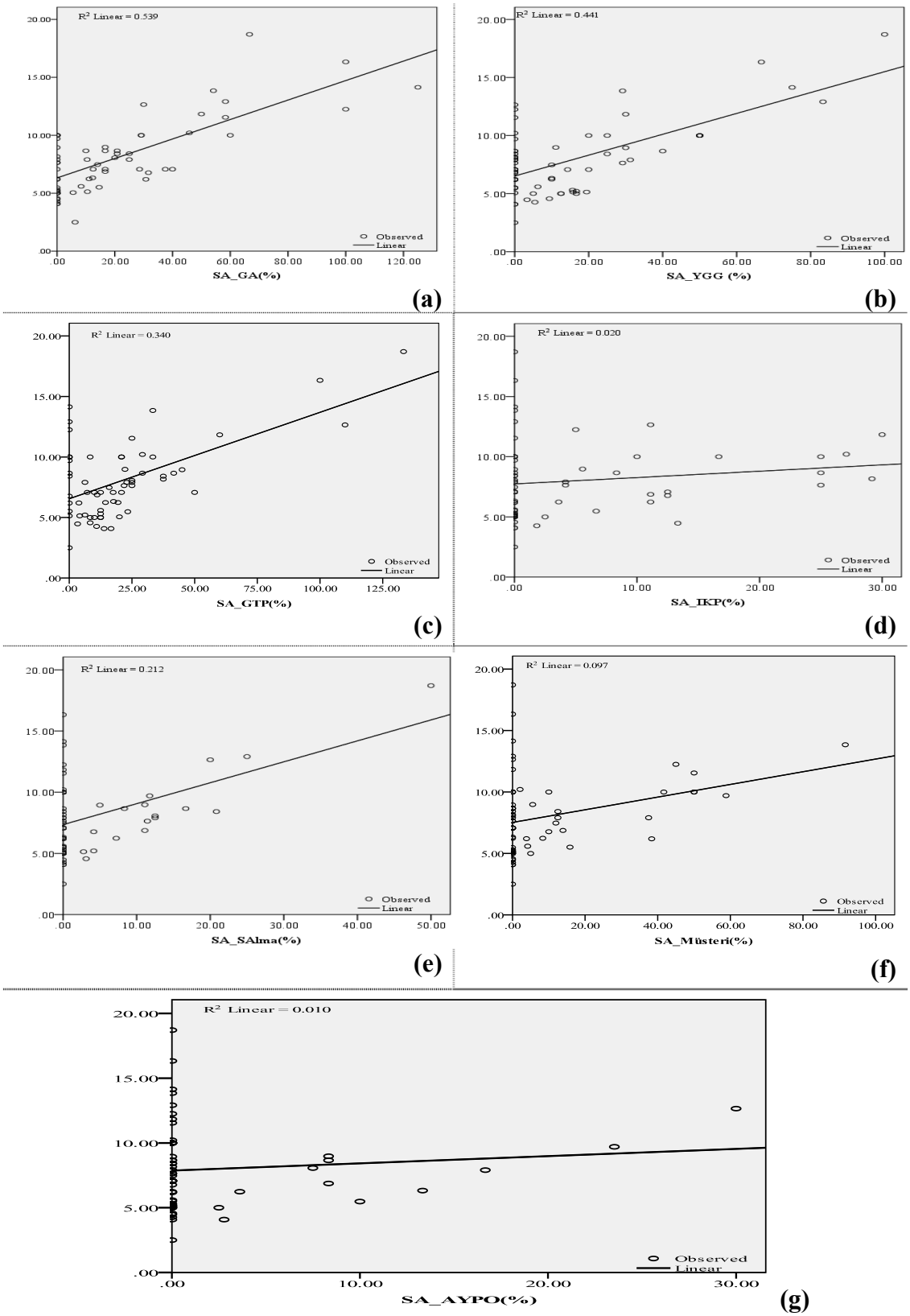
Bağımsız Değişkenler	R	R Kare	Standartlaş tırılmamış. Katsayılar B	F	t	Anl.
SA_GA(%)	0.734	0.539	0.084	72.448	8.512	.000
SA_YGG(%)	0.664	0.441	0.090	48.966	6.998	.000
SA_GTP(%)	0.583	0.340	0.071	31.939	5.651	.000
SA_IKP(%)	0.142	0.020	0.053	1.285	1.134	**.261**
SA_SAlma(%)	0.461	0.212	0.171	16.715	4.088	.000
SA_Müşteri(%)	0.311	0.097	0.052	6.659	2.580	.012
SA_AYPO(%)	0.102	0.010	0.056	0.646	0.804	**.425**

Bir önceki bölümde olduğu gibi burada da doğrusallık sınaması gecikme olan projeler üzerinde gerçekleştirilmiş, dönüştürülmüş toplam süre sapma oranıyla olan ilişkinin doğrusallığı sorgulanmıştır. Bu nedenle Çizelge 8.2'de elde edilen anlamlılık değerleri ve katsayılar, Çizelge 7.3'deki değerlerden farklıdır.

Çizelge 8.2'ye göre gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik sıkıntılar ve satın alma sıkıntıları nedeniyle oluşan sapmaların oranları ile toplam süre sapma oranı arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur. Bu karşılaştırmalarda en yüksek beta değeri gereksinimlerin anlaşılamaması etmenine aittir. Bunu sırasıyla yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve satın alma problemleri takip eder. Yine müşteri kaynaklı sapmaların oranı ile bağımlı değişken arasında zayıfta olsa doğrusal bir ilişki mevcuttur. Öte yandan, insan kaynaklarının ve alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu sapmaların oranları ile toplam süre sapma oranı arasında doğrusal bir ilişki mevcut değildir.

Çizelge 7.3'e göre insan kaynaklarının neden olduğu sapmalarla toplam süre sapma oranı arasında bir ilişki mevcuttur. Diğer taraftan Çizelge 8.2, bu ilişkinin doğrusal olmadığını gösterir. Yine alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının neden olduğu sapmaların oranı ile toplam süre sapma oranı arasında, doğrusal ya da doğrusal

olmayan bir ilişki yoktur. Şekil 8.2 bağımlı değişken ile temel bozucu etmenlerin süre sapma oranları arasındaki ilişkileri gösterir.



Şekil 8.2 : Sapma oranları doğrusallık sınaması (a) GA (b) YGG (c) GTP (d) IKP (e) SAlma (f) müşteri (g) AYPO.

8.2 Model 1- Sapma Miktarı Regresyon Modeli

8.2.1 Model oluşturma

İlk regresyon modeli gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler, insan kaynakları problemleri ve satın alma problemleri nedeniyle oluşan sapma miktarları üzerinden toplam süre sapma miktarını tahmin eder. Çizelge 8.3 oluşturulan regresyon modelinin anlamlılığını gösteren Anova değerlerini verir. Kestirim modelinin anlamlılık önsavları ise aşağıda tanımlanmıştır.

H_o : Oluşturulan model anlamsızdır.

H_a : Oluşturulan model anlamlıdır.

Modelin F oranı 91.848 olarak hesaplanmış, anlamlılık değeri 0.05'ten küçük bulunmuştur. Sıfır önsavı %5 anlamlılık düzeyinde reddedilir. Buna göre kurulan doğrusal regresyon modeli anlamlıdır.

Çizelge 8.3 : Model 1'in Anova tablosu.

Model		Kareler Toplamları	Serbestlik Dereceleri	Kareler Ortalamaları	F Oranı	Anl.
1	Regresyon	51.778	5	10.356	91.848	0
	Hata	6.539	58	0.113		
	Toplam	58.318	63			

Çizelge 8.4 modelin uyum iyiliğini gösteren istatistikleri verir. Çizelgede yer alan R değeri bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin doğrusal kombinasyonu arasındaki pozitif doğrusal ilişkiyi verir. Modelin ilişki katsayısı (R) 0.942'dir. Bu durumda modeldeki beş bozucu etmenin sapma değerleriyle projenin toplam gecikme değerleri arasında %94.2'lik kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki vardır.

Çizelge 8.4 : Model 1'in anlamlılık sınaması.

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Std. Hatası	DW
1	0.942	0.888	0.878	0.33578	2.094

R kare, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilen varyansıdır. Tablodaki düzeltilmiş R kare değeri 0.888'dir. Modeldeki süre sapma miktarlarındaki değişkenlik, bu beş bozucu etmeninin sapma miktarları tarafından %88.8 oranında açıklanır. Modelde tahminin standart hatası 0.33578 gibi düşük bir

değerdir. Bu değer tahmin doğrusu etrafındaki gözlemlerin değişimini gösteren, bağımlı değişkenin standart sapması türünde bir bilgidir.

Regresyon modelinin katsayıları Çizelge 8.5'te verilmiştir. Katsayılar tablosunda kurulan regresyon denkleminin katsayıları bulunmaktadır. Buna göre oluşturulan denklem Formül 8.1'de verilmiştir

Çizelge 8.5 : Model 1'in regresyon katsayıları.

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar		
		B	Std. Hata	Beta	t	Anl.
1	(Sabit)	**1.516**	0.075		20.285	.000
	SA_GA(ay)	**0.183**	0.016	0.502	11.117	.000
	SA_GTP(ay)	**0.145**	0.020	0.374	7.389	.000
	SA_YGG(ay)	**0.163**	0.016	0.453	10.050	.000
	SA_IKP(ay)	**0.109**	0.033	0.164	3.341	.001
	SA_SAlma(ay)	**0.240**	0.052	0.216	4.641	.000

Bu denklemdeki SA_GA(ay), SA_YGG(ay), SA_GTP(ay), SA_IKP(ay) ve SA_SAlma(ay) değişkenleri sırasıyla GA(ay), YGG(ay), GTP(ay), IKP(ay) ve SAP(ay) şeklinde kısaltılmıştır.

$$D_SapmaMiktarı(ay) = \begin{matrix} 1.516 + 0.183 \times GA(ay) + 0.145 \times GTP(ay) \\ + 0.163 \times YGG\ (ay) + 0.109 \times IKP(ay) + \\ 0.240 \times SAP(ay) \end{matrix} \quad \textbf{(8.1)}$$

8.2.2 Model 1'in doğrulanması

Bu bölümde oluşturulan regresyon modelinin doğruluğu katsayıların anlamlılığı, çoklu doğrusal bağlantı, hataların dağılımı, hataların ardışık bağımlılığı, varyansların sabitliği ve etkili vakalar varsayımlarına göre sınanır.

8.2.2.1 Katsayıların anlamlılığı

Modeldeki her bir bağımsız değişkenin etkisini değerlendirirken Çizelge 8.4'te verilen değerler incelenir. Burada eşitlikteki her değişken için b değeri, b'nin standart hatası, beta, t değeri ve anlamlılık değeri verilmiştir.

Önce katsayıların anlamlılığı aşağıdaki önsavlarla test edilir.

H_o : Katsayılar anlamlı değildir.

H_a : Katsayılar anlamlıdır.

Çizelge 8.4 tüm katsayıların anlamlılığını sıfır verir. Değişkenlerin anlamlılık değerleri $p<0.05$ olduğundan katsayılar anlamlıdır.

Beta, kısmi regresyon katsayısıdır. Diğer bağımsız değişkenlerin etkileri sabit tutulduğunda, bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin ölçütüdür. Diğer tüm bağımsız değişkenlerin etkisi sabit tutulduğunda, genel teknik sapmalar ile dönüştürülmüş süre sapma miktarı arasındaki korelasyon 0.374'tür. Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapmalar arasındaki korelasyon ise 0.502'dir.

8.2.2.2 Çoklu doğrusal bağlantı

Bağımsız değişkenler arasında doğrusal ilişkinin olması çoklu bağlantı problemini ortaya çıkarır. Çoklu bağlantı problemi tolerans, VIF, özdeğerler, koşul durumları ve varyans oranları dikkate alınarak değerlendirilir.

Çizelge 8.6'daki tolerans değerleri bire yakın değerlerdir. Tolerans değeri bir bağımsız değişkendeki varyansın diğer bağımsız değişkenler tarafından açıklanamama yüzdesini verir. Toleransın sıfıra yaklaşması çoklu doğrusal bağlantının yüksek olduğunu gösterir. Bu modelde tolerans değerleriyle ilgili bir sorun yoktur. Yine çoklu doğrusal bağlantı testleri için VIF değerleri hesaplanmış, bu değerlerin beşten büyük olup olmadığına bakılmıştır. Çizelge 8.6'ya göre tüm VIF değerleri bire yakındır.

Çizelge 8.6 : Model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1.

		Korelasyon			Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
Model		Sıfır-Düzeyi	Kısmi	Bölüm	Tolerans	VIF
1	SA_GA(ay)	0.586	0.826	0.491	0.957	1.045
	SA_GTP(ay)	0.639	0.696	0.325	0.756	1.322
	SA_YGG(ay)	0.472	0.797	0.442	0.952	1.050
	SA_IKP(ay)	0.420	0.402	0.147	0.803	1.245
	SA SAlma(ay)	0.333	0.520	0.204	0.890	1.123

Çizelge 8.7 sapma miktarları regresyon modelindeki doğrusal bağlantı sınamalarının sonucunu özetler. Çoklu doğrusal bağlantı testlerinde özdeğerlerin sıfıra yakın olmaması beklenir. Sıfıra yakın özdeğerler tahmin ediciler arasında yüksek düzeyde ilişki olduğunu gösterir. Veri kümesindeki değerlerde oluşan küçük bir değişiklik

katsayı tahminlerinde büyük değişikliğe neden olur. Model değişkenlerindeki özdeğerler sıfıra yakın değildir.

Koşul durum değerleri en büyük özdeğerin diğer özdeğerlere oranının karekökü olarak hesaplanır. Koşul durumlarının 15'ten büyük olması olası bir problemi işaret eder. Geliştirilen modelde koşul durumlarının hepsi dörtten küçük değerlerdir. Yürütülen tüm sınamalar, geliştirilen modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmadığını gösterir.

Her bir regresyon katsayısının özdeğerleriyle ilişki olan değişim oranları "varyans oranları" sütununda verilmiştir. Gereksinimlerin anlaşılamaması katsayısının %3'lük değişimi birinci özdeğerle ilişkiliyken, %20'si üçüncü, %44'ü dördüncü, %17'si beşinci ve %16'sı altıncı özdeğerle ilişkilidir.

Çizelge 8.7 : Model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2.

				Varyans Oranları					
Model	Boyut	Özdeğerler	CI	(Sabit)	GA (ay)	GT (ay)	YGG (ay)	IK (ay)	SA (ay)
1	1	3.423	1.000	.02	.03	.02	.02	.03	.02
	2	0.856	2.000	.01	.01	.00	.34	.16	.21
	3	0.656	2.283	.00	.20	.00	.08	.20	.50
	4	0.533	2.534	.01	.44	.02	.17	.38	.07
	5	0.306	3.342	.12	.17	.50	.34	.19	.20
	6	0.225	3.896	.83	.16	.46	.05	.05	.00

8.2.2.3 Regresyon hataları

Çizelge 8.4, DW istatistiğini 2.094 olarak verir. Hesaplanan bu değer d_U'dan (yaklaşık 1.77'den) büyük, 2'ye oldukça yakındır. $d > d_U$ olduğundan sıfır önsavı kabul edilir. Buna göre, hata terimlerinde ardışık bağımlılık problemi yoktur.

Standartlaştırılmış regresyon hatalarının normallik sınaması sonuçları Çizelge 8.8'de verilmiştir. Kolmogorov-Smirnov sınama sonucuna göre %5 anlamlılık düzeyinde dağılım normal dağılıma yaklaşır.

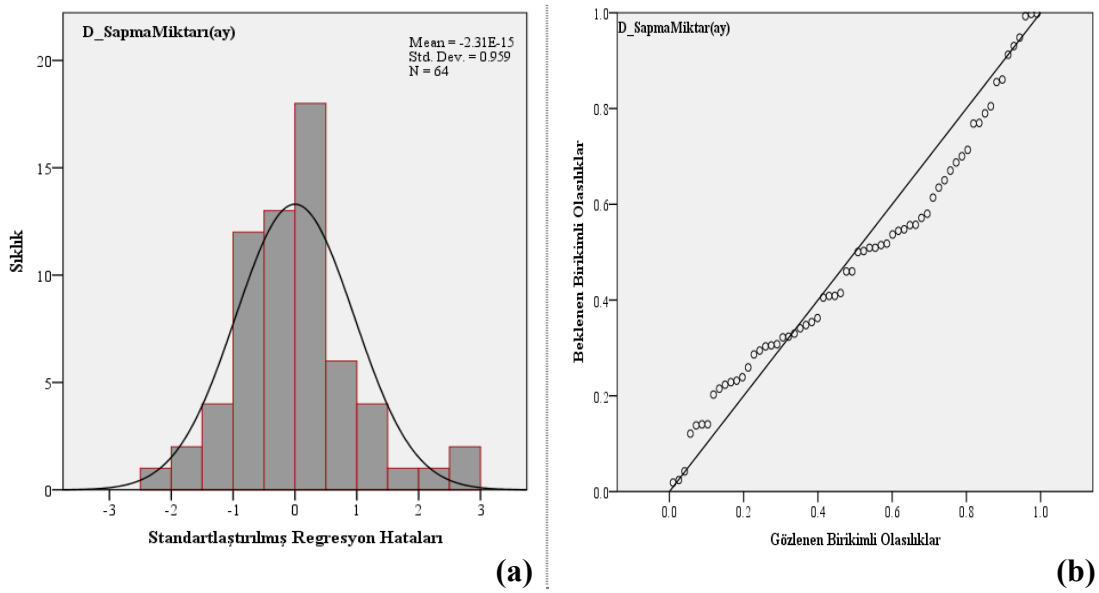
Çizelge 8.8 : Model 1 için hataların normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Standartlaştırılmış Regresyon Hataları	0.120	64	0.024	0.941	64	0.004

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

Standartlaştırılmış regresyon hatalarının ve birikimli olasılıkların dağılımları Şekil 8.3'te verilmiştir. Şekil 8.3a hata terimlerinin dağılımını; Şekil 8.3b gözlenen ve beklenen birikimli olasılıkları gösterir. Şekil 8.3b'ye göre gözlenen ve beklenen birikimli olasılıklar birbirine yakın gider.

Standartlaştırılmış regresyon hatalarının ortalama değeri sıfıra çok yakın bir değer iken ortanca değer yaklaşık -0.0500921'dir. Basıklık ve çarpıklık değerleri sıfırdan büyük olup sırasıyla 1.768 ve 0.825'dir. Basıklığın pozitif olması regresyon hataları gözlemlerinin dağılımın merkezinde yoğunlaştığını, dağılımın dar ve sivri olduğunu gösterir.



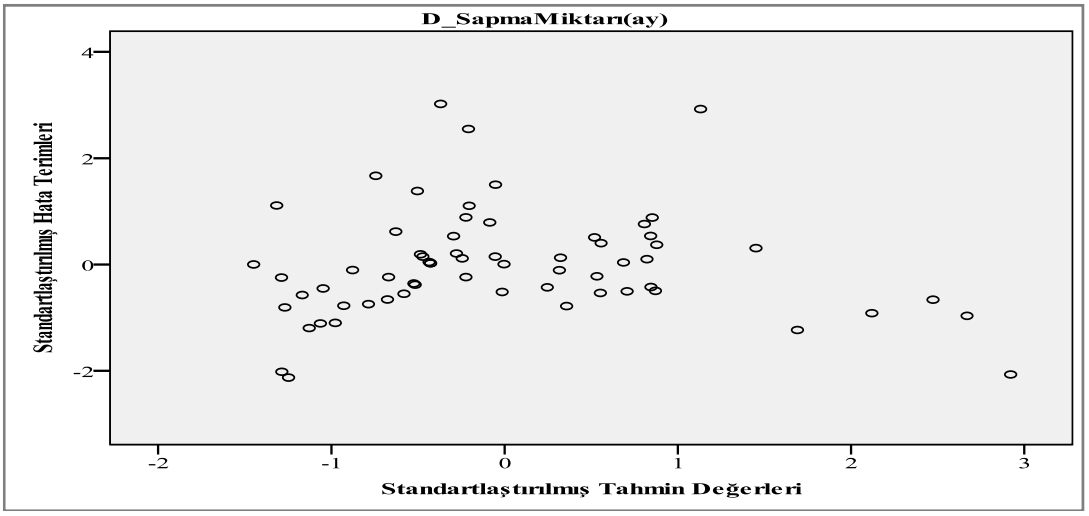
Şekil 8.3 : Model 1'in standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık.

Çizelge 8.9 süre sapma regresyon modelindeki ikiden büyük hata durumlarını gösterir. Dönüştürülmüş sapma miktarı 3.46 ay (sapma miktarı 11.98 ay) olan iki projenin daha düşük sapma miktarlarıyla tahmin edildiği görülür. Durum tablosunda düşük olup daha yüksek bir değerle tahmin edilen tek bir örnek bulunur.

Çizelge 8.9 : Model 1'deki hata durumları.

Durum	Std. Hata	D_Sapma Miktarı (ay)	Tahmin Değerleri	Hatalar
1	2.454	3.46	2.6402	.82395
12	2.887	3.46	2.4947	.96939
61	2.801	4.80	3.8553	.94049
65	-2.081	1.00	1.6988	-.69881

Şekil 8.4 tahmin değerlerine göre hataların dağılımını verir. Hatalar artan ya da azalan bir eğilim göstermiyorsa yahut serpme grafiğinde bir örüntü oluşmamış ise, doğrusal olmayan bir ilişki olduğu söylenebilir. Bu karşılaştırmada tahmin değerleriyle hata terimleri arasında bir doğrusal ilişki görülmemektedir. Bu iki değişken arasında yürütülen Pearson korelasyon sınaması da aynı sonucu verir (r=0 ve p=1.0). Bu, tahmin ve hata değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki varsayımının sağlandığını gösterir.



Şekil 8.4 : Sapma miktarlarına göre hatalar ve tahminler.

8.2.2.4 Sabit varyans

Doğrusal regresyon modelinde sağlanması gereken diğer bir varsayım da sabit varyans varsayımıdır. Hata terimlerinin sabit varyansı varsa, gözlemlerin dikey yönde, serpme grafiğinin her yerinde aynı yayılması gerekir. Hata ve tahmin değerleri arasındaki serpme grafiğinde dağılım rastgele olmalı ve herhangi bir eğri ya da huni şekli oluşturmamalıdır. Şekil 8.4'teki serpme grafiğinde hatalar huni şeklinde dağılmaz.

Sabit varyans varsayımı aşağıda verilen önsavla sınanır.

H_o : Hata terimlerinin varyansı sabittir.

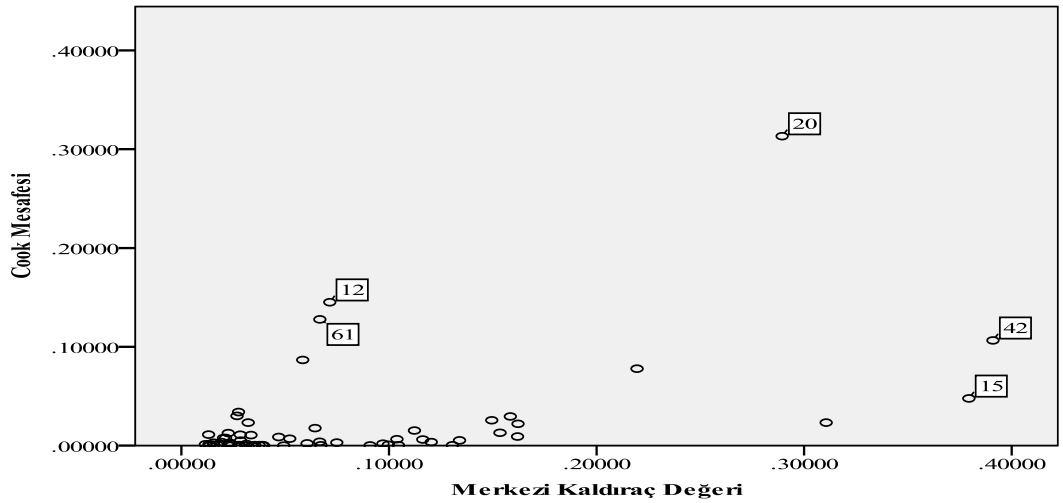
H_a : Hata terimlerinin varyansı sabit değildir.

Breusch Pagan sınama sonucuna göre hata terimlerinin varyansı bütün örneklem için sabittir (ki-kare=0.021 ve p=0.885). Elde edilen anlamlılık değeri 0.05'ten oldukça büyüktür. Sıfır önsavı %5 anlamlılık düzeyinde kabul edilir. Diğer bir deyişle, geliştirilen regresyon kestirim modelinde değişen varyans problemi bulunmaz.

8.2.2.5 Etkili vakalar

Bazı gözlemler tahmin değerleri üzerinde oldukça etkilidir. Bu gözlemler veri kümesinden çıkarıldığında yeni regresyon doğrusu öncekinden farklı olur. Cook mesafesi, veri kümesinden belli bir gözlemi silerek bu gözlemin model üzerindeki etkisini belirler. Yine regresyon modelinde tipik olmayan gözlemlerin bulunması gerekir. Modele tam uymayan, regresyon katsayıları ve tahmin değerleri üzerinde etkili olan durumlar ortaya çıkarılmalıdır.

Şekil 8.5 oluşturulan regresyon modelini etkileyen projeleri gösterir. "Cook" mesafesinin çok fazla olduğu tek bir proje vardır. 20 numaralı proje yüksek Cook ve kaldıraç etki değerine sahiptir. Bu projenin sapma miktarı hem regresyon tahminlerini kararsız duruma sokmakta hem de regresyon denklemindeki eğimi etkilemektedir. 12 numaralı proje düşük kaldıraç etki değerine sahip olsa bile nispeten yüksek Cook mesafesine sahiptir. Yine 12 numaralı projenin hata terimi üçe oldukça yakındır. Örneklemde sınırlı sayıda gözlem olması nedeniyle ilk aşamada bu iki proje örneklemden çıkartılmış ve model yeniden kurulmuştur.



Şekil 8.5 : Sapma miktarı modelini etkileyen projelerin bulunması.

8.3 Yeni Model 1- Sapma Miktarı Regresyon Modeli

8.3.1 Model oluşturma ve katsayıların anlamlılığı

Yeni modelin Anova istatistik sonucu kurulan regresyon modelinin anlamlı olduğunu gösterir (Anova, n=62, f=105.144, p=0). Modelin R değeri 0.951, R kare değeri 0.904 ve düzeltilmiş R kare değeri 0.895'tir. Öte yandan tahminin standart hatası azalarak 0.30330'a iner. Yeni DW değeri ise 1.975'tir. Düzeltilmiş regresyon

modelinde de hataların ardışık bağımlı olmadığı görülür. Oluşturulan modelin katsayıları Çizelge 8.10'da verilmiştir.

Çizelge 8.10 : Yeni model 1'in regresyon katsayıları.

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar		
		B	Std. Hata	Beta	t	Anl.
1	(Sabit)	1.453	0.070		20.628	.000
	SA_GA(ay)	0.195	0.015	0.542	12.699	.000
	SA_GTP(ay)	0.156	0.018	0.412	8.684	.000
	SA_YGG(ay)	0.169	0.017	0.417	9.852	.000
	SA_IKP(ay)	0.100	0.030	0.156	3.375	.001
	SA_SAlma(ay)	0.238	0.047	0.222	5.080	.000

Buna göre oluşturulan denklem Formül 8.2'de verilmiştir. Bu denklemdeki SA_GA(ay), SA_YGG(ay), SA_GTP(ay), SA_IKP(ay) ve SA_SAlma(ay) değişkenleri sırasıyla GA(ay), YGG(ay), GTP(ay), IKP(ay) ve SAP(ay) şeklinde kısaltılmıştır.

$$D_SapmaMiktarı(ay) = \begin{aligned} & 1.453 + 0.195 \times GA(ay) + 0.156 \times GTP(ay) \\ & + 0.169 \times YGG(ay) + 0.100 \times IKP(ay) + \\ & 0.238 \times SAP(ay) \end{aligned} \quad \textbf{(8.2)}$$

Sapma miktarı denklemi geciken proje bilgileri kullanılarak oluşturulan bir eşitliktir. Buna göre ürün geliştirme sürecinde bu beş etmen sıkıntı yaratmasa bile gecikme olur. Bu gecikmenin miktarı yaklaşık 2.11 aydır. Gecikme, modele girmeyen ama süreç üzerinde etkili olan müşteri ya da alt yüklenici problemleri gibi diğer sıkıntılardan kaynaklanır.

Standartlaştırılmış katsayılar bağımsız değişkenlerin önem sırasını gösterir. Süre sapma miktarı kestirim denkleminde en yüksek Beta katsayısı gereksinimlerin anlaşılamaması etmenine aittir. Bunu yeni gelen gereksinimler ve genel teknik problemler etmenleri takip eder. Bu iki etmenin de beta katsayıları birbirine çok yakındır.

Süre sapma miktarı kestirim denkleminde en yüksek standartlaştırılmamış katsayı satın alma problemlerine aittir. Bunu gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen

gereksinimler ve genel teknik problemler takip eder. Denklemdeki en düşük B katsayısı insan kaynakları problemine aittir.

Satın alma problemleri en çok yurt dışı ürün tedarikinde yaşanır. Yazılım geliştirme projeleri yurt dışından ürün tedarik etmezlerse satın alma problemleri de oluşmaz. Bu durumda gereksinimlerin anlaşılamaması etmeni, yüksek katsayı değeriyle, geri kalan dört etmen arasında en etkili etmen olur.

Geliştirme sürecinde gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle sıkıntı yaşayan ve bir aylık bir gecikme öngörülen projelerde toplam proje gecikmesi yaklaşık 2.72 aydır. Yine beş etmeninde etkili olduğu projelerde, her bir etmenin proje süresini ortalama bir ay geciktirdiği düşünülürse, toplam proje süresindeki gecikme yaklaşık 5.34 ay olur.

8.3.1.1 Çoklu doğrusal bağlantı

Çizelge 8.11 yeni kurulan modelin tolerans ve VIF değerlerini verir. Yeni kurulan modelde tüm tolerans değerleri sıfırdan çok yüksektir. En düşük tolerans değeri, 0.762 değeriyle genel teknik problemler etmenine aittir. Çoklu doğrusal bağlantı testleri için hesaplanan VIF değerleri bire yakın değerlerdir. Modelin en yüksek VIF değeri 1.312'dir.

Çizelge 8.11 : Yeni model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1.

		Korelasyon			Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
Model		Sıfır-Düzeyi	Kısmi	Bölüm	Tolerans	VIF
1	SA_GA(ay)	0.575	0.862	0.527	0.943	1.060
	SA_GTP(ay)	0.656	0.758	0.360	0.762	1.312
	SA_YGG(ay)	0.395	0.796	0.408	0.958	1.044
	SA_IKP(ay)	0.466	0.411	0.140	0.801	1.248
	SA_SAlma(ay)	0.375	0.562	0.211	0.897	1.114

Çizelge 8.12 tahmin edicilerin özdeğerlerini ve koşul durumlarını verir. Tahmin edicilerin özdeğerleri sıfıra yakın değildir. Modeldeki en düşük özdeğer 0.210'dur. Koşul durumlarının 15'ten büyük olması doğrusal bağlantı problemini işaret eder. Geliştirilen modelde en yüksek koşul durumu dörttür. Yürütülen tüm sınamalar (VIF, tolerans, özdeğerler ve koşul durumları) yeni oluşturulan modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmadığını gösterir.

Çizelge 8.12 : Yeni model 1'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2.

				Varyans Oranları					
Model	Boyut	Özdeğerler	CI	(Sabit)	GA (ay)	GTP (ay)	YGG (ay)	IKP (ay)	SAP (ay)
1	1	3.438	1.000	.02	.02	.02	.02	.03	.02
	2	0.800	2.072	.02	.00	.00	.45	.16	.14
	3	0.680	2.248	.00	.29	.00	.04	.05	.53
	4	0.560	2.477	.02	.27	.01	.07	.54	.13
	5	0.311	3.324	.07	.17	.57	.31	.17	.17
	6	0.210	4.044	.87	.24	.39	.11	.06	.00

8.3.1.2 Regresyon hataları

Çizelge 8.13 yeni regresyon modelindeki standartlaştırılmış hata terimlerinin normallik sınama sonuçlarını verir. Yeni regresyon modelinde standartlaştırılmış hata terimlerinin Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk sınama sonuçlarında bir iyileşme görülür. Anlamlılık değeri sırasıyla 0.079 ve 0.046'ya yükselmiştir.

Çizelge 8.13 : Yeni model 1 için hataların normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Standartlaştırılmış Hatalar	0.106	62	0.079	0.961	62	0.046

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

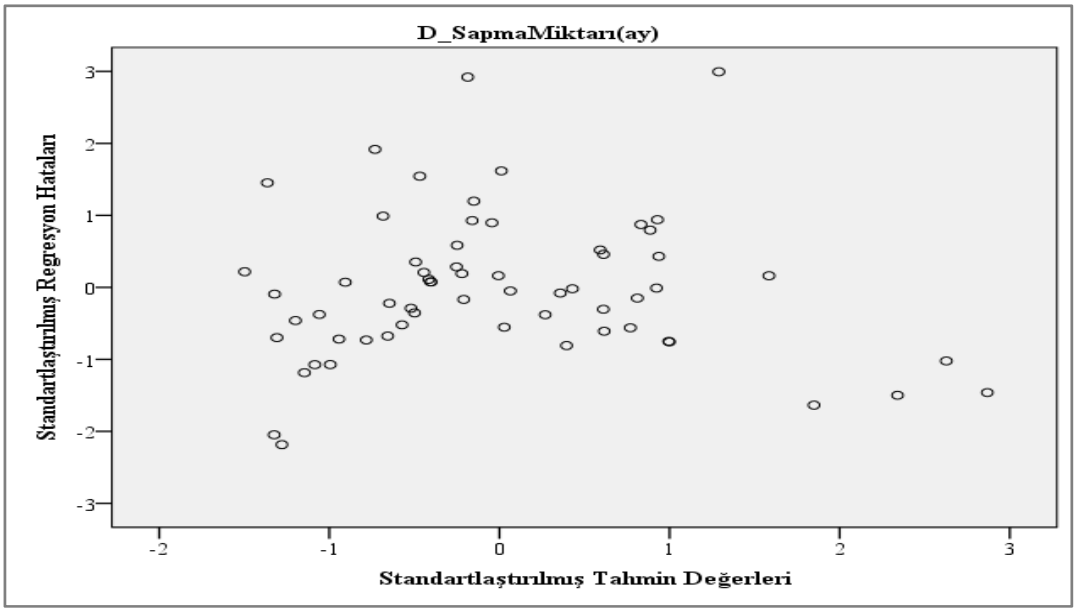
8.3.1.3 Sabit Varyans

Çizelge 8.14'e göre yeni regresyon modelinde değişen varyans problemi bulunmaz. Yürütülen Breusch Pagan testi ki-kare değerini 0.004 ve anlamlılık değerini ise 0.951 olarak hesaplar. Anlamlılık değeri %5'ten oldukça büyüktür. Bu nedenle "hata terimlerinin varyansı sabittir" sıfır ön savı kabul edilir.

Çizelge 8.14 : Yeni model 1'in değişen varyans sınaması.

	Ki-Kare	D.f	Anl.
Test Sonucu	0.004	1.000	0.951

Şekil 8.6 tahmin değerlerine göre hataların dağılımını verir. Yürütülen Pearson korelasyon sınaması tahmin değerleriyle hata terimleri arasında bir doğrusal ilişki olmadığını gösterir.



Şekil 8.6 : Yeni model 1'in hataları ve tahmin değerleri.

8.4 Model 2- Sapma Oranları Regresyon Modeli

8.4.1 Model oluşturma

Toplam süre sapma oranları, doğrusallık sınamasını geçmiş beş temel bozucu etmenin neden olduğu sapma oranları üzerinden modellenir. Modele giren bağımsız değişkenler gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, satın alma problemleri ve müşteri kaynaklı problemler nedeniyle oluşan süre sapma oranlarıdır. Bu beş temel bozucu etmen kullanılarak üretilen regresyon modelinin varyans çözümlemesi Çizelge 8.15'te verilmiştir. Oluşturan regresyon modelinin anlamlılığı aşağıdaki önsavla sınanır.

H_o : Oluşturulan model anlamsızdır.

H_a : Oluşturulan model anlamlıdır.

Modelin F oranı 121.398 ve anlamlılık değeri ise sıfır olarak hesaplanmıştır. Sıfır önsavı %5'lik anlamlılık düzeyinde reddedilir. Buna göre kurulan doğrusal regresyon modeli anlamlıdır.

Çizelge 8.15 : Model 2 regresyonu için Anova tablosu.

Model		Kareler Toplamı	Serbestlik Dereceleri	Kareler Ortalamaları	F Oranı	Anl.
2	Regresyon	551.323	5	110.265	121.398	.000
	Hata	52.681	58	0.908		
	Toplam	604.004	63			

Çizelge 8.16 modelin uyum iyiliğini gösteren istatistikleri verir. Modelin ilişki katsayısı 0.955'tir. Bu durumda modeldeki beş bozucu etmenin sapma oranlarıyla projenin toplam süre sapma oranları arasında %95.5 şiddetinde, kuvvetli ve pozitif yönde doğrusal bir ilişki vardır.

R kare, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilen varyansıdır. Tablodaki düzeltilmiş R kare değeri 0.905'tir. Modeldeki dönüştürülmüş süre sapma oranlarındaki değişkenlik, bu beş bozucu etmeninin sapma oranları tarafından %90.5 oranında açıklanır. Modelde tahminin standart hatası ise 0.95304'tür.

Çizelge 8.16 : Model 2'nin anlamlılık sınaması.

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Std. Hatası	DW
2	0.955	0.913	0.905	0.95304	2.123

Çizelge 8.17, süre sapma oranlarının regresyon katsayılarını verir. Buna göre oluşturulan denklem Formül 8.3'te verilmiştir. Bu denklemdeki SA_GA(%), SA_YGG(%), SA_Müşteri(%), SA_SAlma(%) ve SA_GTP(%) değişkenleri sırasıyla GA(%), YGG(%), Müşteri(%), SAP(%) ve GTP(%) şeklinde kısaltılmıştır.

Çizelge 8.17 : Model 2'nin regresyon katsayıları.

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar		
		B	Std. Hata	Beta	t	Anl.
2	(Sabit)	4.702	0.182		25.774	.000
	SA_GA(%)	0.051	0.005	0.443	10.104	.000
	SA_GTP(%)	0.045	0.006	0.364	7.864	.000
	SA_YGG(%)	0.045	0.006	0.330	7.333	.000
	SA_Müşteri(%)	0.054	0.007	0.325	8.176	.000
	SA_SAlma(%)	0.044	0.017	0.119	2.573	.013

Dönüştürülmüş süre sapma oranları denklemi Formül 8.3'te verilmiştir.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{aligned} &4.702 + 0.051 \times GA(\%) + \\ &0.045 \times YGG(\%) + 0.045 \times GTP(\%) + \\ &0.054 \times Müşteri(\%) + 0.044 \times SAP(\%) \end{aligned} \quad \textbf{(8.3)}$$

Standartlaştırılmış regresyon katsayıları diğer bağımsız değişkenlerin etkileri sabit tutulduğunda, ilgili bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin ölçütüdür. Çizelge 8.17'e göre gereksinimlerin anlaşılamaması etmeni bağımlı değişken üzerinde en yüksek etkiye sahiptir. Bunu genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler, müşteri problemleri ve satın alma problemleri takip eder.

Süre sapma oranı kestirim modelinde en yüksek katsayı müşteri problemleri etmenine aittir. Bunu gereksinimlerin anlaşılamaması etmeni izler. Yeni gelen gereksinimler ve genel teknik problemler etmenlerinin etki dereceleri aynıdır. Satın alma problemleri, düşük bir farklılıkla, bu iki etmeni takip eder.

Dönüştürülmüş süre sapma oranları regresyon modeli, gecikme olan projelerdeki bilgiler kullanılarak geliştirilmiştir. Bu nedenle denklem hiç gecikmeme durumlarını ele almaz. Kurulan regresyon denkleminde, proje yaşam döngüsünde beş temel etmen sıkıntı yaratmasa bile, projeler yaklaşık %22 oranında gecikir. Buradaki gecikmenin nedeni, bu modelde yer almayan ama ürün geliştirme sürecini etkileyen insan kaynakları, alt yükleniciler ve proje ortakları gibi etmenlerdir. Formül 8.3'e göre anlaşılamayan gereksinimler proje süresini %10 arttırdığında toplam proje süresindeki sapma oranı %27.2'dir. Genel teknik sıkıntılar ya da yeni gelen gereksinimler nedeniyle oluşan %10'luk bir sapma, tüm projeyi yaklaşık %26.5 oranında geciktirir.

Sapma oranları regresyon modeli adım adım çalıştırılmış, modele giren tüm bağımsız değişkenlerin model üzerindeki etkileri izlenmiştir. Çizelge 8.18'e göre regresyon modeline önce gereksinimlerden kaynaklanan sapmalar girmiştir. Bu değişken tek başına oldukça iyi bir R değeri üretir. Gereksinimlerin anlaşılamaması etmeninin sapma oranları ile projenin toplam süre sapma oranları arasında %73.4'lük kuvvetli, pozitif doğrusal bir ilişki vardır. Yine modeldeki süre sapma oranlarındaki bir değişim, bu etmenin sapma oranları tarafından %53.9 oranında açıklanır.

Daha sonra regresyon modeli genel teknik sıkıntılar nedeniyle oluşan sapmaları değerlendirmiş, R ve R kare değerlerinde bir miktar iyileşme görülmüştür. Bundan sonraki aşamada model sırasıyla yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sapmaları, müşteri kaynaklı sapmaları ve satın alma faaliyetlerinin neden olduğu sapmaları değerlendirmiş, maksimum iyileşme elde edilmiştir.

Çizelge 8.18 : Model 2 için adım adım regresyon uygulaması.

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminlerin Std. Hatası	DW
1	0.734[a]	0.539	0.531	2.11955	
2	0.836[b]	0.699	0.689	1.72624	
3	0.897[c]	0.805	0.795	1.40036	
4	0.950[d]	0.903	0.896	0.99740	
5	0.955[e]	0.913	0.905	0.95304	2.123

a. Tahmin ediciler: (Sabit), SA_GA(%)
b. Tahmin ediciler: (Sabit), SA_GA(%),SA_GTP(%)
c. Tahmin ediciler: (Sabit), SA_GA(%),SA_GTP(%), SA_YGG(%)
d. Tahmin ediciler: (Sabit), SA_GA(%),SA_GTP(%), SA_YGG(%), SA_Müşteri(%)
e. Tahmin ediciler: (Sabit), SA_GA(%),SA_GTP(%), SA_YGG(%), SA_Müşteri(%), SA_SAlma(%)

8.4.2 Model 2'nin doğrulanması

Bu bölümde oluşturulan regresyon modelinin doğruluğu katsayıların anlamlılığı, bağımsızlık, hataların dağılımı, hataların ardışık bağımlılığı ve varyansların sabitliği varsayımlarına göre sınanır.

8.4.2.1 Katsayıların anlamlılığı

Çizelge 8.17 modeldeki her bir bağımsız değişkenin etkisini değerlendirir. Katsayıların anlamlılığı aşağıdaki önsavlarla test edilir.

H_o : Modelin katsayıları anlamlı değildir.

H_a : Modelin katsayıları anlamlıdır.

Bağımsız değişkenlerin t testi sınama sonuçlarına bakılarak sıfır önsavı değerlendirilir. Çizelge 8.17'deki tüm katsayıların anlamlılığı 0.05'ten küçüktür. Buna göre süre sapma oranı regresyon modelinin katsayıları anlamlıdır.

8.4.2.2 Çoklu doğrusal bağlantı

Çizelge 8.19'da verilen tolerans değerleri sıfırdan çok uzaktır. Modelin en düşük tolerans değeri 0.698'dir. Bu değer satın alma kaynaklı sapmalara aittir. Bu modelde çoklu doğrusal bağlantı değeri oldukça zayıf olup, bir bağımsız değişkendeki varyans diğer bağımsız değişkenler tarafından açıklanamaz.

Çoklu doğrusal bağlantı testleri için VIF değerleri hesaplanmış, bu değerlerin 5'in çok altında olduğu görülmüştür. VIF değerleri diğer modelde olduğu gibi bire yakındır.

Çizelge 8.19 : Model 2'nin çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1.

Model		Korelasyon			Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
		Sıfır-Düzeyi	Kısmi	Bölüm	Tolerans	VIF
2	(Sabit)					
	SA_GA(%)	0.734	0.799	0.392	0.782	1.279
	SA_GTP(%)	0.583	0.718	0.305	0.701	1.426
	SA_YGG(%)	0.664	0.694	0.284	0.744	1.344
	SA_Müşteri(%)	0.311	0.732	0.317	0.952	1.050
	SA_SAlma(%)	0.461	0.320	0.100	0.698	1.433

Çizelge 8.20'de verilen özdeğerler sıfıra çok yakın değerler değildir. Değişkenlerin koşul durumları en fazla 3.538'dir. Geliştirilen modelde koşul durumlarının hepsi dörtten küçük değerlerdir. Koşul durumları çoklu doğrusal bağlantıyla ilgili problem yaşanmadığını gösterir.

Hesaplanan tüm değerler (tolerans, VIF, özdeğerler ve koşul durumları) geliştirilen modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi olmadığını gösterir.

Çizelge 8.20 : Model 2'nin çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2.

Model	Boyut	Özdeğerler	CI	Varyans Oranları					
				(Sabit)	GA (%)	GTP (%)	YGG (%)	Müşteri (%)	SAP (%)
2	1	3.319	1.000	.03	.03	.03	.03	.01	.02
	2	1.020	1.804	.01	.01	.04	.00	.47	.14
	3	0.572	2.410	.00	.28	.02	.11	.30	.31
	4	0.462	2.681	.23	.00	.24	.32	.06	.19
	5	0.362	3.029	.24	.62	.01	.38	.04	.06
	6	0.265	3.538	.49	.06	.66	.15	.12	.28

8.4.2.3 Regresyon hataları

Çizelge 8.16 DW istatistiğini 2.123 olarak verir. $d > d_U$ olduğundan sıfır önsavı kabul edilir. Buna göre, hata terimlerinde ardışık bağımlılık yoktur.

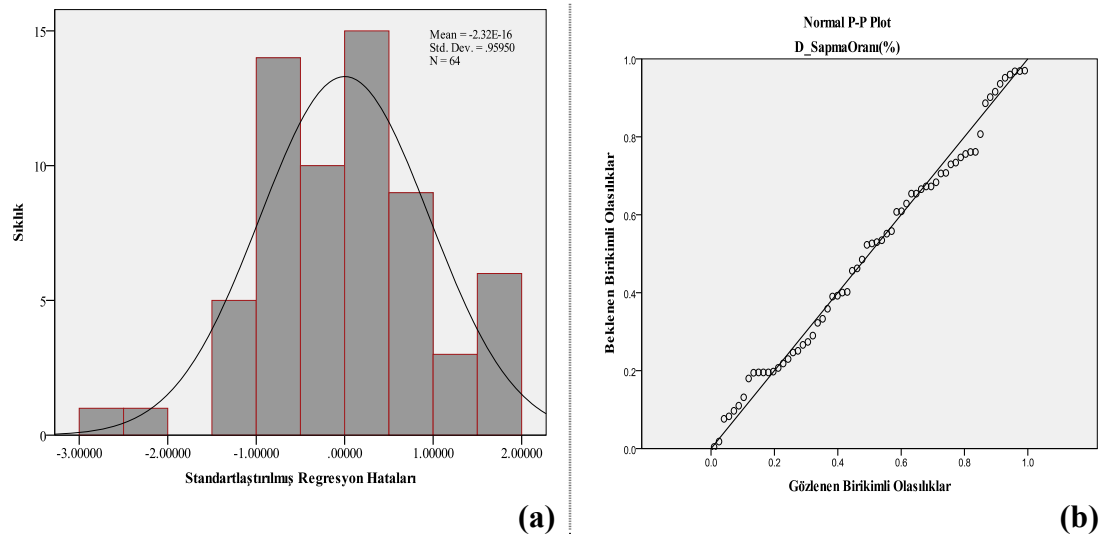
Çizelge 8.21 süre sapma oranları regresyon modelindeki hataların normallik sınaması sonucunu özetler. Standartlaştırılmış hataların normallik sınaması sonuçları incelendiğinde hem Kolmogorov-Smirnov'un hem de Shapiro-Wilk'in anlamlılık değerlerinin 0.05'ten büyük olduğu görülür. Bu sonuç standartlaştırılmış hataların normal dağıldığını gösterir.

Çizelge 8.21 : Model 2 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Standartlaştırılmış Hatalar	0.073	64	0.200	0.981	64	0.408

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

Standartlaştırılmış regresyon hataları gösterimleri Şekil 8.7'de verilmiştir. Şekil 8.7a standartlaştırılmış regresyon hatalarının dağılımını; Şekil 8.7b ise gözlenen ve beklenen birikimli olasılıkları gösterir. Şekil 8.7a'ya göre çok büyük hata değerlerine sık rastlanılmaz. Şekil 8.7b, gözlenen ve beklenen birikimli olasılıkların birbirine çok yakın gittiğini söyler.



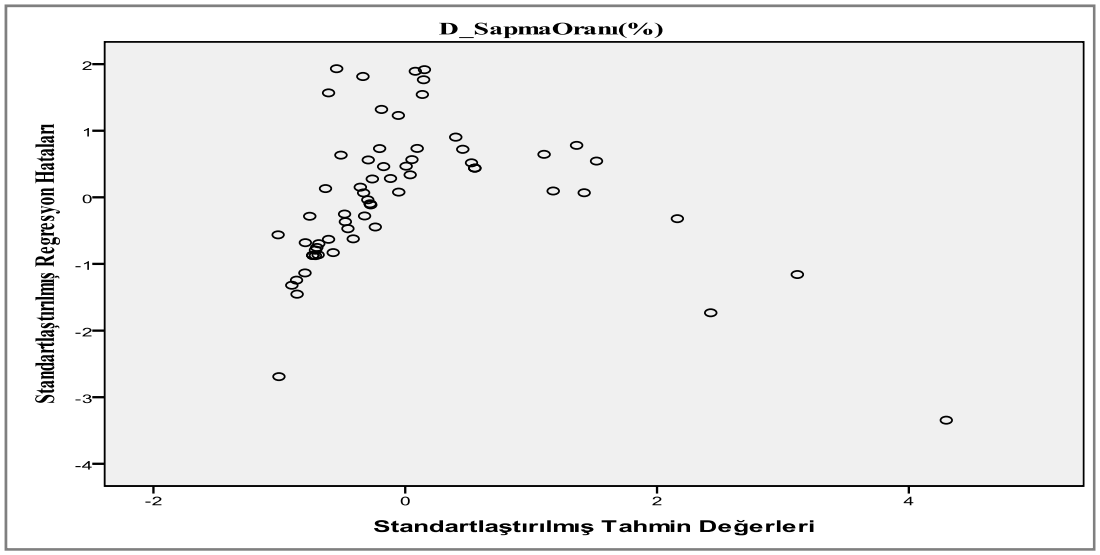
Şekil 8.7 : Sapma oranları modelinin standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık.

Çizelge 8.22 sapma oranları regresyon modelindeki ikiden büyük hata durumlarını gösterir. Buna göre sadece iki projenin standartlaştırılmış hataları ikiden büyüktür.

Çizelge 8.22 : Model 2'deki uç değerler tablosu.

Durum	Std. Hata	D_Sapma Miktarı (%)	Tahmin Değerleri	Hatalar
56	-2.092	18.71	20.7020	-1.99370
65	-2.643	2.50	5.0193	-2.51928

Şekil 8.8 tahmin değerleriyle standartlaştırılmış hatalar arasındaki dağılımı verir. Standartlaştırılmış tahmin değerleriyle hata terimleri arasında bir doğrusal ilişki olup olmadığı sınanmış, bu iki değişken arasında doğrusal bir ilişkinin mevcut olmadığı görülmüştür.



Şekil 8.8 : Model 2'nin hataları ve tahmin değerleri.

8.4.2.4 Sabit varyans

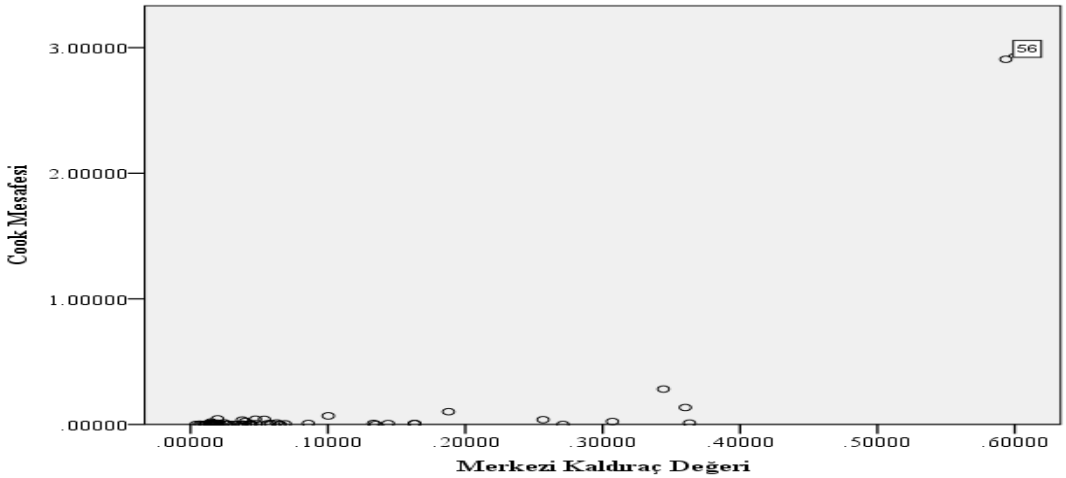
Sabit varyans varsayımına göre hata ve tahmin değerleri arasındaki serpme grafiğinde dağılımın rastgele olması ve herhangi örüntü oluşturmaması gerekir. Çizelge 8.23 Breusch Pagan sınama sonucunu gösterir. Sınama sonucunda ki-kare değeri 0.414 ve anlamlılık değeri 0.520 olarak bulunmuştur. Sıfır önsavı %5 anlamlılık düzeyinde kabul edilir. Diğer bir deyişle, modelde değişen varyans problemi bulunmaz.

Çizelge 8.23 : Model-2 için Değişen Varyans Sınaması

	Ki-Kare	D.f	Anl.
Test Sonuçları	0.414	1.000	0.520

8.4.2.5 Etkili vakalar

Kurulan sapma oranları regresyon denkleminde etkili gözlemler Cook mesafesi ve kaldıraç etki değeriyle birlikte değerlendirilir. Şekil 8.9, model üzerinde etkili olan gözlemleri gösterir. Buna göre Cook mesafesi ve kaldıraç etki değeri yüksek olan tek bir proje vardır. 56 numaralı proje yüksek Cook ve kaldıraç etki değerine sahiptir. Bu projenin sapma miktarı hem regresyon tahminlerini kararsız duruma sokmakta hem de regresyon denklemindeki eğimi etkilemektedir. Yine 56 numaralı projenin hata terimi ikiden büyük bulunmuştur. Bu proje örneklemden çıkartılmış ve model yeniden kurulmuştur.



Şekil 8.9 : Model 2 için etkili gözlemlerin bulunması.

8.5 Yeni Model 2- Sapma Oranı Regresyon Modeli

8.5.1 Model oluşturma ve katsayıların anlamlılığı

Anova istatistik sonucu yeni regresyon modelinin anlamlı olduğunu gösterir. Çizelge 8.24 yeni modelin Anova analizi sonuçlarını verir.

Çizelge 8.24 : Yeni model 2'nin Anova Tablosu.

Model		Kareler Toplamı	Serbestlik Dereceleri	Kareler Ortalamaları	F Oranı	Anl.
2	Regresyon	444.724	5	88.945	119.256	.000
	Hatalar	42.512	57	0.746		
	Toplam	487.237	62			

Çizelge 8.25 yeni modelin anlamlılık sınama sonuçlarını özetler. Modelin R değeri 0.955, R kare değeri 0.913 ve düzeltilmiş R kare değeri 0.905'tir. Eski ve yeni modellerin regresyon katsayıları aynıdır. Yeni regresyon denkleminde modelin standart hatası azalmış, 0.86362'ye inmiştir. DW değeri ise 2.018 olmuştur. Yeni regresyon modelinde de hatalar ardışık bağımlı değildir.

Çizelge 8.25 : Yeni model 2'nin anlamlılık sınaması**.**

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Std. Hatası	DW
2	0.955	0.913	0.905	0.86362	2.018

Oluşturulan modelin katsayıları Çizelge 8.26'da verilmiştir. Yeni modelde standartlaştırılmış regresyon katsayılarında bir değişim olmuştur. Öte yandan

bağımsız değişkenlerin önem sırasında bir değişiklik söz konusu değildir. Yine gereksinimlerin anlaşılamaması etmeni bağımlı değişken üzerinde en yüksek etkiye sahiptir. Bunu sırasıyla genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler, müşteri problemleri ve satın alma problemleri takip eder.

Çizelge 8.26 : Yeni model 2'nin regresyon katsayıları.

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar		
		B	Std. Hata	Beta	t	Anl.
2	(Sabit)	4.406	0.184		23.980	.000
	SA_GA(%)	0.050	0.005	0.472	10.905	.000
	SA_GTP(%)	0.051	0.005	0.385	9.417	.000
	SA_YGG (%)	0.051	0.006	0.373	8.832	.000
	SA_Müşteri(%)	0.055	0.006	0.368	9.190	.000
	SA_SAlma(%)	0.082	0.019	0.175	4.404	.000

Yeni regresyon modelinde standartlaştırılmamış katsayılar değişmiştir. Çizelge 8.26'ya göre en yüksek katsayı satın alma problemlerine aittir. Yeni süre sapma oranları regresyon denklemindeki ikinci en yüksek katsayı müşteri problemleri etmenine aittir. Yeni gelen gereksinimlerin ve genel teknik sıkıntıların katsayıları aynıdır. Dönüştürülmüş süre sapma oranları denklemi, Formül 8.4'te verilmiştir.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{array}{c} 4.406 + 0.050\times GA(\%) + 0.051\times YGG\ (\%) \\ + 0.051\times GTP(\%) + 0.055\times Müşteri\ (\%) + \\ 0.082\times SAP(\%) \end{array} \quad \textbf{(8.4)}$$

Yeni oluşturulan modelde satın alma değişkeninin standartlaştırılmamış katsayısında belirgin bir artış ve sabit değerde ise bir azalma olmuştur. Yine genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler ve müşteri problemleri etmenlerinin katsayıları az da olsa bir artmıştır. Buna göre, diğer tüm değişkenlerin değerleri sıfır iken, bilişim projelerinin sürelerinde yaklaşık %19.4 oranında bir sapma görülmesi beklenir. Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle planlanan süreden %10 mertebesinde sapan projelerde, toplam süre sapma oranı yaklaşık %24'tür. Öte yandan satın alma faaliyetleri nedeniyle aynı oranda geciken projelerde, toplam süre sapma oranı yaklaşık %27.3'tür.

8.5.2 Çoklu doğrusal bağlantı

Çizelge 8.27 yeni kurulan modelin tolerans ve VIF değerlerini verir. Yeni kurulan modelde tüm tolerans değerleri sıfırdan çok yüksektir. En düşük tolerans değeri 0.819'dur. Çoklu doğrusal bağlantı testleri için hesaplanan VIF değerleri bire yakın değerlerdir. En yüksek VIF değeri 1.221'dir. En yüksek VIF değeri bile beşten oldukça küçüktür.

Çizelge 8.27 : Yeni model 2'nin çoklu doğrusal bağlantı tablosu-1.

		Korelasyon			Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
Model		Sıfir-Düzeyi	Kısmi	Bölüm	Tolerans	VIF
2	SA_GA(%)	0.728	0.822	0.427	0.819	1.221
	SA_GTP(%)	0.451	0.780	0.368	0.915	1.093
	SA_YGG (%)	0.579	0.760	0.346	0.860	1.162
	SA_Müşteri(%)	0.378	0.773	0.360	0.954	1.048
	SA_SAlma(%)	0.237	0.504	0.172	0.966	1.035

Çizelge 8.28 tahmin edicilerin özdeğerlerini ve koşul durumlarını verir. Tahmin edicilerin özdeğerleri sıfıra yakın değildir. En düşük özdeğer 0.249'dur. Değişkenlerin koşul durumları ise en fazla 3.538 olur. Geliştirilen modelde koşul durumlarının tamamı dörtten küçüktür. Özdeğerler ve koşul durumları çoklu doğrusal bağlantıyla ilgili problem yaşanmadığını gösterir.

Yürütülen tüm sınamalar yeni oluşturulan modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi olmadığını gösterir.

Çizelge 8.28 : Yeni model 2'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu-2.

				Varyans Oranları					
Model	Boyut	Özdeğerler	CI	(Sabit)	GA (%)	GTP (%)	YGG (%)	Müşteri (%)	SAP(%)
2	1	3.142	1.000	.03	.03	.03	.03	.02	.03
	2	0.935	1.833	.00	.01	.06	.01	.40	.30
	3	0.701	2.117	.00	.11	.00	.14	.40	.32
	4	0.567	2.355	.02	.01	.43	.27	.01	.28
	5	0.406	2.780	.08	.82	.01	.34	.00	.05
	6	0.249	3.553	.87	.01	.47	.21	.17	.02

8.5.3 Regresyon hataları

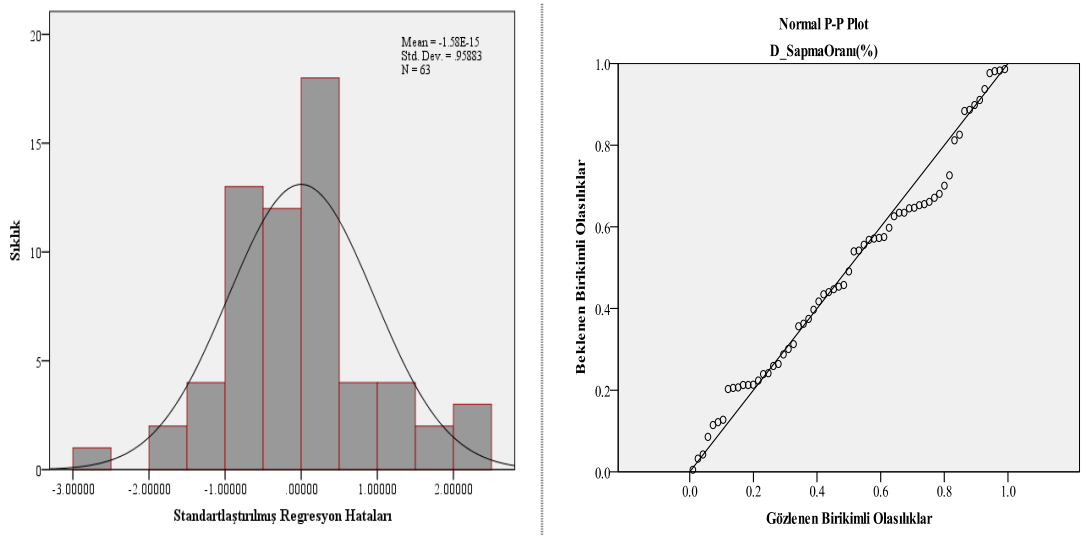
Yeni regresyon modelindeki standartlaştırılmış hata terimlerinin Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk istatistik sınama sonuçları Çizelge 8.29'da verilmiştir. Normallik sınamalarının anlamlılık değeri sırasıyla 0.077 ve 0.268'dir. Buna göre, yeni regresyon denkleminde hata terimleri normal dağılır.

Çizelge 8.29 : Yeni Model 2'nin hata terimlerinin normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Standartlaştırılmış Hatalar	0.106	63	0.077	0.976	63	0.268

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

Şekil 8.10, yeni sapma oranları regresyon modelindeki standartlaştırılmış hataları verir. Şekil 8.10a standartlaştırılmış hata terimlerinin dağılımını; Şekil 8.10b gözlenen ve beklenen birikimli olasılıkların dağılmını gösterir. Buna göre çok büyük hata terimlerine sık rastlanılmaz.

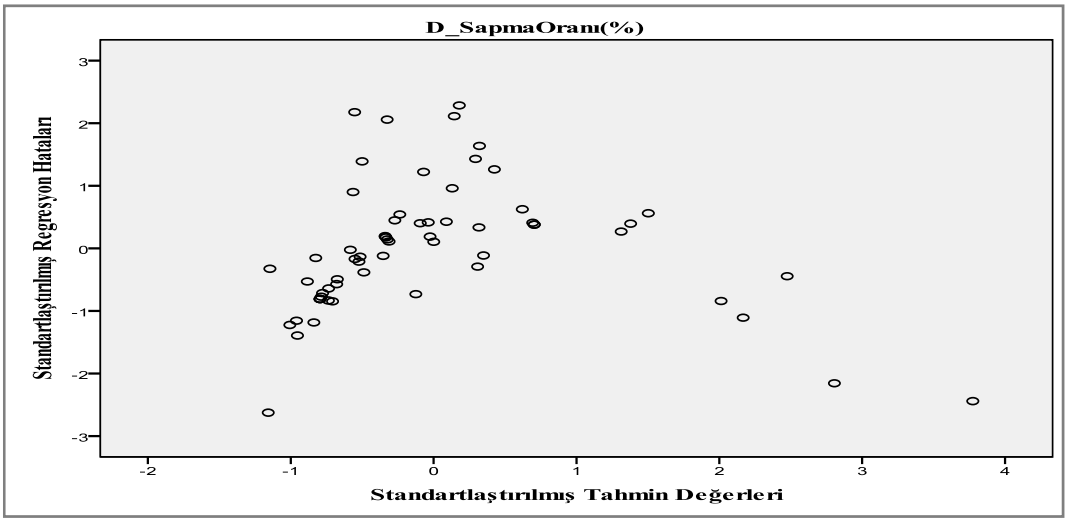


(a) **(b)**

Şekil 8.10 : Yeni süre sapma oranları modelinin regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık.

8.5.4 Sabit Varyans

Şekil 8.11 standartlaştırılmış tahmin değerlerine göre regresyon hatalarının dağılımını verir. Pearson korelasyon sonucu bu iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olmadığını gösterir (r=0 ve p=1.00).



Şekil 8.11 : Yeni model 2'nin hataları ve tahmin değerleri.

Çizelge 8.30 ise Breusch Pagan sınama sonucunu gösterir. Anlamlılık değeri %5'in çok üstündedir. Buna göre kurulan regresyon denkleminde değişen varyans problemi bulunmaz.

Çizelge 8.30 : Yeni model 2 için değişen varyans sınaması.

	Ki-Kare	D.f	Anl.
Test Sonucu	0.271	1.000	0.603

8.6 Gölge Değişkenlere Göre Sapma Regresyon Modelleri

8.6.1 Gölge değişkenlerin seçimi

Önceki bölümlerde süre sapma değerlerini doğrudan etkileyen etmenler üzerinden regresyon modelleri geliştirilmiştir. Bu bölümde ise dolaylı etmenlerin toplam süre sapma oranı regresyon modelini ne yönde etkilediği incelenir.

Sıra ya da ad ölçeğinde tanımlanan dolaylı etmenlerin regresyon modelinde kullanılabilmesi için gölge değişkenlere ihtiyaç duyulur. Regresyon modeline verilecek olan kategorik değişkenler proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri, ürünün Ar-Ge ve yenilik düzeyi, proje ön hazırlık çalışmaları, yeniden kullanım, referans alınan ürünler ve gereksinimlerin tanımlı olma durumları olarak sıralanır. Sıra ve ad ölçeğinde tanımlanmış olan bu değişkenler ikili ad ölçeğine dönüştürülmüş, değişken gruplarında yokluk sıfır ile tanımlanmıştır. Örneğin, yönetim tecrübesi çok iyi olan proje yöneticileri 1 ile diğer durumlar sıfırla gösterilir. Benzer şekilde, projelerde

referans ürün ya da yapı kullanma durumu 1 ile kullanmama durumu sıfırla tanımlanır.

Sapma oranları regresyon modeline hangi kategorik değişkenlerin gireceği iki aşamada belirlenir. Önce her bir değişkenin alt kategorileri incelenerek gruplar arasında dengeli bir dağılım olup olmadığına, örnek sayısının regresyon modeli oluşturmada yeterli olup olmadığına bakılır.

Gruplar arasındaki karşılaştırmalar, süre sapma oranları sıfırdan büyük olan projeler üzerinde yürütülmüştür. Modele girmesi muhtemel olan kategorik değişkenler Çizelge 8.31'de verilmiştir. Çizelge 8.31'e göre gereksinimlerin tanımlanma düzeyini gösteren değişkenlerin grupları arasında oldukça dengesiz bir dağılım vardır. Öte yandan mevcut yapıları ya da ürünleri referans alma durumu kendi içinde oldukça dengeli dağılmıştır. Proje yöneticisinin alan uzmanlığı ve teknik deneyimi grupları arasında da dengeli bir dağılım mevcuttur. Bu değişkenleri 60:40 oranıyla proje yöneticisinin yetkinlik düzeyi ve proje ön hazırlık çalışmaları takip eder. Mevcut yapıları kullanma, ürünün Ar-Ge düzeyi ve ürünün yenilik düzeyi değişkenlerinde ise gruplar arası dağılımın oranı yaklaşık 70:30'dur.

Çizelge 8.31 : Olası gölge değişkenleri listesi.

Kategorik Değişken	Grupların Dağılımı	Oran
Pr_Yenilik_K	Yenilik yok : 20; var: 44	2.2
Pr_ArGe_varmı	Ar-Ge yok: 45; var: 19	2.37
Pr_ÖnHazırlık	Ön hazırlık yok: 39; var: 25	1.56
Pr_ReferansYapı	Referans yapı yok: 33; var: 31	1.06
Pr_YenidenKullanım	Yeniden kullanım yok: 44; var: 20	2.2
PY_Yetkinlik_K	Yetkin değil: 40; yetkin: 24	1.67
PY_AlanUzmanı_K	Yetkin değil: 36; yetkin: 28	1.28
PY_TeknikYetkinlik_K	Yetkin değil: 34; yetkin: 30	1.13
Gereksinimler_Tam	Tam değil: 53; tam: 11	4.83
Gerek_Operasyonel_K	Tam değil: 55; tam (çok iyi):9	6.11
Gerek_İşlevsel_K	Tam değil: 54; tam (çok iyi): 10	5.4
Gerek_Tasarım_K	Tam değil: 56; tam (çok iyi): 8	7

Çizelge 8.31'de verilen Pr_ArGe_varmı, Pr_ÖnHazırlık, Pr_ReferansYapı ve Pr_YenidenKullanım değişkenleri Çizelge C.11'de; Pr_Yenilik_K, PY_Yetkinlik_K, PY_TeknikYetkinlik_K, PY_AlanUzmanı_K, Gereksinimler_Tam,

Gerek_Operasyonel_K, Gerek_İşlevsel_K ve Gerek_Tasarım_K değişkenleri ise Çizelge C.12'de tanımlanmıştır (bkz. EK C).

Bir sonraki aşama değişkenlere Levene ve t testi uygulamaktır. Çizelge 8.32 bu değişkenlerin Levene ve t testi sınama sonuçlarını verir.

Çizelge 8.32 : Kategorik değişkenlerde varyans ve ortalama eşitliği.

Kategorik Değişken	Varyansların Eşitliği	Varyansların Eşitliği için Levene Testi		Ortalamaların Eşitliği için t testi		
		F	Anl.	t	df	Anl.
Pr_Yenilik_K	Var. eşit	1.152	0.287	-1.772	62	0.081
	Var. eşit değil	.	.	-1.975	48.380	0.054
Pr_ArGe_varmı	Var. eşit	7.143	0.010	1.153	62	0.253
	Var. eşit değil	.	.	1.505	61.063	0.137
Pr_ÖnHazırlık	Var. eşit	2.972	0.090	4.196	62	0
	Var. eşit değil	.	.	4.572	61.877	0
Pr_ReferansYapı	Var. eşit	1.628	0.207	2.407	62	0.019
	Var. eşit değil	.	.	2.431	58.371	0.018
Pr_YenidenKullanım	Var. eşit	0.413	0.523	2.066	62	0.043
	Var. eşit değil	.	.	2.270	46.671	0.028
PY_Yetkinlik_K	Var. eşit	2.268	0.137	4.393	62	0
	Var. eşit değil	.	.	4.788	60.320	0
PY_AlanUzmanı_K	Var. eşit	0.409	0.525	2.443	62	0.017
	Var. eşit değil	.	.	2.412	55.073	0.019
PY_TeknikYetkinlik_K	Var. eşit	0.195	0.661	2.663	62	0.010
	Var. eşit değil	.	.	2.653	59.977	0.010

Pr_ArGe_varmı değişkeninin Levene test sonucunda anlamlılık değeri %5'ten küçük bulunmuştur. Bu durum bağımlı değişken varyansının Ar-Ge özelliği olan ve olmayan projelerde aynı olmadığını gösterir. Öte yandan diğer bağımsız değişkenler için Levene anlamlılık düzeyi %5'ten büyüktür. Başka bir deyişle, her bir değişkende ikili grupların bağımlı değişken varyansı eşittir.

Bağımsız değişken grupları arasında bağımlı değişkenin ortalamalarına göre bir fark olup olmadığı incelenmiş, ürünün yenilik düzeyi grupları arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Yeniden kullanım, ön hazırlık çalışmaları, referans yapıların ya da ürünlerin kullanılma durumu ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyi değişkenlerinde varyansların eşitliği varsayımı sağlanır. Öte yandan yeniden kullanım değişkeninde

grupların dağılımı, diğer değişkenlere göre, çok dengeli değildir. Örnek sayısının az olduğu değişkenlerde bu durum daha da önemli hale gelir.

Referans yapıların ya da ürünlerin kullanılma durumu, proje yöneticisinin alan uzmanlığı ve proje yöneticisinin teknik deneyimi değişkenleri dengeli bir dağılım sergiler. Proje ön hazırlık çalışmaları ve proje yöneticisinin yönetim deneyimi değişkenlerindeki dağılım çok dengeli olmamasına rağmen grupların büyüklüğü basit bir regresyon denklemini oluşturacak düzeydedir. Bu beş kategorik değişken varyansların eşitliği varsayımını sağlamakta; bağımlı değişkenin ortalama değeri gruplar arasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle gerekli koşulları sağlayan bu değişkenler, süre sapma oranı regresyon denklemine gölge değişken olarak eklenmiştir.

Geliştirilen tüm modellerde bağımlı değişken, D_SapmaOranı(%) değişkenidir. Gölge değişkenler dışındaki bağımsız değişkenler, bağımlı değişken ile doğrusallık ilişkisi olan temel bozucu etmenler arasından seçilir. Yine bazı model denemelerinde proje ekibinin yetkinlik düzeyleri de girdi değişkeni olarak kullanılır.

Gölge değişken modellerinin oluşturulması esnasında aşağıda verilen işlemler uygulanmıştır.

1) Süre sapma oranı regresyon denklemine referans yapıların ya da ürünlerin kullanılma durumu değişkeni eklenir. Temel bozucu etmenlerin farklı kombinasyonlarına göre modeller geliştirilir. Bölüm 8.6.2'de verilen model, geliştirilen tüm modeller içinde en iyi sınama sonuçlarını veren modeldir.
2) Süre sapma oranı regresyon denklemine PY_TeknikYetkinlik_K değişkeni, gölge değişken olarak eklenir. En uygun regresyon modelinin oluşturulması için farklı alternatifler denenir. Süre sapma oranının bağımlı değişken olduğu bu modellerde, ya DW değeri sınır değerin altında kalmış ya da gölge değişkenin anlamlılık değeri %5'in çok üstünde bulunmuştur.
3) PY_AlanUzmanı_K değişkeni ve temel bozucu etmenler birlikte kullanılarak farklı regresyon modelleri geliştirilir. Tüm modeller içinde en iyi sınama sonuçlarını veren modelde bile, sıfıra çok yakın bir özdeğerin olduğu görülmüştür.

4) Süre sapma oranı regresyon denklemine PY_Yetkinlik_K değişkeni eklenir. Tüm denemeler içinde en iyi sınama sonuçlarını veren model, Bölüm 8.6.3'te verilmiştir.

5) Pr_ÖnHazırlık, temel bozucu etmenler ve proje ekibinin alan uzmanlığı değişkenleri birlikte kullanılır. Tüm denemeler içinde en iyi sınama sonuçlarını veren model, Bölüm 8.6.4'te verilmiştir.

Gölge değişken olarak sapma oranları regresyon denklemine eklenemeyen etmenler, bir sonraki bölümde, karar ağaçları yöntemiyle değerlendirilir. Ürün geliştirme süreci üzerinde etkili olan bu etmenlerin süre sapma oranlarını nasıl etkilediği karar mekanizmalarıyla incelenir.

8.6.2 Model 3- Referans yapıların kullanılma durumu

8.6.2.1 Model oluşturma

Referans yapıların kullanılma durumu etmeni gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik özellikler, müşteri ve insan kaynakları sıkıntıları ile birlikte değerlendirilmiş; yeni gelen gereksinimlerin, genel teknik özelliklerin ve müşterilerin neden olduğu sapmaları da içine alan bir regresyon modeli oluşturulmuştur.

Kurulan bu regresyon denkleminin varyans çözümlemesi Çizelge 8.33'te verilmiştir. Modelin F oranı 52.962 ve anlamlılık düzeyi ise sıfır olarak hesaplanmıştır. Buna göre sıfır önsavı %5 anlamlılık düzeyine göre reddedilir. Bu, kurulan doğrusal regresyon modelinin anlamlı olduğunu gösterir.

Çizelge 8.33 : Model 3 regresyonu için Anova tablosu[b].

Model		Kareler Toplamı	Serbestlik Dereceleri	Kareler Ortalamaları	F Oranı	Anl.
3	Regresyon	472.430	4	118.108	52.962	.000[a]
	Hatalar	131.574	59	2.230		
	Toplam	604.004	63			

a. Tahmin ediciler: Pr_ReferansYapı_Var, SA_Müşteri(%), SA_YGG(%), SA_GTP (%)
b. Bağımlı Değişken: D_SapmaOranı(%)

Çizelge 8.34 modelin uyum iyiliğini gösteren istatistikleri verir. Modelin ilişki katsayısı (R) 0.884'tür. Bu dört bozucu etmenle projelerin toplam sapma oranları arasında %88.4'lük kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki vardır. Tablodaki düzeltilmiş

R kare değeri 0.767'dir. Dört bozucu etmen, modeldeki dönüştürülmüş süre sapma oranlarındaki değişkenliğin %76.7'sini açıklar. Modelde tahminin standart hatası 1.493'tür.

Çizelge 8.34 : Model 3'ün anlamlılık sınaması.

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Std. Hatası	DW
3	0.884	0.782	0.767	1.49334	2.193

Çizelge 8.35, referans yapıların kullanılma durumuna göre süre sapma oranlarının regresyon katsayılarını verir. Buna göre oluşturulan denklem Formül 8.5'te verilmiştir. Çizelge 8.35'te verilen SA_YGG(%), SA_Müşteri(%) ve SA_GTP(%) değişkenleri sırasıyla YGG(%), Müşteri(%) ve GTP(%) şeklinde kısaltılmıştır.

Çizelge 8.35 : Model 3'ün regresyon katsayıları.

	Standartlaştırılmamış Kats.		Std. Kats.			Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
Model	B	Std. Hata	Beta	t	Anl.	Tolerans	VIF
3 (Sabit)	5.673	0.356		15.921	.000		
SA_YGG(%)	0.071	0.009	0.525	8.287	.000	.922	1.085
SA_GTP(%)	0.056	0.008	0.456	6.947	.000	.855	1.169
SA_Müşteri(%)	0.061	0.010	0.371	6.024	.000	.972	1.029
Pr_ReferansYapı	-1.092	0.384	-.178	-2.845	.006	.946	1.057

Çizelge 8.35'e göre oluşturulan sapma oranları regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{aligned} &5.673 + 0.071 \times YGG(\%) + 0.056 \times GTP(\%) + \\ &0.061 \times Müşteri(\%) - 1.092 \times Pr_ReferansYapı \end{aligned} \quad \textbf{(8.5)}$$

Projeler herhangi bir ürünü ya da yapıyı referans almadan ürün geliştirdiklerinde Pr_ReferansYapı gölge değişkeni sıfır değerini alır. Bu durumda denklem şöyle olur:

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{aligned} &5.673 + 0.071 \times YGG(\%) + 0.056 \times GTP(\%) + \\ &0.061 \times Müşteri\ (\%) \end{aligned} \quad \textbf{(8.5a)}$$

Projeler belli bir ürünü ya da yapıyı referans alarak ürün geliştirdikleri takdirde Pr_ReferansYapı gölge değişkeni bir değerini alır. Bu durumda denklem aşağıdaki şekle dönüşür. Yeni denklemde sabit, 4.581 olur.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{array}{c} (5.673 - 1.092) + 0.071 \times YGG(\%) + \\ 0.056 \times GTP(\%) + 0.061 \times Müşteri(\%) \end{array} \quad \textbf{(8.5b)}$$

Yeni gelen gereksinimlerden, genel teknik özelliklerden ve müşterilerden gelen sapmalar sabitken, referans yapıları ya da ürünleri kullanan ve kullanmayan projeler arasında, dönüştürülmüş süre sapma oranları bakımından 1.092 değerinde bir fark vardır.

YGG (%) = GT (%) = Müşteri (%) =0 iken, herhangi bir ürünü ya da yapıyı referans almadan ürün geliştiren projelerde toplam süre sapma oranı yaklaşık %32'dir. Bu sapma, gereksinimlerin anlaşılamaması ve satın alma problemleri gibi modele girmeyen etmenlerden kaynaklanır. Belli bir yapıyı ya da ürünü referans alarak ürün geliştiren projelerde toplam sapma oranı yaklaşık %20.98'e düşer. Referans alınan yapılar ya da ürünler gereksinimlerin anlaşılamaması ve satın alma problemleri gibi etmenleri etkileyerek süre sapma oranlarında azalmaya neden olur.

8.6.2.2 Model 3'ün doğrulanması

Oluşturulan regresyon modeli katsayıların anlamlılığı, bağımsızlık, hataların dağılımı, hataların ardışık bağımlılığı ve varyansların sabitliği varsayımlarına göre sınanır.

Katsayıların Anlamlılığı: Çizelge 8.35 modeldeki her bir bağımsız değişkenin etkisini değerlendirir. Bağımsız değişkenlerin t testi sınama sonuçları incelendiğinde katsayıların anlamlılığı değerlerinin sıfır ya da 0.05'ten oldukça küçük olduğu görülür. Değişkenlerin anlamlılık değerleri $p<0.05$ olduğundan katsayılar anlamlıdır.

Çoklu Bağlantı: Çizelge 8.35 modeldeki her bir bağımsız değişkenin tolerans ve VIF değerlerini gösterir. Değişkenlerin tolerans değerleri sıfırdan oldukça uzak, bire çok yakın değerlerdir. VIF değerleri ise 5'in çok altında, bire yakın değerlerdir.

Çizelge 8.36 modelin çoklu doğrusal bağlantı değerlerini gösterir. Çizelge 8.36'da verilen özdeğerler sıfıra çok yakın değerler değildir. Değişkenlerin koşul durumları ise en fazla 3.883 olur. Model 3'teki koşul durumları beşten küçük değerlerdir. Sonuç olarak hesaplanan tolerans, VIF, özdeğerler ve koşul durumları geliştirilen modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi olmadığını gösterir.

Çizelge 8.36 : Model-3'ün çoklu doğrusal bağlantı tablosu.

Model	Boyut	Özdeğerler	CI	Varyans Oranları (Sabit)	YGG (%)	GTP (%)	Müşteri (%)	Pr_Referans Yapı
3	1	2.795	1.000	.03	.04	.04	.03	.03
	2	0.894	1.768	.00	.06	.17	.48	.04
	3	0.662	2.055	.01	.08	.04	.37	.39
	4	0.464	2.456	.02	.80	.37	.02	.01
	5	0.185	3.883	.94	.01	.38	.10	.54

Regresyon Hataları: Çizelge 8.34, DW istatistiğini 2.193 olarak verir. $d > d_U$ olduğundan sıfır önsavı kabul edilir. Buna göre, hata terimlerinde ardışık bağımlılık yoktur.

Çizelge 8.37 standartlaştırılmış regresyon hatalarının normallik sınama sonuçlarını özetler. Kolmogorov-Smirnov sınama sonucunun anlamlılık değeri 0.05'ten büyüktür. Shapiro-Wilk sınamasında bu değer 0.027 seviyesinde kalmıştır. Buna göre, standartlaştırılmış hata dağılımlarının normal ya da normale çok yakın olduğu söylenebilir.

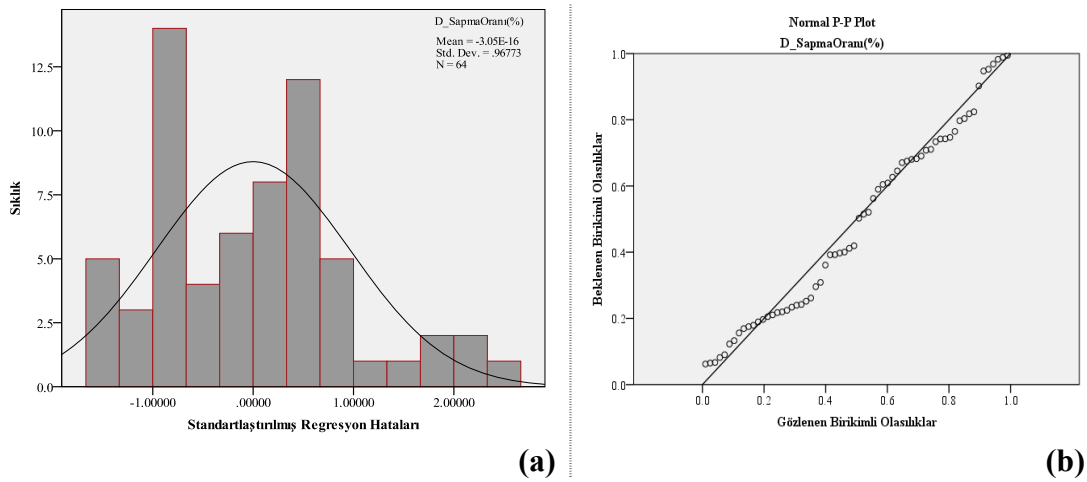
Çizelge 8.37 : Model 3 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Standartlaştırılmış Hatalar	0.105	64	0.079	0.957	64	0.027

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

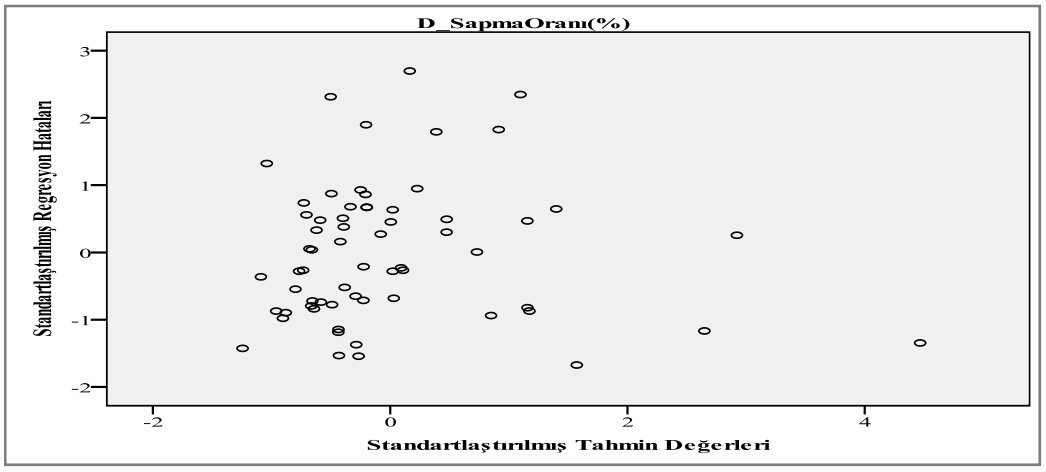
Referans yapılara göre oluşturulan regresyon denklemindeki standartlaştırılmış hatalarının dağılımı ve birikimli olasılıkların karşılaştırılması, Şekil 8.12'de verilmiştir. Şekil 8.12a hata terimlerinin dağılımını; Şekil 8.12b gözlenen ve beklenen birikimli olasılıkların ilişkini gösterir. Buna göre gözlenen ve beklenen birikimli olasılıklar birbirine yakın gider.

Şekil 8.13 tahmin değerleriyle standartlaştırılmış hatalar arasındaki dağılımı verir. Korelasyon analizi sonuçları ve Şekil 8.13, standartlaştırılmış tahmin değerleriyle hata terimleri arasında doğrusal bir ilişki olmadığını gösterir.



Şekil 8.12 : Model 3'ün standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık.

Sabit Varyans: Hata ve tahmin değerleri arasındaki dağılımın rastgele olması beklenir. Breusch Pagan sınaması anlamlılık değerini 0.05'ten oldukça büyük bulur (ki-kare= 0.333 ve p= 0.564). Böylece sıfır önsavı %5 anlamlılık düzeyinde kabul edilir. Buna göre hata terimlerinin varyansı bütün örneklem için sabittir.



Şekil 8.13 : Model 3'ün tahmin hata karşılaştırması.

8.6.3 Model 4-Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi

8.6.3.1 Model oluşturma

Dördüncü regresyon modelinde proje yöneticisinin yönetim tecrübesi gölge değişken olarak seçilir. Bu denklem gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve müşteri problemleri etmenlerini bağımsız değişken olarak kullanır. Çizelge 8.38 modelin uyum iyiliğini gösteren istatistikleri verir. Modelin ilişki katsayısı 0.961'dir. Modeldeki üç bozucu etmenin sapma değerleriyle projenin toplam süre sapma değerleri arasında %96.1'lik kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki

vardır. Tablodaki düzeltilmiş R kare değeri 0.916'dır. Modeldeki süre sapma oranlarındaki değişiklik, bu dört bozucu etmeninin sapma değerleri ve proje yöneticisinin yönetim tecrübesi tarafından %91.6 oranında açıklanır. Modelde tahminin standart hatası 0.89717'dir.

Çizelge 8.38 : Model 4'ün anlamlılık sınaması.

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Std. Hatası	DW
4	0.961	0.923	0.916	0.89717	2.283

Oluşturulan regresyon modelinin anlamlılığını gösteren Anova değerleri, Çizelge 8.39'da verilmiştir. Modelin F oranı 138.479 ve anlamlılık değeri sıfırdır. Buna göre kurulan doğrusal regresyon modeli anlamlıdır.

Çizelge 8.39 : Model 4'ün Anova tablosu.

Model		Kareler Toplamları	Serbestlik Dereceleri	Kareler Ortalamaları	F Oranı	Anl.
4	Regresyon	557.318	5	111.464	138.479	.000
	Hatalar	46.685	58	0.805		
	Toplam	604.004	63			

Çizelge 8.40 dördüncü modelin regresyon katsayılarını verir. Bu dört etmenin standartlaştırılmamış katsayıları birbirine oldukça yakındır. Kestirim modelindeki en yüksek katsayı müşteri problemleri etmenine aittir. Bunu gereksinimlerin anlaşılamaması ve genel teknik problemler etmenleri izler. Bu iki etmenin katsayıları aynıdır. Yeni gelen gereksinimler modelin en düşük katsayısına sahiptir. Regresyon modelinde proje yöneticisinin yönetim tecrübesi dönüştürülmüş süre sapma oranlarını -0.967 mertebesinde etkiler.

Çizelge 8.40 : Model 4'ün regresyon katsayıları.

		Standartlaştırılmamış Kats.		Std. Kats.			Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
Model		B	Std. Hata	Beta	t	Anl.	Tolerans	VIF
4	(Sabit)	5.253	0.225		23.339	.000		
	SA_GA(%)	0.048	0.005	0.418	10.052	.000	0.771	1.297
	SA_YGG (%)	0.045	0.006	0.331	7.973	.000	0.772	1.295
	SA_GTP(%)	0.048	0.005	0.392	9.871	.000	0.845	1.184
	SA_Müşteri(%)	0.049	0.006	0.299	7.919	.000	0.935	1.069
	PY_Yetkinlik_K	-0.967	0.250	-0.152	-3.862	.000	0.857	1.167

Formül 8.6 regresyon katsayılarına göre oluşturulan denklemi verir. Bu denklemdeki SA_GA(%), SA_YGG(%), SA_GTP(%) ve SA_Müşteri(%) değişkenleri sırasıyla GA(%), YGG(%), GTP(%) ve Müşteri(%) şeklinde kısaltılmıştır.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{array}{c} 5.253 + 0.048 \times GA(\%) + 0.045 \times YGG(\%) + \\ 0.048 \times GTP(\%) + 0.049 \times Müşteri(\%) - \\ 0.967 \times PY_Yetkinlik_K \end{array} \quad \textbf{(8.6)}$$

Proje yönetimi tecrübesi olmayan yahut az, orta ya da iyi düzeyde olan proje yöneticilerinin yönettiği projelerde PY_Yetkinlik_K gölge değişkeni sıfır değerini alır. Bu durumda denklem Formül 8.6a'daki gibi olur.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{array}{c} 5.253 + 0.048 \times GA(\%) + 0.045 \times YGG(\%) \\ + 0.048 \times GTP(\%) + 0.049 \times Müşteri(\%) \end{array} \quad \textbf{(8.6a)}$$

Projeler, yönetim deneyimi çok iyi olan proje yöneticileri tarafından yönetildiğinde PY_Yetkinlik_K gölge değişkeni bir değerini alır. Bu durumda denklem Formül 8.6b'ye dönüşür. Yeni denklemde sabit, 4.286 olur.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{array}{c} (5.253 - 0.967) + 0.048 \times GA(\%) + \\ 0.045 \times YGG(\%) + 0.048 \times GTP(\%) + \\ 0.049 \times Müşteri(\%) \end{array} \quad \textbf{(8.6b)}$$

Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve müşteri problemleri etmenleri aynı oranlarda saparken, profesyonel yöneticiler tarafından yönetilen projelerle diğerleri arasında, dönüştürülmüş süre sapma oranları bakımından, 0.967 değerinde bir fark vardır. GA(%)= YGG (%) = GTP (%) = Müşteri (%) = 0 iken, yönetim tecrübesi çok iyi olan yöneticilerin yönettiği projelerde toplam süre sapma oranı yaklaşık %18.37'dir. Proje yöneticilerinin yönetim tecrübesi çok iyi değilse, projeler planlanan süreden yaklaşık %27.59 oranında sapar.

8.6.3.2 Model doğrulama

Oluşturulan regresyon modeli katsayıların anlamlılığı, bağımsızlık, hataların dağılımı, hataların ardışık bağımlılığı ve varyansların sabitliği varsayımlarına göre sınanır.

Katsayıların Anlamlılığı: Çizelge 8.40'a göre regresyon katsayıları anlamlıdır. Bağımsız değişkenlerin t testi sonuçlarına göre katsayıların anlamlılığı ya sıfır ya da 0.05'ten küçüktür.

Çoklu Bağlantı: Çizelge 8.40 modeldeki her bir bağımsız değişkenin tolerans ve VIF değerlerini gösterir. Değişkenlerin tolerans değerleri sıfırdan oldukça uzaktır. VIF değerleri ise beşin altında, bire yakın değerlerdir.

Çizelge 8.41, dördüncü modelin ürettiği özdeğerleri ve koşul durumlarını verir. Özdeğer tablosundaki değerler sıfıra yakın değildir. Bu modelin koşul durumları dörtten küçüktür. Değişkenlerin koşul durumları en fazla 4.263 olur.

Hesaplanan tolerans, VIF, özdeğerler ve koşul durumlarına göre geliştirilen modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmaz.

Çizelge 8.41 : Model-4'ün çoklu doğrusal bağlantı tablosu.

				Varyans Oranları					
M	B	Özdeğer	CI	(Sabit)	SA_GA (%)	SA_YGG (%)	SA_GTP (%)	SA_Müşteri(%)	PY_Yetkinlik_K
4	1	3.144	1.000	.02	.03	.03	.03	.02	.01
	2	0.997	1.776	.02	.05	.07	.03	.02	.34
	3	0.858	1.915	.00	.00	.00	.08	.71	.04
	4	0.454	2.633	.00	.11	.27	.64	.09	.05
	5	0.375	2.895	.00	.77	.55	.00	.02	.00
	6	0.173	4.263	.96	.03	.08	.23	.16	.56

Regresyon Hataları: Çizelge 8.38 DW istatistiğini 2.283 olarak verir. $d > d_U$ olduğundan sıfır önsavı kabul edilir. Buna göre hata terimlerinde ardışık bağımlılık yoktur.

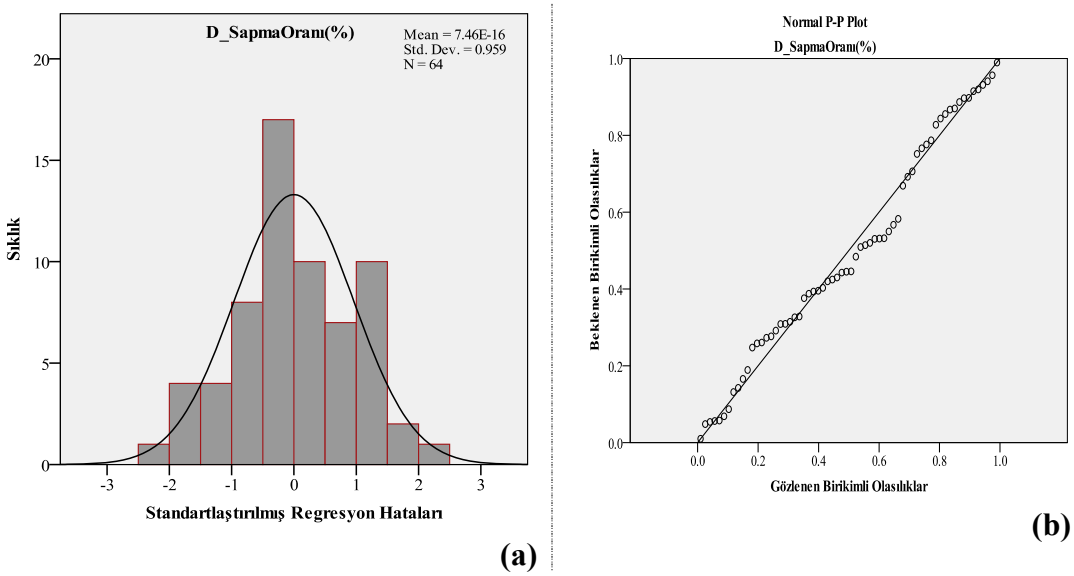
Çizelge 8.42 standartlaştırılmış regresyon hatalarının normallik sınaması sonuçlarını özetler. Sınama sonuçlarının anlamlılık değeri 0.05'ten büyüktür. Buna göre, standartlaştırılmış hatalar normal dağılır.

Çizelge 8.42 : Model 4 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Standartlaştırılmış Hatalar	0.092	64	0.200	0.985	64	0.612

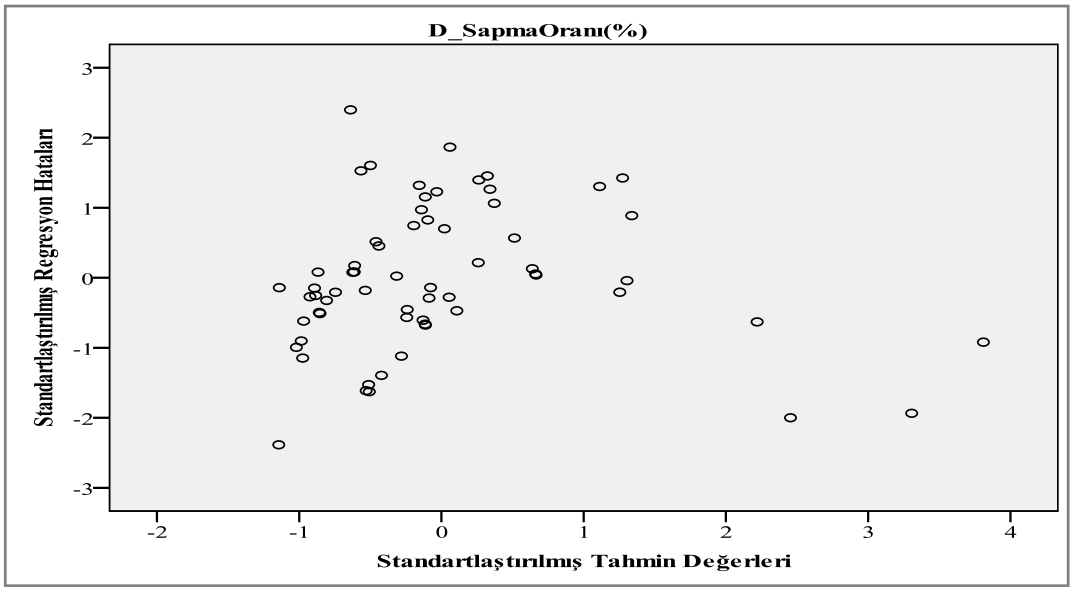
a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

Proje yönetimi tecrübesine göre oluşturulan regresyon denklemindeki standartlaştırılmış hatalarının dağılımı ve birikimli olasılıkların karşılaştırılması, Şekil 8.14'te verilmiştir. Şekil 8.14a hata terimlerinin dağılımını; Şekil 8.14b gözlenen ve beklenen birikimli olasılıkların ilişkini gösterir. Buna göre gözlenen ve beklenen birikimli olasılıklar birbirine oldukça yakın gider.



Şekil 8.14 : Model 4'ün standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık.

Şekil 8.15 tahmin değerleriyle standartlaştırılmış hatalar arasındaki dağılımı verir. Korelasyon analizi sonuçları ve Şekil 8.15, standartlaştırılmış tahmin değerleriyle hata terimleri arasında doğrusal bir ilişki olmadığını gösterir.



Şekil 8.15 : Model 4'ün tahmin hata karşılaştırması.

Sabit Varyans: Breusch Pagan sınama sonucuna göre hata terimlerinin varyansı bütün örneklem için sabittir (ki-kare= 0.042 ve p= 0.837). Bu sınamada anlamlılık değeri 0.05'ten oldukça büyük bulunmuştur. Şekil 8.15 hata ve tahmin değerleri arasındaki dağılımın rastgele olduğunu gösterir.

8.6.4 Model 5- Proje ön hazırlık çalışmaları

8.6.4.1 Model oluşturma

Beşinci regresyon modelinde proje ön hazırlık çalışmaları gölge değişken olarak kullanılır. Model oluşturulmadan önce ekip elemanlarının etkinlik düzeyleri ile dönüştürülmüş süre sapma oranları arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığı incelenmiş, ekibin alan uzmanlığı değişkeninde bu ilişkinin varlığı ortaya çıkmıştır. Buna göre, projeden önce ilgili alanda benzer çalışmaları yapmış ve bunları sonlandırmış elemanların oranı ile dönüştürülmüş süre sapma oranı arasında negatif yönde, 0.378 şiddetinde doğrusal bir ilişki mevcuttur (p=0.002).

Oluşturulan yeni regresyon modelinde yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, müşteri problemleri ve proje ekibinin alan uzmanlığı etmenleri bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Çizelge 8.43 bu modelin uyum iyiliğini gösteren istatistikleri verir.

Modelin ilişki katsayısı 0.902'dir. Modeldeki üç bozucu etmenin sapma değerleriyle projenin toplam süre sapma değerleri arasında %90.2'lik kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki vardır. Tablodaki düzeltilmiş R kare değeri 0.798'dır. Modeldeki süre sapma oranlarındaki değişkenlik, bu üç bozucu etmeninin sapma oranları, ekibin alan uzmanlığı ve ön hazırlık çalışmalarının durumu tarafından %79.8 oranında açıklanır. Modelde tahminin standart hatası 1.39061'dir.

Çizelge 8.43 : Model 5'in anlamlılık sınaması.

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Tahminin Std. Hatası	DW
5	0.902	0.814	0.798	1.39061	2.203

Oluşturulan regresyon modelinin anlamlılığını gösteren Anova değerleri, Çizelge 8.44'te verilmiştir. Modelin F oranı 50.868 ve anlamlılık değeri sıfırdır. Buna göre kurulan doğrusal regresyon modeli anlamlıdır.

Çizelge 8.44 : Model 5'in Anova tablosu.

Model		Kareler Toplamları	Serbestlik Dereceleri	Kareler Ortalamaları	F Oranı	Anl.
5	Regresyon	491.843	5	98.369	50.868	.000
	Hatalar	112.161	58	1.934		
	Toplam	604.004	63			

Çizelge 8.45 bu modelin regresyon katsayılarını verir. Kestirim modelindeki en yüksek standartlaştırılmamış katsayı, müşteri problemleri etmenine aittir. Bunu yeni gelen gereksinimlerin ve genel teknik problemlerin süre sapma oranları takip eder. Proje ekibinin alan uzmanlığı en düşük regresyon katsayısına sahiptir. Bu değişkene ait katsayının anlamlılığı 0.053'tür. Bu değer kabul edilen 0.05 anlamlılık düzeyine oldukça yakın bir değerdir. Bu nedenle, proje ekibinin alan uzmanlığı regresyon modelinden çıkarılmamıştır.

Çizelge 8.45 : Model 5'in regresyon katsayıları.

		Standartlaştırılmamış Kats.		Std. Kats.			Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
Model		B	Std. Hata	Beta	t	Anl.	Tolerans	VIF
5	(Sabit)	6.254	0.388		16.104	.000		
	SA_YGG(%)	0.059	0.009	0.437	6.864	.000	0.788	1.268
	SA_GTP(%)	0.056	0.007	0.461	7.610	.000	0.874	1.145
	SA_Müşteri(%)	0.060	0.010	0.363	6.123	.000	0.913	1.095
	EkipYetkin_Alan	-0.010	0.005	-0.128	-1.978	.053	0.764	1.309
	Pr_ÖnHazırlık	-1.256	0.388	-0.199	-3.235	.002	0.842	1.188

Formül 8.7 regresyon katsayılarına göre oluşturulan denklemi verir. Bu denklemdeki SA_YGG(%), SA_GTP(%) ve SA_Müşteri(%) değişkenleri sırasıyla YGG(%), GTP(%) ve Müşteri(%) şeklinde kısaltılmıştır.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{aligned} &6.254 + 0.059 \times YGG(\%) + 0.056 \times GTP(\%) + \\ &0.060 \times Müşteri(\%) - 0.010 \times \\ &EkipYetkin_Alan - 1.256 \times Pr_ÖnHazırlık \end{aligned} \quad \textbf{(8.7)}$$

Proje başlamadan önce hazırlık çalışmalarını sistematik bir şekilde yürütmeyen projelerde Pr_ÖnHazırlık gölge değişkeni sıfır değerini alır. Bu durumda denklem Formül 8.7a'daki gibi olur.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{array}{c} 6.254 + 0.059\times YGG(\%) + \\ 0.056\times GTP(\%) + 0.060\times Müşteri(\%) - \\ 0.010\times EkipYetkin_Alan \end{array} \quad \textbf{(8.7a)}$$

Proje başlamadan önce hazırlık çalışmalarını sistematik bir şekilde yürüten projelerde Pr_ÖnHazırlık gölge değişkeni bir değerini alır. Bu durumda denklem Formül 8.7b'ye dönüşür. Yeni denklemde sabit, 4.998 olur.

$$D_SapmaOranı(\%) = \begin{array}{c} (6.254 - 1.256) + 0.059\times YGG\ (\%) + \\ 0.056\times GTP(\%) + 0.060\times Müşteri(\%) - \\ 0.010\times EkipYetkin_Alan \end{array} \quad \textbf{(8.7b)}$$

Yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve müşteri problemleri aynı oranlarda saparken ve proje ekibinin alan uzmanlığı aynı iken, ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerle yürütmeyenler arasında, dönüştürülmüş süre sapma oranları bakımından 4.998 değerinde bir fark vardır.

GA(%)= YGG (%) = GTP (%) = Müşteri (%) = EkipYetkin_Alan = 0 iken, ön hazırlık çalışmalarının yürütülmediği projelerde toplam süre sapma oranı yaklaşık %39.11'dir. Buna göre proje ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projeler gereksinimlerin anlaşılamaması, satın alma problemleri ve insan kaynakları problemleri gibi sıkıntılarında etkisiyle, proje planlarından yaklaşık %39.11 oranında sapar. Sistematik bir şekilde ön hazırlık çalışmaları yürütülürse projeler planlanan süreden yaklaşık %24.98 oranında sapar.

Proje başlangıcında proje ekibindeki elemanların tümü alan uzmanlığına sahipse EkipYetkin_Alan değeri %100 olur. Buna göre GA(%)= YGG (%) = GTP (%) = Müşteri (%) = 0 ve EkipYetkin_Alan = %100 iken, ön hazırlık çalışmalarının yürütülmediği projelerde toplam süre sapma oranı yaklaşık %27.60'dır. Diğer bozucu etmenlerin etkisiyle projeler planlanan süreden yaklaşık %27.60 oranında sapar. Ön hazırlık çalışmalarının yürütüldüğü projelerde bu değer yaklaşık %15.98'e iner. Proje ön hazırlık çalışmaları gereksinimlerin anlaşılamaması, satın alma problemleri ve insan kaynakları gibi regresyon denklemine girmeyen etmenlerin etkisini azaltarak toplam süre sapma oranını etkiler.

8.6.4.2 Model doğrulama

Oluşturulan regresyon modeli katsayıların anlamlılığı, bağımsızlık, hataların dağılımı, hataların ardışık bağımlılığı ve varyansların sabitliği varsayımlarına göre sınanır.

Katsayıların anlamlılığı: Çizelge 8.45'e göre tek bir değişken dışında kalan tüm bağımsız değişkenlerin anlamlılığı sıfır ya da 0.05'ten küçüktür. EkipYetkin_Alan değişkenine ait katsayının anlamlılığı ise 0.05'e çok yakındır. Bu nedenle, bu değişkenin katsayısı anlamlı kabul edilir.

Çoklu bağlantı: Çizelge 8.45 modeldeki her bir bağımsız değişkenin tolerans ve VIF değerlerini gösterir. Bütün değişkenlerin tolerans değerleri sıfırdan oldukça uzaktır. Modelin en düşük tolerans değeri, 0.764 değeriyle EkipYetkin_Alan değişkenine aittir.

VIF değerleri beşin çok altında, bire yakın değerlerdir. Modelin en yüksek VIF değeri, 1.309 değeriyle EkipYetkin_Alan değişkenine aittir. Bunu 1.268 değeriyle yeni gelen gereksinimler etmeni takip eder.

Çizelge 8.46, modelin ürettiği özdeğerleri ve koşul durumlarını verir. Özdeğer tablosundaki değerler sıfıra çok yakın değildir. Değişkenlerin koşul durumları en fazla 4.713 olur. Oluşturulan modeldeki koşul durumları beşten küçüktür.

Hesaplanan tolerans, VIF, özdeğerler ve koşul durumları geliştirilen modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi olmadığını gösterir.

Çizelge 8.46 : Model 5'in çoklu doğrusal bağlantı tablosu.

				Varyans Oranları					
M	B	Özdeğer	CI	(Sabit)	SA_YGG (%)	SA_GTP (%)	SA_Müşteri (%)	EkipYetkin_Alan	Pr_ÖnHazırlık
5	1	3.184	1.000	.02	.02	.03	.02	.02	.02
	2	1.046	1.745	.00	.18	.12	.01	.06	.10
	3	0.849	1.936	.00	.00	.03	.68	.00	.09
	4	0.488	2.554	.00	.36	.40	.00	.07	.21
	5	0.289	3.321	.02	.14	.30	.26	.43	.49
	6	0.143	4.713	.96	.29	.12	.02	.41	.09

Regresyon hataları: Çizelge 8.43'e göre DW istatistiği 2.203'tür. $d > d_U$ olduğundan sıfır önsavı kabul edilir. Buna göre, hata terimlerinde ardışık bağımlılık yoktur.

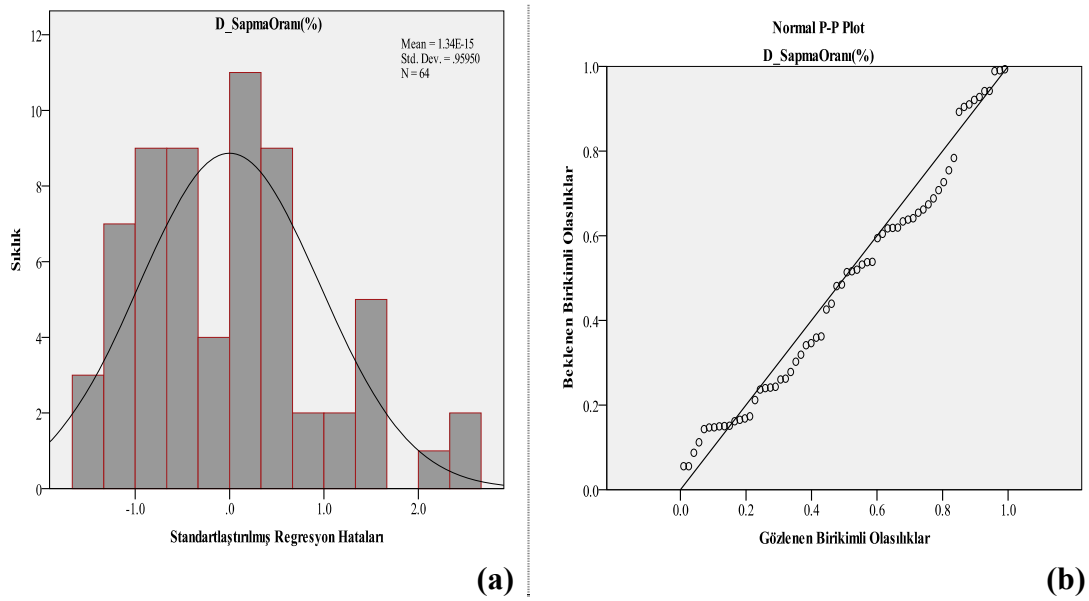
Çizelge 8.47, standartlaştırılmış regresyon hatalarının normallik sınama sonuçlarını özetler. Kolmogorov-Smirnov sınamasında anlamlılık değeri 0.05'ten büyük bulunmuştur. Buna göre, standartlaştırılmış hatalar normal dağılır.

Çizelge 8.47 : Model 5 için standartlaştırılmış hataların normallik sınaması.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Anl.	İstatistik	df	Anl.
Standartlaştırılmış Hatalar	0.086	64	0.200	0.951	64	0.013

a. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi

Ön hazırlık çalışmalarına göre oluşturulan regresyon denklemindeki standartlaştırılmış hatalarının dağılımı ve birikimli olasılıkların karşılaştırılması, Şekil 8.16'da verilmiştir. Şekil 8.16a hata terimlerinin dağılımını; Şekil 8.16b gözlenen ve beklenen birikimli olasılıkların ilişkini gösterir. Buna göre gözlenen ve beklenen birikimli olasılıklar birbirine oldukça yakın gider.

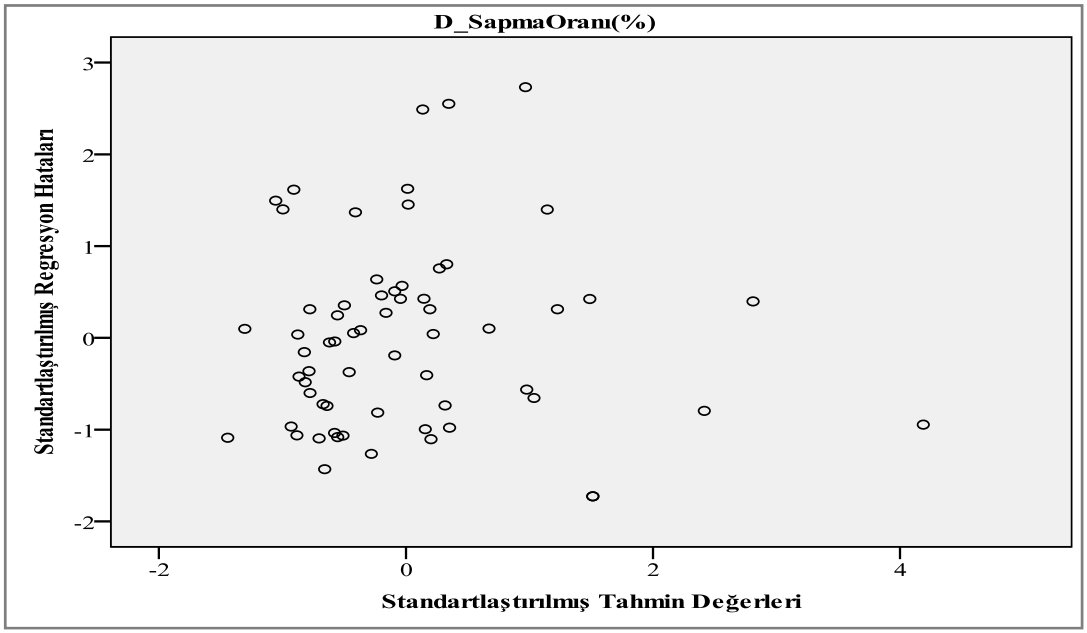


(a) **(b)**

Şekil 8.16 : Model 5'in standartlaştırılmış regresyon hataları (a) histogram (b) olasılık.

Şekil 8.17 tahmin değerleriyle standartlaştırılmış hatalar arasındaki dağılımı verir. Şekil 8.17 hata ve tahmin değerleri arasındaki dağılımın rastgele olduğunu gösterir. Benzer şekilde, Pearson korelasyon analizi sonucuna göre standartlaştırılmış tahmin değerleriyle hata terimleri arasında bir doğrusal bir ilişki mevcut değildir.

Sabit Varyans: Breusch Pagan sınaması anlamlılık değerini 0.05'ten oldukça büyük bulmuştur. Buna göre hata terimlerinin varyansı bütün örneklem için sabittir (ki-kare= 0.533 ve p= 0.465).



Şekil 8.17 : Model 5'in tahmin hata karşılaştırması.

9. KARAR AĞACI YÖNTEMİYLE MODELLEME

9.1 Model Değişkenleri ve Ön Koşullar

Karar ağaçları bir dizi kurala göre sınıf oluşturan, düğümlerden ve dallardan oluşan, hiyerarşik ağaç yapılarıdır. Bu yapılarda karar seçimleri kendilerine ait olasılık değerleriyle birlikte verilir.

Bu bölümde karar ağaçları tekniği kullanılarak süre sapma oranlarını etkileyen etmenler ortaya çıkarılır. Ürün geliştirme sürecini doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler karar modellerinin girdi değişkenleridir. Oluşturulan karar mekanizmalarında kategorik, sıralama ve oran ölçeğinde tanımlanan bu girdi değişkenleri birlikte değerlendirilir. Bu sayede modele giren bir bozucu etmenin proje performansı üzerindeki etkisi (oluşma olasılığı ve neden olduğu sapma değeri) belirlenir.

Bu çalışmada karar mekanizmalarını oluştururken CHAID yöntemi kullanılmıştır. Veri kümesindeki kayıt sayısının azlığı nedeniyle ki-kare istatistiğinde "likelihood ratio" yöntemi tercih edilmiştir. Birleştirme ve ayrıştırmada p anlamlılık değerinin Bonferroni kaysayısıyla düzeltilmiş değeri kullanılır. Anlamlılık düzeyi 0.05'tir. Yürütülen tüm uygulamalarda ağacın en fazla beş seviye inmesine izin verilir. Örneklemdeki verilerin %70'i modelin öğrenmesine ayrılmış, geri kalan %30 ise oluşturulan modelin sınanmasında kullanılmıştır.

Karar mekanizmalarındaki hedef değişkenler kategorik değişkenlere dönüştürülür. Böylece oluşturulan modellerin tahmin hataları ve her bir sınıfın kazanç ve kaldıraç değerleri hesaplanır. Buna göre, sürekli bir değişken olan proje süre sapma oranları üç sınıflı; bozucu etmen sapma oranları ise iki sınıflı kategorik değişkenlere dönüştürülür. Dönüşüm değerleri Çizelge 9.1'de verilmiştir.

Bu doktora çalışmasında karar ağacı mekanizmaları üç adımda oluşturulur. Birinci adımda süre sapma oranları hedef (bağımlı) değişken olarak seçilir. Temel bozucu etmenlerin sapma oranları, dolaylı etmenlerle birlikte, bağımsız değişken olarak modele girilir. İkinci adımda temel bozucu etmenlerin neden olduğu sapmalar hedef

değişkeni yapılır. Proje yöneticisinin yetkinliği, ürün yeniliği, gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ve yeniden kullanım gibi süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler ise bağımsız değişkenler olarak tanımlanır.

Son olarak projelerdeki toplam süre sapma oranları yeniden hedef değişken yapılır. Geliştirme sürecini dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler, bağımsız değişkenler olarak modele girilir.

Çizelge 9.1 : Hedef değişkenlerin tanımı.

Değişken Sınıfları ve Açıklamalar	
SA_SüreOran_K31	• Kategori-1: Sapma olmayan ya da sapma oranları %15'in altında kalan projeler • Kategori-2: Süre sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projeler (%15 dâhil) • Kategori-3. Süre sapma oranları %50 ve üzerinde olan projeler
SA_GAOranK2	• Kategori-1: GA nedeniyle sapmayan ya da süre sapma oranları %10 ve altında olan projeler • Kategori-2: GA nedeniyle sapan ve süre sapma oranları %10'dan fazla olan projeler
SA_GenelTeknik_K2	• Kategori-1: GTP nedeniyle sapmayan ya da sapma değerleri %10 ve altında olan projeler • Kategori-2: GTP nedeniyle sapan ve süre sapma oranları %10'dan fazla olan projeler
SA_YGGOran_K2	• Kategori 1: YGG nedeniyle sapmayan projeler • Kategori 2: YGG nedeniyle sapan projeler

9.2 Temel Bozucu Etmenlere Göre Süre Sapma Modelleri

Bu bölümde ürün geliştirme sürecinde sapmaya neden olan temel bozucu etmenler, diğer unsurlarla birlikte, girdi parametresi olarak modele verilir. Model gereksinimlerinin anlaşılamaması, genel teknik problemlerin oluşması ve yeni gereksinimlerin gelmesi gibi etmenleri bağımsız değişken, proje sürelerindeki sapma oranlarını ise bağımlı değişken olarak değerlendirir.

Proje sürelerindeki sapma oranları SA_SüreOran_K31 değişkeniyle gösterilir. Geliştirilen modelde tahmin edilen süre sapma oranları ise $R-SA_SüreOran_K31 değişkeninde saklanır.

9.2.1 Gereksinimlerin anlaşılamamasına göre süre sapma modeli

9.2.1.1 Karar modelini oluşturma

Bu aşamada ürün gereksinimlerinin anlaşılamaması, genel teknik problemler, müşteri kaynaklı sıkıntılar gibi temel bozucu etmenler geliştirme sürecini etkileyen diğer unsurlarla birlikte değerlendirilir. Modele verilen girdi parametreleri Çizelge 9.2'de tanımlanmıştır.

Modelleme aracında SA_SüreOran_K31 değişkeni hedef değişken, Çizelge 9.2'de verilen parametreler ise girdi değişkenleri olarak seçilir.

Çizelge 9.2 : Model 1'in girdi parametreleri.

Süreci Doğrudan Etkileyen Etmenler
GA kaynaklı sıkıntılar ve sapmalar (SI_GerekAnlaşılamaması ve SA_GA(%))
GTP kaynaklı sıkıntılar ve sapmalar (SI_GenelTeknik ve SA_GenelTeknik_Oran)
Müşteri kaynaklı sıkıntılar ve sapmalar (SI_MüşteridenGelenve SA_Müsteri(%))
Satın alma kaynaklı sıkıntılar ve sapmalar (SI_SAlma ve SA_SAlma(%))
Alt yüklenicilerden ya da ortaklardan gelen sıkıntılar ve sapmalar (SI_AYPO ve SA_AYPO(%))
Süreci Dolaylı Bir Şekilde Etkileyen Etmenler
Projenin Ar-Ge düzeyi (Pr_ArGe)
Ürünün yenilik düzeyi (Pr_Yenilik)
Proje öncesinde yürütülen çalışmalar (Pr_ÖncesiÇalışma)
Referans yapılar (Pr_ReferansYapı)
Yeniden kullanılan ürünler ya da yapılar (Pr_YenidenKullanım)
Ürünün niteliği (ProjeNiteliği)

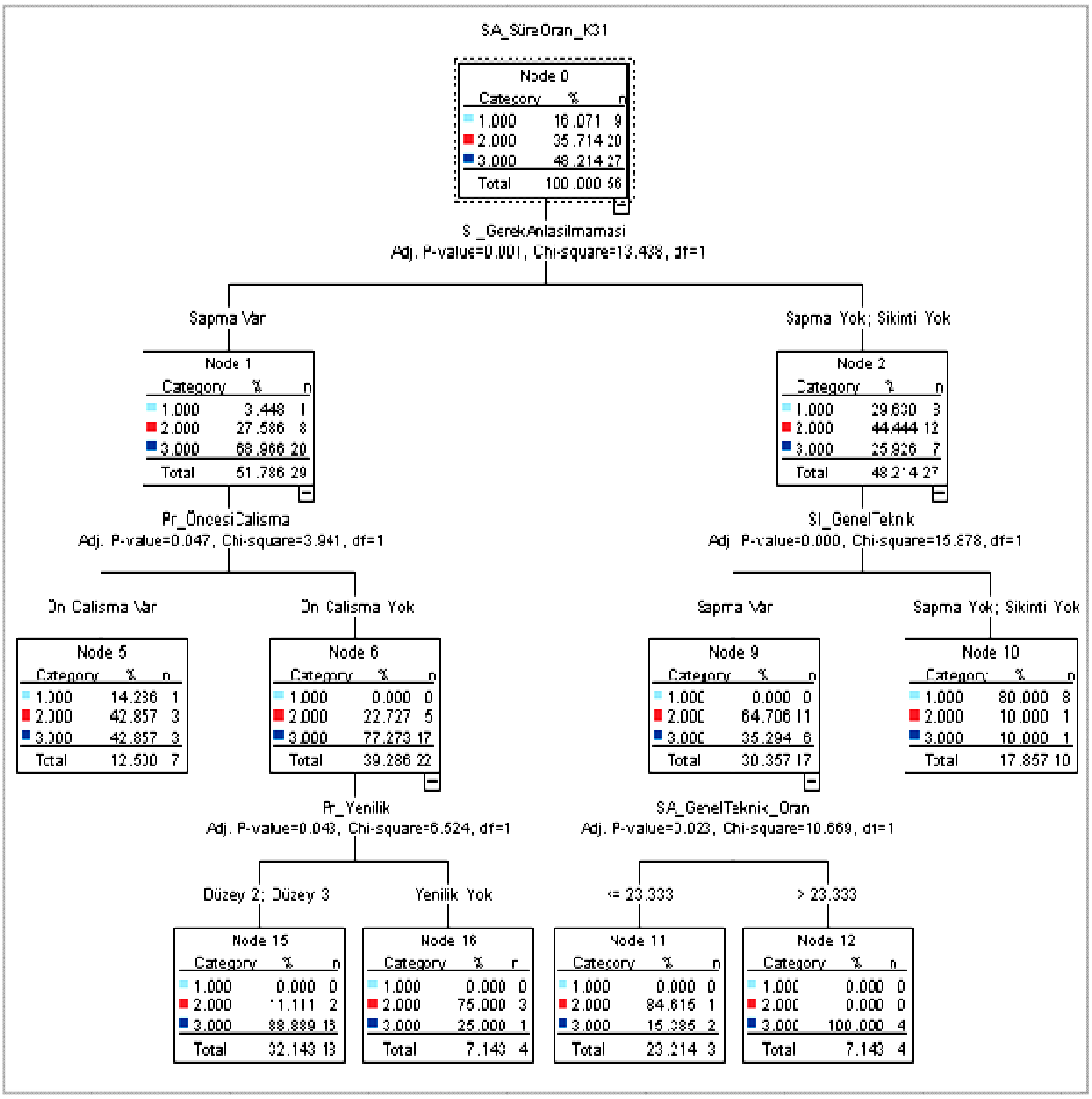
Model oluşturma aşamasında yeni gelen gereksinimlerin yarattığı sıkıntılar, proje ekibinin ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri, ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumları dışarıda bırakılmıştır.

IBM SPSS Modeler 14.1 modelleme aracında hedef ve girdi parametreleri seçilmiş, Bölüm 9.1'de verilen çalışma koşulları tanımlanarak araç çalıştırılmıştır. Elde edilen karar modeli Şekil 9.1'de verilmiştir.

9.2.1.2 Karar modelini değerlendirme

Oluşturulan karar ağacı yapısında ilk olarak, gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle ortaya çıkan sıkıntılar incelenir. Gereksinimlerin anlaşılamaması durumu üç şekilde değerlendirilir: Sıkıntı olmama durumu, sıkıntıların sapmaya neden

olmama durumu ve sıkıntıların sapma yaratma durumu. Ağaç, gereksinimlerin anlaşılamaması değişkenini ilk ayrışma durumu olarak belirler. Ürün gereksinimlerinin analizi esnasında sıkıntı yaşamayan ya da sıkıntıların sapmaya dönüşmediği projeler tek bir düğüm altında toplanır. Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan süre sapma durumları ise diğer düğümde tek başına değerlendirilir.



Şekil 9.1 : Karar modeli 1-GA'ya göre süre sapmaları.

Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle geciken projelerde sapma oranları oldukça yüksektir. Bu gruptaki projelerde sapma değerlerinin çok yüksek (%50 ve üzerinde) olması muhtemeldir. Öyle ki, projelerin yaklaşık %69'unda süre sapma oranları %50 ve üzerindedir. Yine bu grupta yer alan projelerin %27.6'sında sapma oranları %15 ile %50 arasında kalmaktadır. Burada projelerin sapmama ya da sapma oranlarının %15'ten az olma olasılığı oldukça düşüktür.

Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle geciken projelerde proje öncesinde yürütülen çalışmaların önemi büyüktür. Proje başlamadan önce ekip ciddi bir hazırlık çalışması yürütmüşse süre sapma oranlarının yüksek olma olasılığı azalır. Öyle ki, proje başlamadan önce hazırlık çalışmalarını yürüten projelerde, sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı yaklaşık %43'tür. Diğer taraftan, ön çalışma yapmayan projelerde bu oran %77'lere çıkar.

Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle geciken ve ön hazırlık çalışması yürütmeyen projelerde, geliştirilen ürünün yenilik özelliği ön plana çıkar. Eğer geliştirilen üründe yenilik yoksa sapma oranlarının yüksek olma ihtimali düşer. Diğer taraftan üründe yenilik özelliği varsa, gecikme oranının %50 ve üzerinde olma olasılığı yaklaşık %89 olur.

Gereksinim analizi esnasında sıkıntı yaşamayan ya da sapmaya neden olmayacak sıkıntıları yaşayan projelerde teknik sıkıntılar ön plana çıkar. Bu grupta yer alan projelerin gecikme miktarlarını ve olasılıklarını teknik sıkıntılar belirler. Gereksinimleri anlamada ve teknik konuları yerine getirmede sıkıntı yaşamayan projelerde süre sapma oranlarının yüksek olma ihtimali oldukça düşüktür. Bu grupta yer alan projelerin %80'inde ya gecikme olmamakta ya da gecikme planlanan sürenin %15'ini aşmamaktadır. Diğer taraftan teknik nedenlerden dolayı geciken projelerin yaklaşık %35.3'ünde süre sapma oranları oldukça yüksektir. Bu gruptaki projelerin %64.7'sinde toplam süre sapma oranları,%15 ile %50 arasında kalır.

Son olarak, teknik nedenlerden dolayı planlanan süreden yaklaşık %23.3 ve üstünde sapan projelerin tamamında toplam süre sapma oranı %50 ve üzerindedir. Bu gruptaki projeler, diğer etmenlerinde etkisiyle, yüksek miktarda gecikmektedir. Öte yandan, teknik nedenlerden dolayı %23.3'ten daha düşük bir oranda sapan projelerin yaklaşık %85'inde toplam süre sapma oranı %15 ile %50 arasındadır. Bu gruptaki projelerin yaklaşık %15'i, diğer etmenlerinde etkisiyle, %50 ve üzerinde sapar.

9.2.1.3 Modelin doğrulanması

Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması:

Eğitim verileri kullanılarak oluşturulan model test verileriyle sınanmış, modelin tahmin ve gerçek değerleri Çizelge 9.3'te karşılaştırılmıştır. Eğitim veri kümesinde modelin doğru tahmin üretme oranı %80.36 iken test veri kümesinde bu değer %68.42'ye iner.

Çizelge 9.3 : Karar modeli 1-genel karşılaştırma.

$R-SA_SüreOran_K31 ile SA_SüreOran_K31				
Bölümler	**Eğitim Veri Kümesi**		**Test Veri Kümesi**	
Doğru Tahmin	45	%80.36	13	%68.42
Hatalı Tahmin	11	%19.64	6	%31.58
Toplam	56		19	

Eğitim ve test veri kümelerinde süre sapma kategorileri arasındaki etkileşim Çizelge 9.4'te verilmiştir. Bu çizelge, eğitim veri kümesinde, süre sapma oranları %15 ile %50 arasında kalan projelerin düşük yüzdeyle de olsa diğer kategorilerde tahmin edilebileceği gösterir. Benzer şekilde, üçüncü kategoride yer alan projeler diğer kategorilerde tahmin edilebilmektedir. Bu durum hem eğitim hem de test veri kümesinde tespit edilmiştir. Model, sapma oranları %50 ve üzerinde olan projeleri daha düşük sapma oranlarıyla tahmin edebilmektedir.

Çizelge 9.4 : Karar modeli 1-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri			
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	8	1	0
	Kategori 2	1	17	2
	Kategori 3	1	6	20
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	3	0	0
	Kategori 2	0	4	0
	Kategori 3	2	4	6

Çizelge 9.5 tüm örneklemde modelin ürettiği tahmin değerlerini gerçek değerlerle karşılaştırır. Buna göre, sapma olmayan ya da sapma oranlarının %15'ten az olduğu projelerde doğru tahmin oranı yaklaşık %91.67'dir. Model ikinci kategorideki projeleri %87.5 oranında doğru tahmin eder. Bu kategorideki projeler yaklaşık %4.17'lik bir oranla birinci kategoride tahmin edilir. Sapma oranları %50 ve üzerinde olan projelerde doğru tahmin oranı yaklaşık %66.67'dir. Bu değer diğer kategorilere göre düşük bir değerdir.

Öte yandan, hatalı yapılan tahminlerin çoğu ikinci kategorideki sapma değerleriyle ilişkilidir. Sapma oranları %50 ve üzerinde olan projelerin %25.64'ü, sapma oranı %15 ile %50 arasında tahmin edilir. Bu gruptaki projelerin birinci kategoride tahmin edilme oranı ise sadece %7.69'dur.

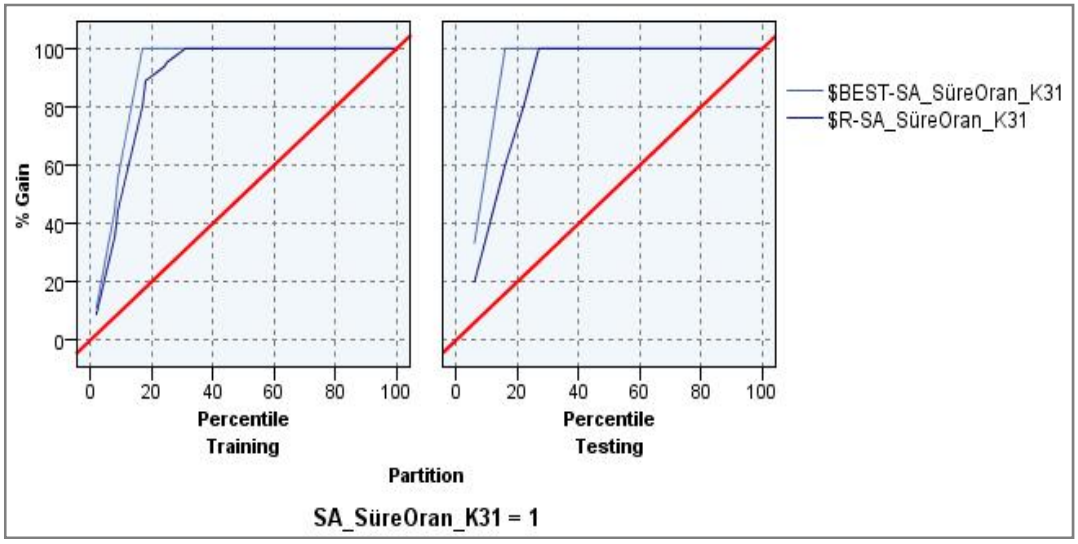
Çizelge 9.5 : Karar modeli 1-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_SüreOran_K31		Tahmin Değerleri			
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Toplam
Kategori 1	Sayı	11	1	0	12
	Satır (%)	**91.667**	8.333	0	100
	Kolon (%)	73.333	3.125	0	16
Kategori 2	Sayı	1	21	2	24
	Satır (%)	4.167	**87.500**	8.333	100
	Kolon (%)	6.667	65.625	7.143	32
Kategori 3	Sayı	3	10	26	39
	Satır (%)	7.692	25.641	**66.667**	100
	Kolon (%)	20.000	31.250	92.857	52.000
Toplam	Sayı	15	32	28	75
	Satır (%)	20	42.667	37.333	100
	Kolon (%)	100	100	100	100

Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare = 72.925, df = 4, p= 0

Kazanç ve kaldıraç değerleri:

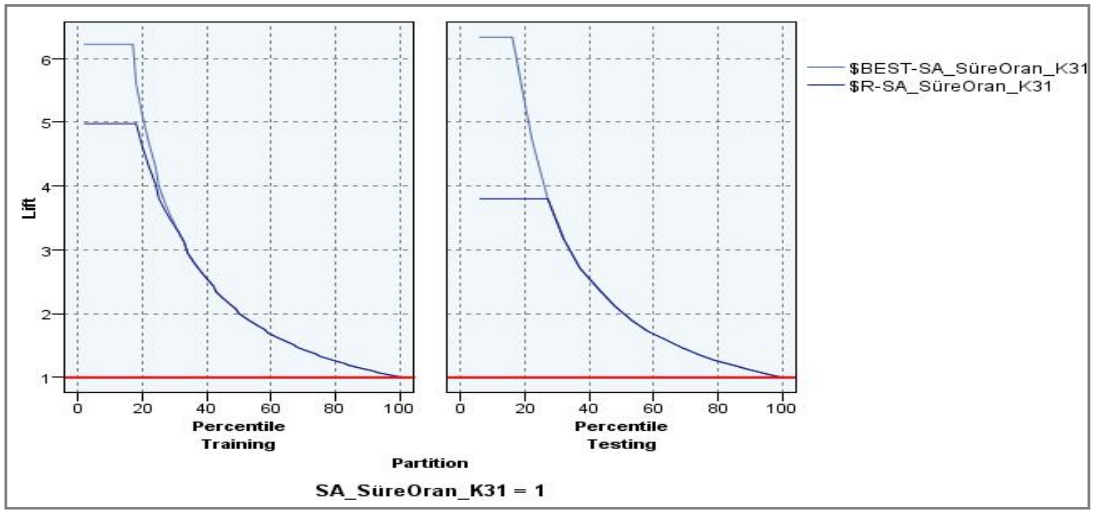
Bu aşamada oluşturulan modelin kazanç ve kaldıraç değerleri her bir kategori için ayrı ayrı incelenir. Birinci kategori sapma olmayan ya da sapma oranı %15'ten az olan projeleri gösterir. Şekil 9.2 birinci kategorideki projelerin kazanç değerlerini verir. %18'lik dilimdeki projelerin doğru tahmin edilme sayısının genelin doğru tahmin sayısına oranı yaklaşık %89'dur.



Şekil 9.2 : Karar modeli 1-kategori 1'in kazanç değerleri.

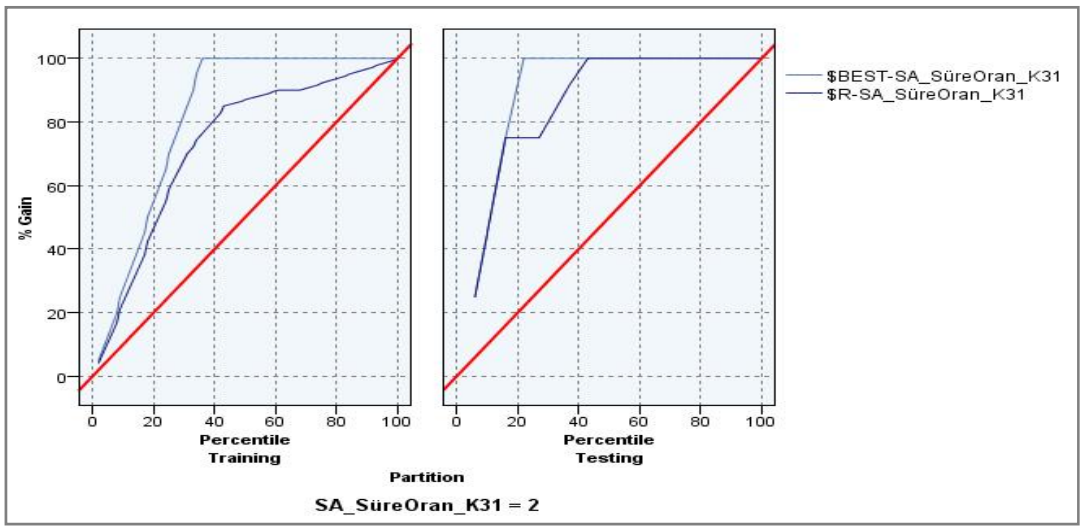
Şekil 9.3 birinci kategorinin kaldıraç değerlerini verir. Birinci kategorinin kaldıraç değeri, bu kategorideki projelerin belli bir yüzdelik dilimdeki doğru tahmin edilme

oranının genelin doğru tahmin edilme oranına bölünmesiyle elde edilir. Buna göre, öğrenme veri kümesindeki %18'lik dilimin kaldıraç değeri beş civarındadır. Öte yandan test veri kümesinde %18'lik dilimdeki kaldıraç değeri yaklaşık 3.8'dir.



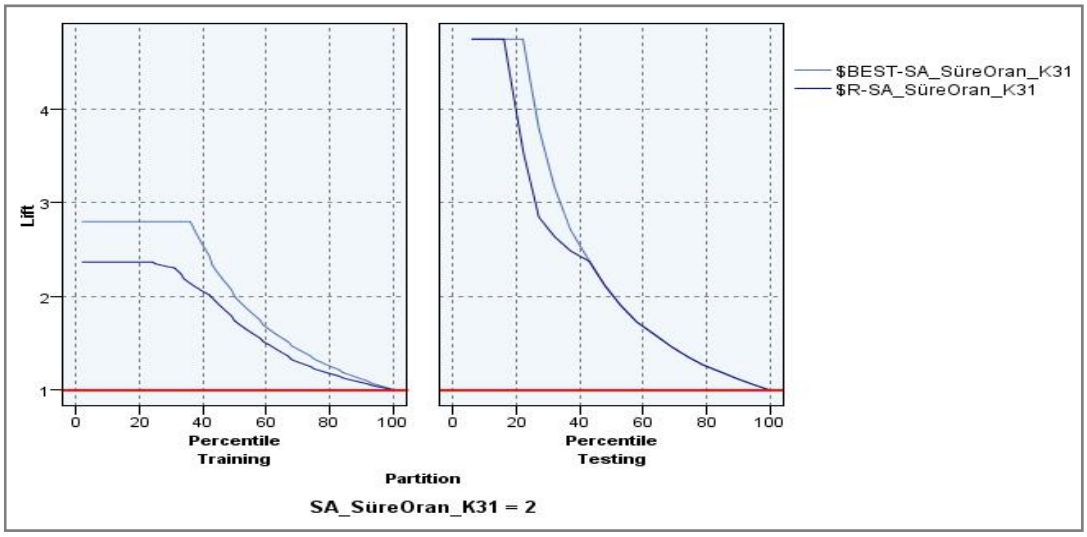
Şekil 9.3 : Karar modeli 1-kategori 1'in kaldıraç değerleri.

İkinci kategori, süre sapma oranı %15 ile %50 arasındaki projeleri içerir. Şekil 9.4 bu kategorideki projelerin kazanç değerlerini gösterir. Oluşturulan modelin bu kategorideki kazanç değeri %40'lık dilimde %80'lere ulaşır. Test veri kümesindeki kazanç değeri, %16'lık dilimde %75'tir.



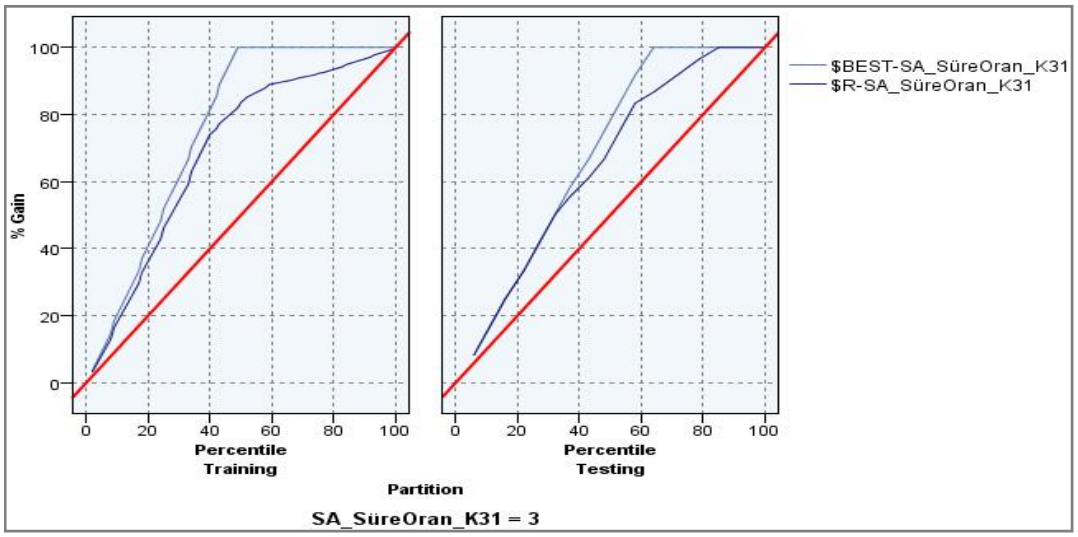
Şekil 9.4 : Karar modeli 1-kategori 2'nin kazanç değerleri.

Şekil 9.5 ikinci kategorinin kaldıraç değerlerini verir. Eğitim veri kümesinde %20'lik dilimdeki en iyi kaldıraç değeri 2.8'dir. Öte yandan model oluşturulması esnasında %20'lik dilimdeki kaldıraç değeri yaklaşık 2.37'e ulaşır. Test veri kümesinde %20'lik dilimdeki kaldıraç değeri yaklaşık 3.9'dur.



Şekil 9.5 : Karar modeli 1-kategori 2'nin kaldıraç değerleri.

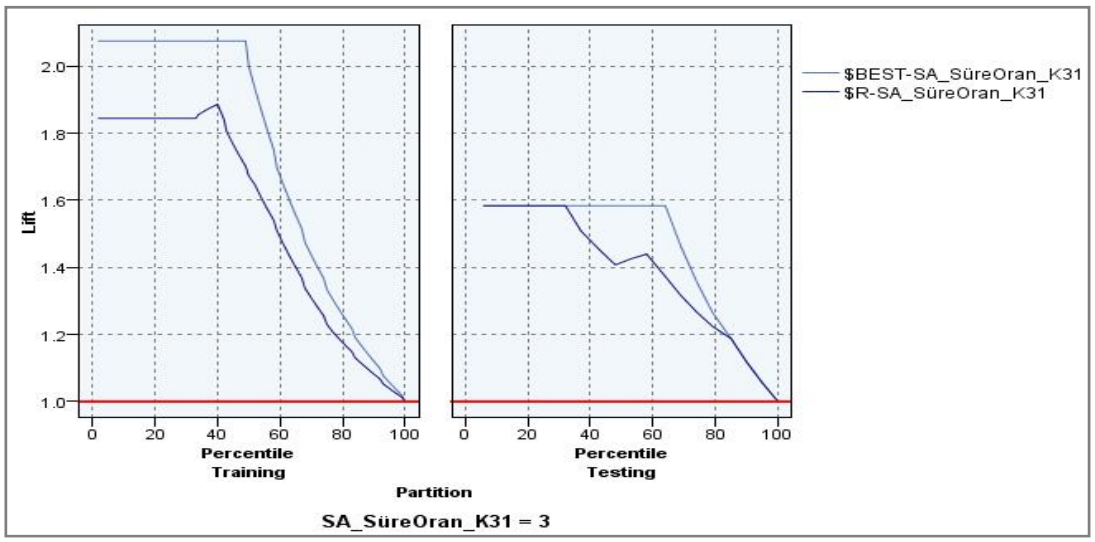
Şekil 9.6 sapma değeri %50 ve üzerinde olan projelerin kazanç değerlerini verir. Eğitim veri kümesinin %40'lık diliminde model kazancı %74'tür. Bu kazanç değeri birinci ve ikinci kategorilerin kazanç değerine göre düşük bir değerdir. Birinci kategorideki %18'lik dilimin kazancı %89 iken ikinci kategorideki %40'lık dilimin kazancı %80'dir. Yine bu kategorinin test veri kümesi için hesaplanan kazanç değerlerinde düşme görülür. Test veri kümesinde %40'lık dilimdeki kazanç değerine ancak %53'lük dilimde ulaşılır.



Şekil 9.6 : Karar modeli 1-kategori 3'ün kazanç değerleri.

Şekil 9.7 üçüncü kategorinin kaldıraç değerlerini gösterir. Eğitim veri kümesinin %43'lük dilimindeki kaldıraç değeri yaklaşık 1.80'dir. Test veri kümesinin %32'lik diliminde ise kaldıraç değeri yaklaşık 1.58'dir. Bu kategorinin kaldıraç değerleri birinci ve ikinci kategorilerin kaldıraç değerlerine göre daha düşüktür. Birinci

kategorinin %18'lik dilimindeki kaldıraç değeri beş iken ikinci kategorinin %20'lik dilimindeki kaldıraç değeri 2.8'dir.



Şekil 9.7 : Karar modeli 1-kategori 3'ün kaldıraç değerleri.

9.2.2 Yeni gelen gereksinimlere göre süre sapma modeli

9.2.2.1 Karar modelini oluşturma

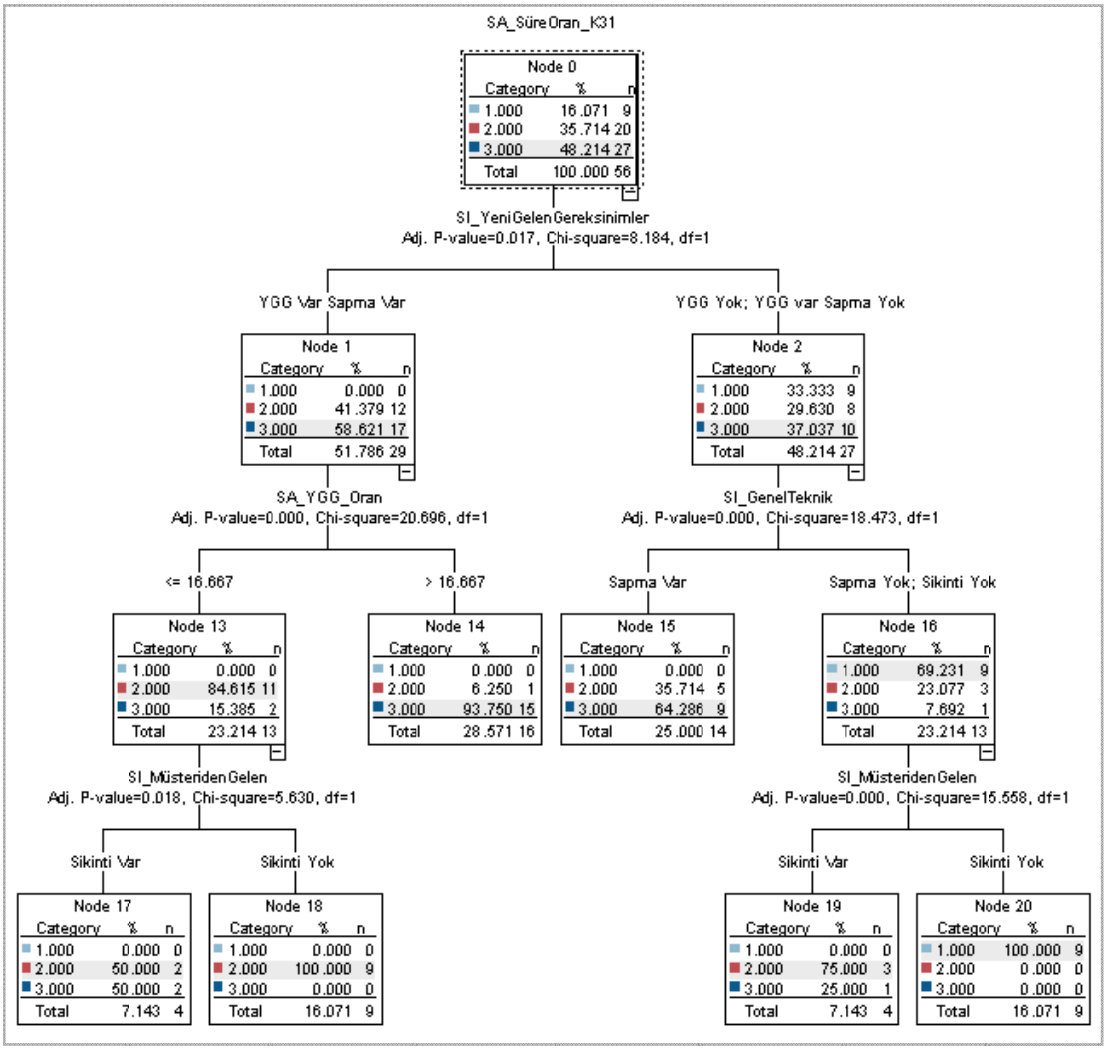
Yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan sıkıntılar (SI_YeniGelenGereksinimler) ve bu sıkıntıların neden olduğu projelerdeki süre sapma oranları (SA_YGG_Oran) Çizelge 9.2'deki girdi listesine eklenmiş, modelleme aracı bu girdi parametrelerine göre yeniden çalıştırılmıştır. Çalışma koşulları bir önceki modelin çalışma koşullarıyla aynıdır. Yeni girdi listesine göre üretilen karar ağacı yapısı Şekil 9.8'de verilmiştir.

9.2.2.2 Karar modelini değerlendirme

Ürün geliştirme sürecinde başlangıçtaki gereksinimlere ilave olarak yeni gereksinimler oluşabilir. İlave edilen her gereksinim geldiği aşamaya ve etki derecesine bağlı olarak projede sapmaya neden olur. Şekil 9.8'deki karar ağacı modeli ilk olarak, yeni gelen gereksinimlerin sapma durumlarını ele alır. Buna göre yeni gelen gereksinimler nedeniyle gecikmeye uğrayan projelerin yaklaşık %58.6'sında süre sapma oranları %50 ve üzerindedir. Bu grupta yer alan projelerin yaklaşık %41.4'ünde süre sapma oranları %15 ile %50 arasındadır.

Yeni gelen gereksinimlerin süre sapma oranları %16.7'den büyükse, projelerdeki toplam süre sapma oranları %50 ve üzerinde olur. Bu grupta yer alan projelerin

yaklaşık %93.7'sinde süre sapma oranları oldukça yüksektir. Gerek projeye sonradan ilave edilen gereksinimlerin gerekse diğer bozucu etmenlerin etkisiyle bu gruptaki projeler çok yüksek miktarda sapmaktadır.



Şekil 9.8 : Karar modeli 2: YGG'ye göre süre sapmaları.

Yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sapmaların oranı %16.7'den küçük ise, müşteri kaynaklı sıkıntıların etkisi hissedilir. Müşterilerden bir problem gelmeme durumunda, tüm projelerde süre sapma oranları %15 ile %50 arasında kalır. Diğer taraftan, müşteri kaynaklı sıkıntıların oluşması durumlarda süre sapma oranlarında bir artış olur. Bu gruptaki projelerin yarısında toplam süre sapma oranı %50 ve üzerindedir.

Yeni gelen gereksinimlerin ürün geliştirme sürecinde bir sıkıntı yaratmaması durumunda teknik özelliklerin yerine getirilmesiyle ilgili sıkıntılar ön plana çıkar. Genel teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında oluşabilecek sapmalar, diğer

etmenlerin de etkisiyle, projelerde ciddi gecikmelere neden olur. Bu gruptaki projelerin yaklaşık %64'ünün süre sapma oranı %50 ve üzerindedir.

Yeni gelen gereksinimlerin ve genel teknik özelliklerin sapmaya neden olmadığı durumlarda müşteri kaynaklı problemler etkisini gösterir. Müşteri problem yaratmazsa projelerin tamamı ya hiç gecikmez ya da süre sapma oranı en fazla %15 olur.

9.2.2.3 Modelin doğrulanması

Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması:

Eğitim ve test veri kümelerinde modelin ürettiği tahmin değerleri gerçek değerlerle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.6'da özetlenmiştir. Eğitim ve test veri kümelerinin doğru tahmin yapma oranları sırasıyla %83.93 ve %78.95'tir.

Çizelge 9.6 : Karar modeli 2-genel karşılaştırma.

$R-SA_SüreOran_K31 ile SA_SüreOran_K31				
Bölümler	Eğitim Veri Kümesi		Test Veri Kümesi	
Doğru Tahmin	47	%83.93	15	%78.95
Hatalı Tahmin	9	%16.07	4	%21.05
Toplam	56		19	

Çizelge 9.7 eğitim ve test veri kümelerinde her bir kategori için hesaplanan doğru ve hatalı tahmin sayılarını verir. Eğitim ve test veri kümelerinde süre sapma oranları %15'ten küçük olan projelerin tamamı doğru tahmin edilmektedir. Öte yandan, süre sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projelerin bir kısmı sapma oranı %50 ve üzerinde tahmin edilir.

Çizelge 9.7 : Karar modeli 2-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri			
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	9	0	0
	Kategori 2	0	14	6
	Kategori 3	0	3	24
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	3	0	0
	Kategori 2	0	2	2
	Kategori 3	0	2	10

Süre sapma oranları yüksek olan projelerin düşük tahmin edilmesi, sapma oranları düşük olan projelerin yüksek tahmin edilmesinden daha önemlidir. Bu nedenle, üçüncü kategorideki hatalı tahminlerin iyi incelenmesi gerekir. Burada sapma oranı %50 ve üzerinde olan projelerin bir kısmı, sapma oranı %15 ile %50 arasında tahmin edilir.

Tüm örneklemdeki süre sapma değişkeninin gerçek değerleri modelin ürettiği tahmin değerleriyle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.8'de özetlenmiştir. Çizelge 9.8, sapma olmayan ya da sapma oranları %15'ten az projelerin %100 doğru tahmin edildiğini gösterir. Süre sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projelerin doğru tahmin edilme oranı, yaklaşık %66.7'dir. Bu kategorideki projeler %33.3 oranla üçüncü kategoride tahmin edilir.

Şekil 9.8'deki karar ağacı modeli süre sapma oranları %50 ve üzerindeki projeleri yaklaşık %87.2 oranında doğru tahmin eder. Diğer taraftan, bu modelin hatalı tahmin üretme oranı %12.8'dir. Bu kategorideki projeler %12.8'lik bir oranla ikinci kategoride tahmin edilir.

Çizelge 9.8 : Karar modeli 2-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_SüreOran_K31		Tahmin Değerler			
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Toplam
Kategori 1	Sayı	12	0	0	12
	Satır (%)	**100**	0	0	100
	Kolon (%)	100	0	0	16
Kategori 2	Sayı	0	16	8	24
	Satır (%)	0	**66.667**	33.333	100
	Kolon (%)	0	76.190	19.048	32
Kategori 3	Sayı	0	5	34	39
	Satır (%)	0	12.821	**87.179**	100
	Kolon (%)	0	23.810	80.952	52.000
Toplam	Sayı	12	21	42	75
	Satır (%)	16	28.000	56	100
	Kolon (%)	100	100	100	100

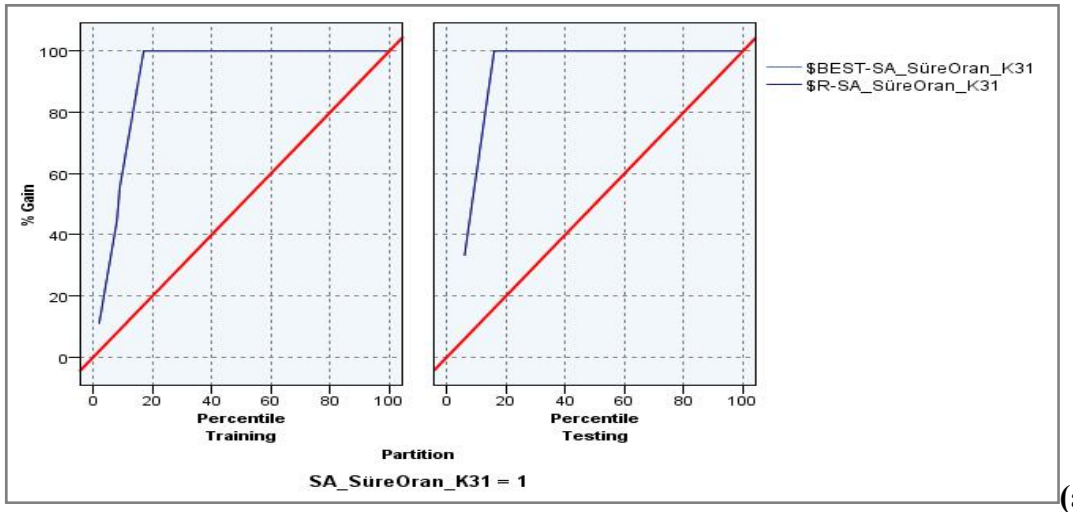
Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare = 98.077, df = 4, p= 0

Geliştirilen karar ağacı modeli ikinci ve üçüncü kategorilerdeki projeleri birinci kategorideymiş gibi göstermez. Diğer bir deyişle, süre sapma oranları %15 ve üzerinde olan projeler daha düşük sapma oranlarıyla tahmin edilmez. Sapmaya neden olacak nitelikte yeni gereksinimlerin oluştuğu projelerde düşük süre sapma

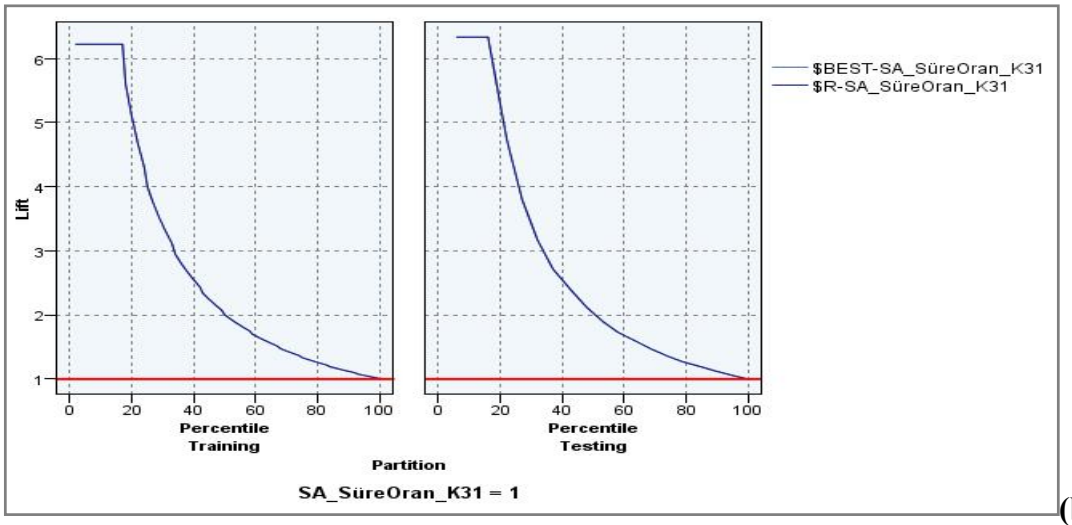
oranlarına rastlanmaz. Bu tip projelerde, diğer etmenlerin de etkisiyle, orta ya da yüksek düzeyde sapmalar olur. Bu nedenle modelin tahmin hataları ikinci ve üçüncü kategoriler arasındaki geçişlerde olur.

Kazanç ve kaldıraç değerleri:

Şekil 9.9, sapma olmayan ya da sapma değeri %15'ten az olan projelerde modelin ürettiği kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.9a modelin ürettiği kazanç değerlerini ve Şekil 9.9b ise kaldıraç değerlerini gösterir.



(a)



(b)

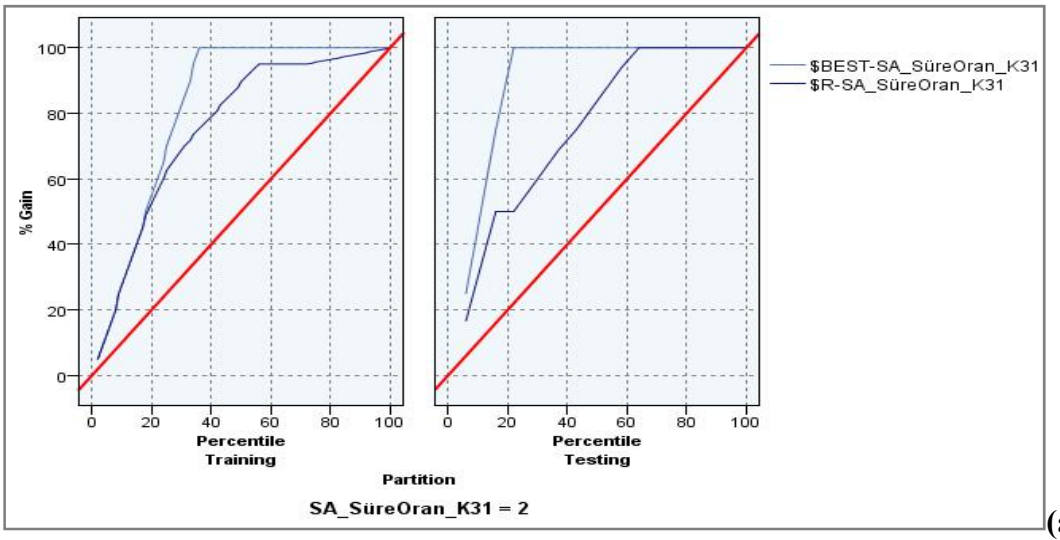
Şekil 9.9 : Karar modeli 2-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Sapma olmayan ya da sapma değerleri %15'ten az olan projelerde kazanç değerleri ideal eğrinin kazanç değerleriyle aynıdır. Bu kategoride yer alan projelerin kaldıraç değerleri kazanç eğrilerinde olduğu gibi ideal bir eğri çizer. Eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerlerinin %100 doğru çıkması bu sonucu destekler.

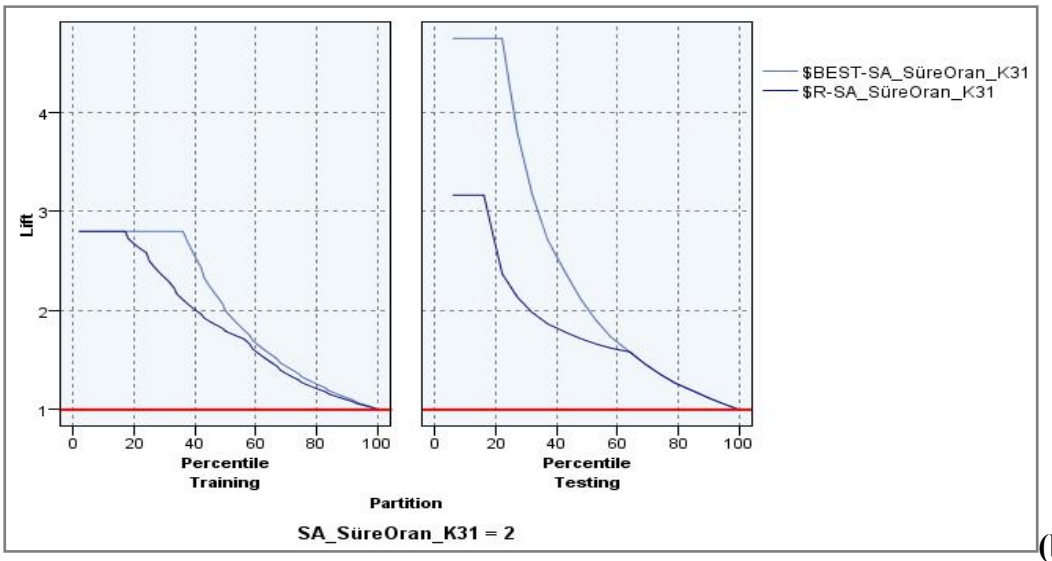
Modelleme aracının verdiği imkânlar kullanılarak kategoriler arasında veri dengeleme işlemleri yürütülmüştür. Veri azaltma ve veri arttırma yöntemleri ayrı ayrı denenmiş, kazanç ve kaldıraç göstergeleri yeniden oluşturulmuştur. Her iki durumda da kazanç ve kaldıraç dağılımlarının değişmediği görülmüştür.

Şekil 9.10, sapma oranları %15 ile %50 arasında kalan projelerde modelin ürettiği kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.10a'ya göre eğitim veri kümesindeki %40'lık dilimin kazancı yaklaşık %80'dir. Diğer taraftan, test veri kümesindeki %43'lük kesimin kazanç değeri yaklaşık %75'tir.

Şekil 9.10b, sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projelerin kaldıraç değerlerini verir. Eğitim veri kümesinde, %20'lik kesimin kaldıraç değeri yaklaşık 2.8'dir. Öte yandan, test veri kümesinde %22'lik dilimin kaldıraç değeri yaklaşık 2.4'tür.



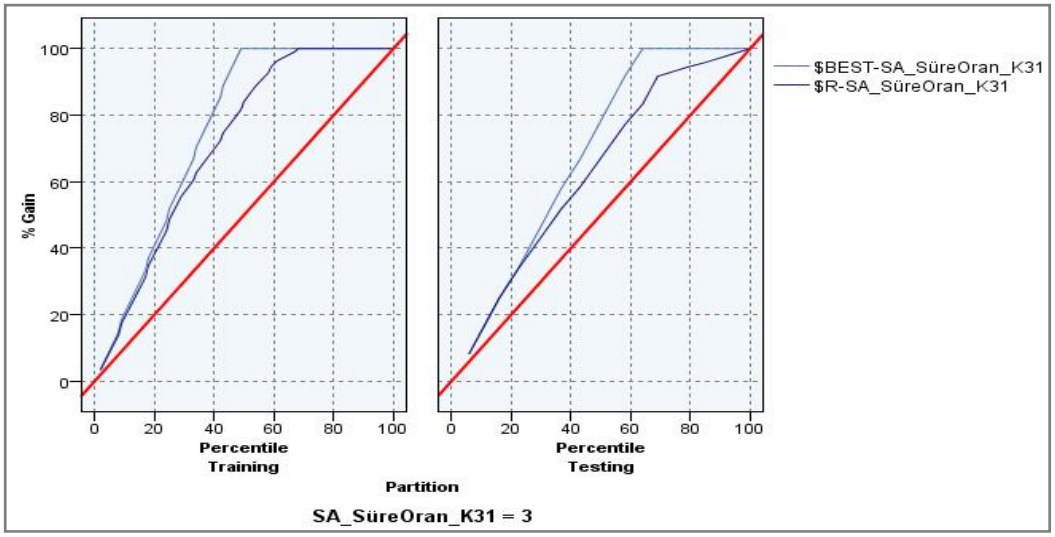
(a)



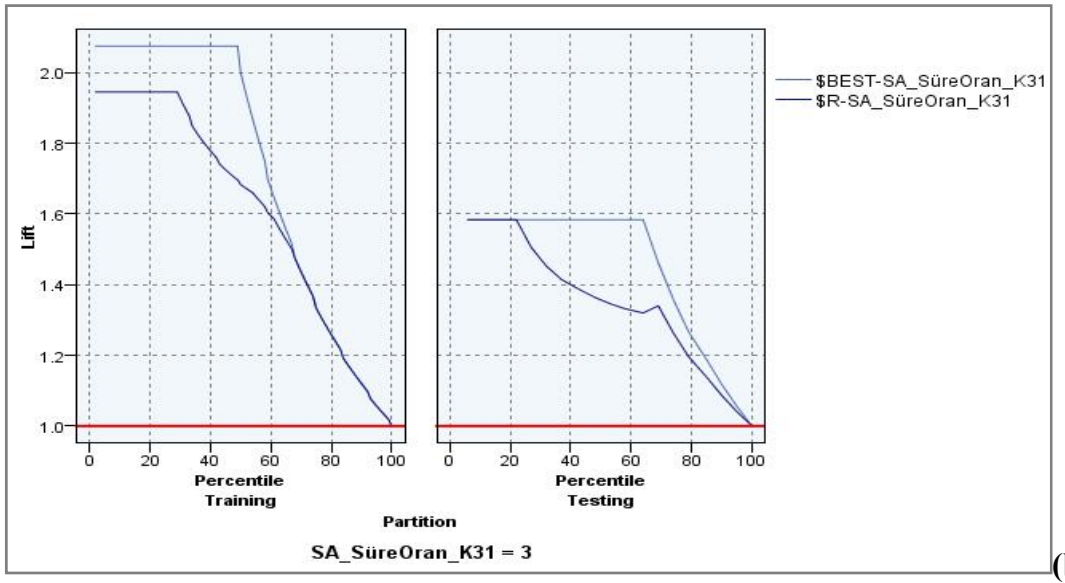
(b)

Şekil 9.10 : Karar modeli 2-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.11, üçüncü kategori için üretilen kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.11a süre sapma oranları %50 ve üzerinde olan projelerde modelin ürettiği kazanç değerlerini gösterir. Eğitim veri kümesindeki %21'lik ve %40'lık dilimlerin kazançları sırasıyla yaklaşık %41 ve %70'tir. Test veri kümesinde %43'lük dilimin kazanç değeri ise yaklaşık %58'dir. Bu kategorinin kazanç değerleri birinci ve ikinci kategorilerin aynı dilimindeki kazanç değerlerinden daha düşüktür.



(a)



(b)

Şekil 9.11 : Karar modeli 2-kategori 3'ün değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.11b, bu kategoriye ait kaldıraç değerlerini verir. Eğitim veri kümesinde %20'lik dilimin kaldıraç değeri yaklaşık 1.94 iken, test veri kümesinde bu değer yaklaşık 1.58'dir. Benzer şekilde bu kategorinin kaldıraç değerleri birinci ve ikinci kategorilerin aynı dilimindeki kaldıraç değerlerinden daha düşüktür.

9.3 Temel Bozucu Etmenlerin Modellenmesi

9.3.1 GA kaynaklı sapmaların modellenmesi

Bu bölümde ürün gereksinimlerinin anlaşılamaması nedeniyle oluşan süre sapmaları ele alınmakta, gereksinimlerin zamanında ve doğru bir şekilde analiz edilmesini etkileyen etmenler incelenmektedir.

Burada hedef değişkeni olarak gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan süre sapma oranları seçilmiştir. Oran ölçeğinde tanımlı olan bu değişken ad ölçeğine dönüştürülmüş, dönüşüm değerleri Çizelge 9.1'de verilmiştir. Yeni durumda gereksinim kaynaklı sapma oranları SA_GAOranK2 değişkeniyle gösterilir. Bu değişkenin ilk kategorisi gecikme olmayan ya da gecikme oranları %10 ve altında olan projelerdir. Süre sapma oranlarının %10'dan fazla olduğu projeler ikinci kategoride tanımlanır. Geliştirilen modelde tahmin edilen süre sapma oranları $R-SA_GAOranK2 değişkeninde saklanır. Bu bölümde mevcut gereksinimlerin anlaşılamamasından kaynaklanan sapmalar iki modelde incelenir: Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ve proje öncesinde yürütülen hazırlık çalışmaları. Çizelge 9.9 bu iki modelin ortak kullandığı girdi parametrelerini gösterir.

Çizelge 9.9 : Model 3 ve model 4'ün girdi parametreleri.

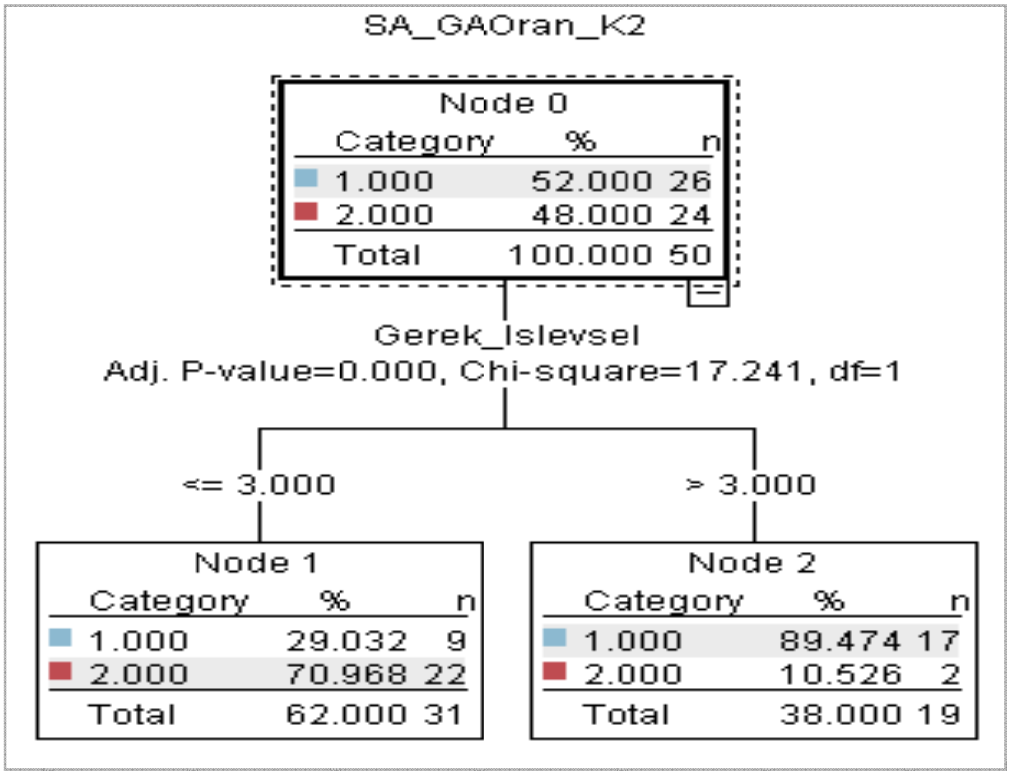
Doğrudan Etkileyen Etmenler
Müşterilerden gelen sıkıntılar ve sapmalar (SI_MüsteridenGelen ve SA_Müsteri(%))
Satın alma sıkıntıları ve sapmaları (SI_SAlma ve SA_SAlma(%))
İnsan kaynakları sıkıntıları ve sapmaları (SI_IKP ve SA_IKP(%))
Alt yüklenicilerden ve ortaklardan kaynaklanan sıkıntılar ve sapmalar (SI_AYPO ve SA_AYPO(%))
Dolaylı Bir Şekilde Etkileyen Etmenler
Ürünün Ar-Ge ve yenilikçilik yönü (Pr_Yenilik ve Pr_ArGe)
Ürünün niteliği (ProjeNiteliği)
Müşteriden destek alma durumları (MüşteriDestek)
Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri (EkipYetkin_Alan, EkipYetkin_Proje ve EkipYetkin_Teknik)
Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri (PYYetkin_Yönetim, PY_AlanUzmanı_K ve PYYetkin_Teknik)
Referans alınan alt yapıların ya da ürünlerin olma durumu (Pr_ReferansYapı_Var)
Yeniden kullanım (Pr_YenidenKullanım)
Proje öncesinde ön hazırlık yapılma durumu (Pr_ÖncesiÇalışma)
İnsan kaynaklarının eğitimi ve uyumu (SI_IK_EgitimveUyum)
İnsan kaynaklarının koordinasyonu (SI_IK_Koordinasyon)

9.3.1.1 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyine göre GA Sapmaları

Bu aşamada Çizelge 9.9'da verilen girdi parametrelerine operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyleri ve tüm gereksinimlerin tam olma durumu ilave edilir. Hedef ve girdi değişkenleri modelleme aracına girilir ve girdi değişkenlerine bağlı olarak Şekil 9.12'deki karar modeli oluşturulur.

Şekil 9.12'de verilen karar ağacı modeli tek seviyede kalmıştır. Modelleme aracı en uygun ki-kare istatistik değerlerine göre ilk ayrıştırmayı başlatır. Buradaki ayrıştırma noktası işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyidir. Bu karar modeline göre, proje başlangıcında ürünün işlevsel özellikleri iyi ya da çok iyi bir düzeyde tanımlanırsa, gereksinim kaynaklı süre sapmalarında bir düşme olur.

İşlevsel gereksinimlerin tanımlı olmadığı, az ya da orta düzeyde tanımlı olduğu durumlarda, GA kaynaklı süre sapma oranlarının %10'un üzerinde olma olasılığı yaklaşık %71'dir. İşlevsel gereksinimlerin iyi ya da çok iyi düzeyde tanımlandığı projelerde, düşük bir olasılıkla da olsa proje sürelerinde sapma olabilir. Modele göre projelerin yaklaşık %89.5'inde süre sapma oranları en fazla %10 olur. Diğer bir deyişle, GA kaynaklı süre sapma oranlarının %10'un üzerinde olma olasılığı sadece %10.5'tir.



Şekil 9.12 : Karar modeli 3-gereksinimlerin durumuna göre GA modeli.

Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması:

Çizelge 9.10, eğitim ve test veri kümelerinde modelin ürettiği tahmin değerlerini gerçek değerlerle karşılaştırır. Buna göre, eğitim veri kümesinin doğru tahmin oranı %78 iken, test veri kümesinde bu değer %80 olur.

Çizelge 9.10 : Karar modeli 3-genel karşılaştırma.

$R-SA_GAOran_K2 ile SA_GAOran_K2				
Bölümler	Eğitim Veri Kümesi		Test Veri Kümesi	
Doğru Tahmin	39	%78	20	%80
Hatalı Tahmin	11	%22	5	%20
Toplam	50		25	

Çizelge 9.11, eğitim ve test veri kümelerinde her bir kategori için hesaplanan doğru tahmin sayılarını gösterir.

Çizelge 9.11 : Karar modeli 3-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri		
Gerçek Değerler	**Eğitim Veri Kümesi**	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	17	9
	Kategori 2	2	22
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	12	3
	Kategori 2	2	8

Eğitim ve test veri kümelerinde birinci kategoride olan bazı projeler ikinci kategorideymiş gibi tahmin edilir. Diğer bir deyişle sapma oranları %10 ve altında olan projeler, sapma oranları %10'un üzerindeymiş gibi değerlendirilir. Benzer şekilde, sapma oranı %10'dan fazla olan ama %10 ve altında tahmin edilen projeler de mevcuttur

Tüm örneklemdeki gereksinim kaynaklı süre sapma değerleri modelin ürettiği tahmin değerleriyle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.12'de özetlenmiştir. Bu çizelgeye göre, sapma olmayan ya da sapma oranları %10 ve altında olan projelerin %70.73'ü doğru tahmin edilir. Sapma oranları %10'un üzerinde olan projelerin doğru tahmin edilme oranı yaklaşık %88.24'tür. Diğer taraftan, bu kategorideki projelerin yaklaşık %11.77'si birinci kategoride tahmin edilir.

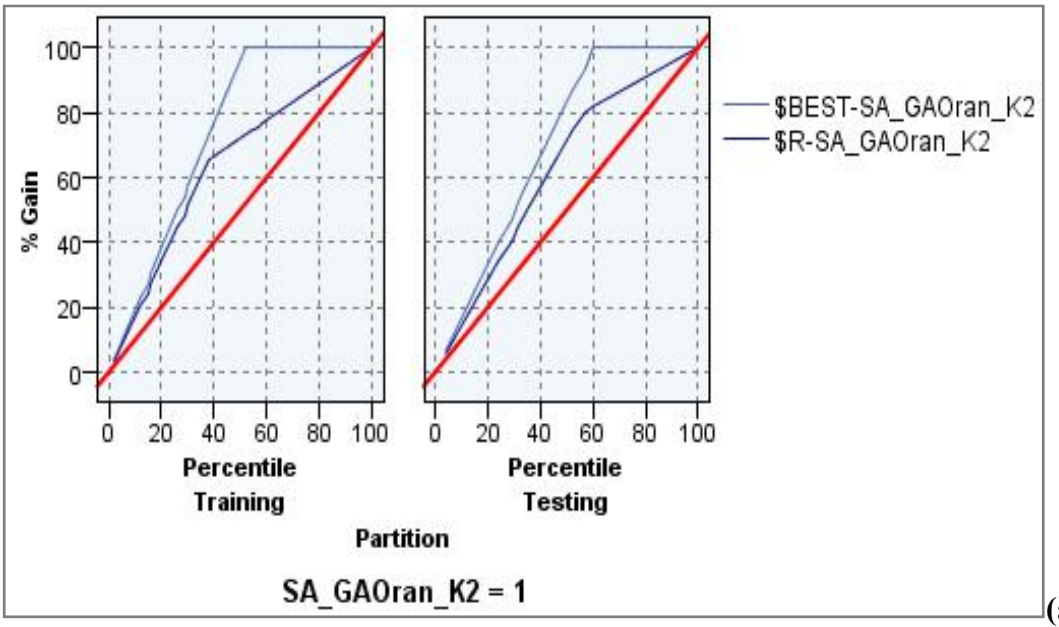
Çizelge 9.12 : Karar modeli 3-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_GAOran_K2		Tahmin Değerleri		
		Kategori 1	Kategori 2	Toplam
Kategori 1	Sayı	29	12	41
	Satır (%)	**70.732**	29.268	100
	Kolon (%)	87.879	28.571	54.667
Kategori 2	Sayı	4	30	34
	Satır (%)	11.765	**88.235**	100
	Kolon (%)	12.121	71.429	45.333
Toplam	Sayı	33	42	75
	Satır (%)	44	56	100
	Kolon (%)	100	100	100

Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare =26.229, df = 1, p= 0

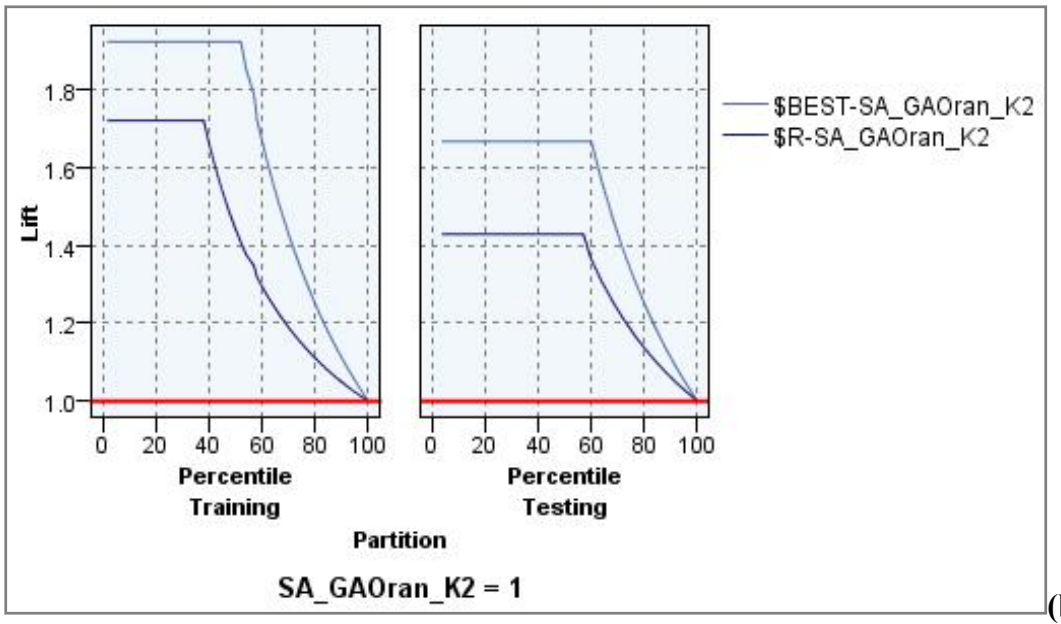
Kazanç ve kaldıraç değerleri:

Gereksinimlerin anlaşılamaması çerçevesinde oluşturulan modelin kazanç ve kaldıraç değerleri tüm kategoriler için incelenmiş, sonuçlar Şekil 9.13 ve Şekil 9.14'te verilmiştir. Şekil 9.13a, sapma olmayan ya da sapma değerleri %10'dan az olan projelerin kazanç değerlerini verir. Buna göre, eğitim ve test veri kümelerindeki %40'lık dilimlerin kazancı sırasıyla %66.5 ve %.57.14'tür. Şekil 9.13b, bu kategoriye ait kaldıraç değerlerini gösterir. Eğitim veri kümesinde %20'lik dilimin kaldıraç değeri yaklaşık 1.72 iken test veri kümesinde bu değer yaklaşık 1.43'tür.



(a)

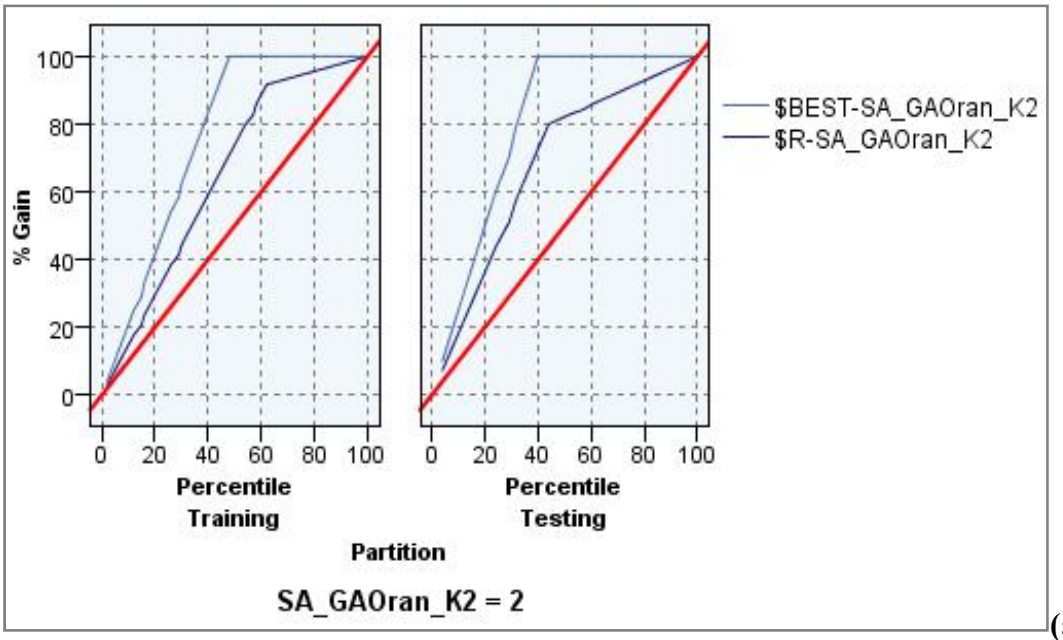
Şekil 9.13 : Karar modeli 3-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.



(b)

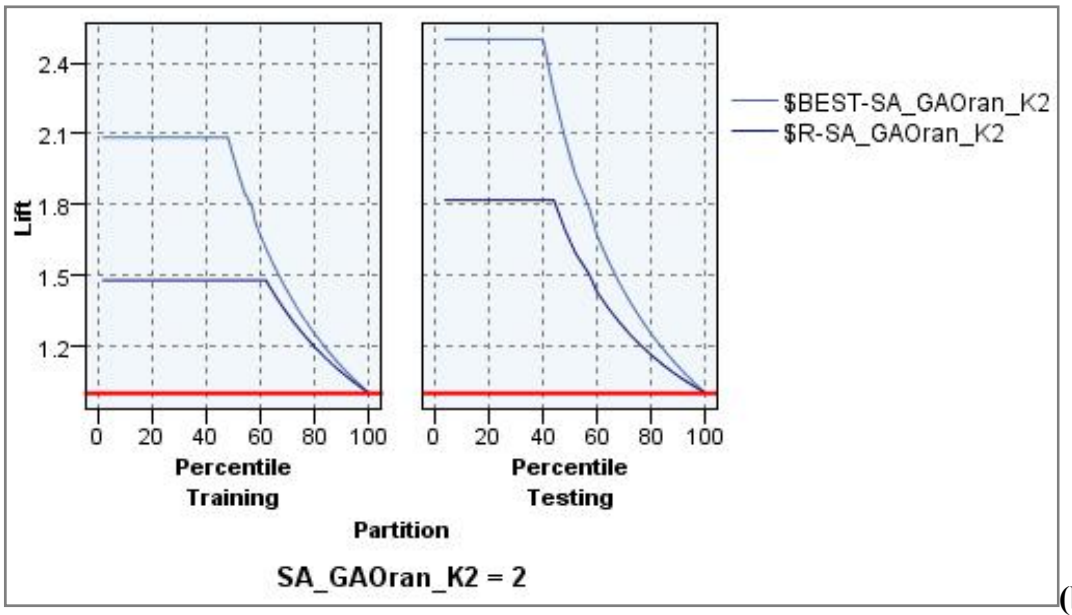
Şekil 9.13 (devam): Karar modeli 3-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.14, gereksinim kaynaklı sapma oranlarının %10'dan fazla olduğu projelerdeki kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.14a'ya göre eğitim ve test veri kümelerindeki %40'lık dilimlerin kazancı sırasıyla %59.14 ve %.72.72'dir. Şekil 9.14b eğitim veri kümesindeki %20'lik dilimin kaldıraç değerini yaklaşık 1.48 olarak verir. Test veri kümesinde bu değer 1.8'e çıkar.



(a)

Şekil 9.14 : Karar modeli 3-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.



(b)

Şekil 9.14 (devam): Karar modeli 3-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

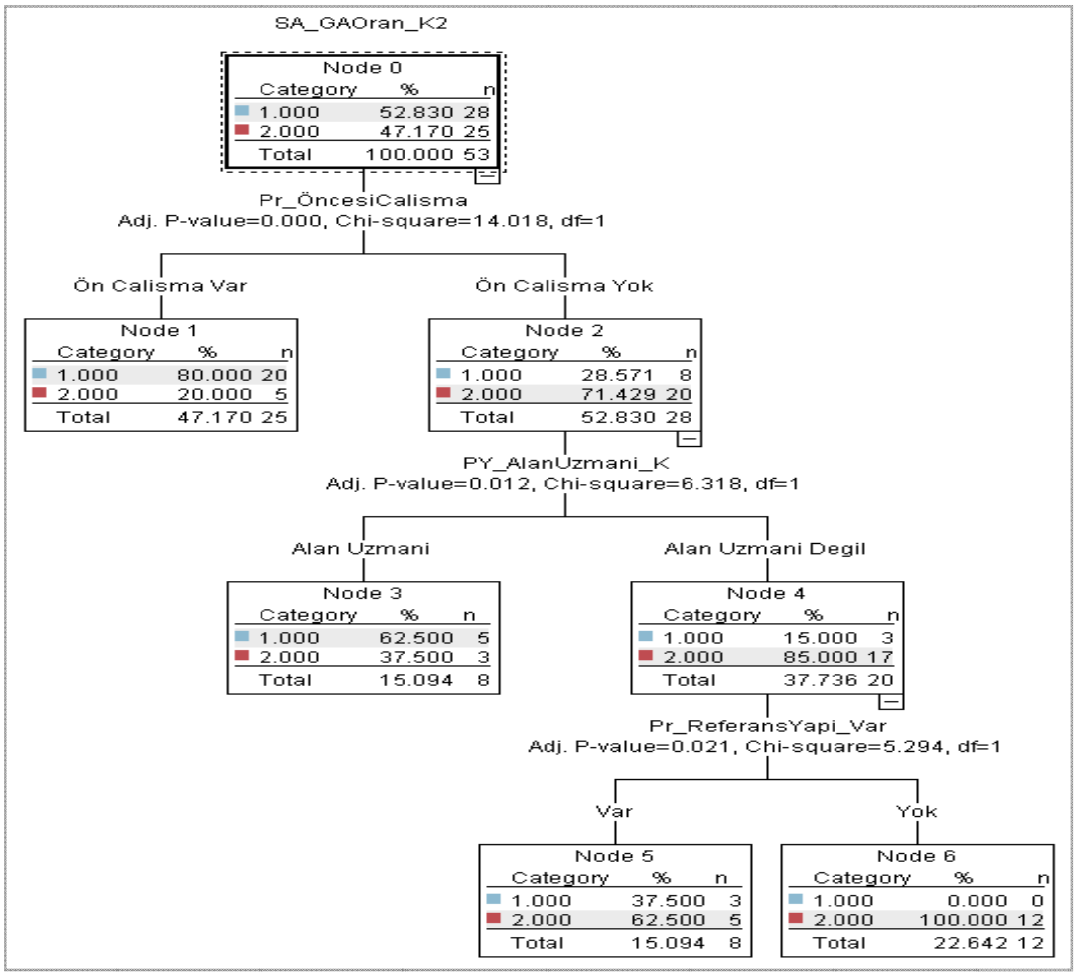
9.3.1.2 Proje ön hazırlık durumuna göre GA sapmaları

Modele girdi olarak verilen operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyleri karar ağacını birinci seviyede bırakmakta, ki-kare değerlerinin sağlanamamasından dolayı ağaç büyüyememektedir. Bu bölümde gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri girdi listesinden çıkarılmış, modelleme aracı yeniden çalıştırılmıştır. Üretilen yeni karar ağacı yapısı Şekil 9.15'te verilmiştir.

Yeni model gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapmaları hedef değişkeni olarak kabul eder ve ayrıştırmayı proje öncesinde yürütülen ön hazırlık çalışmalarından başlatır. Buna göre, proje başlamadan önce ön hazırlık çalışması yürüten projelerin %80'inde süre sapma oranları %10'un altında kalır. Öte yandan, proje başlamadan önce ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projelerde gereksinim kaynaklı süre sapma oranları oldukça yüksektir. Bu grupta yer alan projelerin yaklaşık %71'inde süre sapma oranları %10'un üzerindedir.

Ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projelerde proje yöneticisinin alan uzmanlığı ön plana çıkar. Proje yöneticisinin alan uzmanlığı varsa gereksinim kaynaklı sapmaların yüksek olma ihtimali de azalır. Öyle ki, bu gruptaki projelerin yaklaşık %62.5'inin GA kaynaklı sapma oranları %10'un altında kalmaktadır. Diğer taraftan proje yöneticisinin alan uzmanlığı yoksa GA kaynaklı sapmaların %10'un üzerinde olma ihtimali de artar. Yine bu gruptaki projelerin %85'inde süre sapma oranları %10'un üzerindedir.

Proje yöneticisinin alan uzmanlığının olmadığı durumlarda referans alınan yapılar ön plana çıkar. Bir projede daha önceden hazırlanmış ya da bir şekilde mevcut olan ürünler referans alınıyorsa yahut mevcut ürünler üzerinde tersine mühendislik gibi yöntemler uygulanıyorsa, o projede gereksinim kaynaklı gecikmelerin yüksek olma ihtimali düşer. Böyle bir ürünün kullanılmaması durumunda projelerin tamamında süre sapma oranları %10'un üzerinde kalacaktır. Referans bir yapı kullanıldığı takdirde gecikmelerin yüksek seviyede olma olasılığı %62.5'lere geriler.



Şekil 9.15 : Karar modeli 4-ön hazırlık çalışmalarına göre GA sapmaları.

Karar modelinin doğrulanması:

Gereksinimlerin anlaşılmaması nedeniyle oluşan proje gecikmeleri Şekil 9.15'te verilen karar ağacı yapısıyla modellenmiştir. Bu bölümde geliştirilen karar ağacı modelinin tahmin gücü sınanır. İlk olarak modelin ürettiği tahmin değerleri ile gerçek değerler karşılaştırılır. Daha sonra modelin kazanç ve kaldıraç değerleri incelenir.

Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması:

Eğitim ve test veri kümelerinde modelin ürettiği tahmin değerleri gerçek değerlerle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.13'te özetlenmiştir. Modelin doğru tahmin üretme oranları eğitim veri kümesinde %79.25 ve test veri kümesinde %72.73'tür.

Çizelge 9.13 : Karar modeli 4-genel karşılaştırma.

$R-SA_GAOran_K2 ile SA_GAOran_K2				
Bölümler	Eğitim Veri Kümesi		Test Veri Kümesi	
Doğru Tahmin	42	%79.25	16	%72.73
Hatalı Tahmin	11	%20.75	6	%27.27
Toplam	53		22	

İki kategori altında toplanan gereksinim kaynaklı süre sapma oranlarının tahmin ve gerçek değerleri Çizelge 9.14'te verilmiştir.

Çizelge 9.14 : Karar modeli 4-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri		
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	25	3
	Kategori 2	8	17
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	10	3
	Kategori 2	3	6

Eğitim kümesinde birinci kategorideki 28 adet projeden 25'i ve ikinci kategorideki 25 adet projeden 17'si doğru tahmin edilir. Bu tabloda esas önemli olan, yüksek sapma oranına sahip olan projelerin düşük kategoride tahmin edilmesidir. Diğer bir deyişle, %10'un üzerinde süre sapma oranlarına sahip olan projelerin %10'un altında bir sapma değeriyle tahmin edilmesi, oldukça önemli bir hata durumudur. Çizelgeye göre, eğitim ve test veri kümelerinde ikinci kategoride yer alan projelerin birinci kategoride tahmin edilme olasılığı yaklaşık %50'dir.

Tüm örneklemdeki gereksinim kaynaklı süre sapma değerleri modelin ürettiği tahmin değerleriyle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.15'te özetlenmiştir. Sapma olmayan ya da sapma oranları %10 ve altında olan projelerin %85.37'si doğru tahmin edilir. Sapma oranları %10'un üzerinde olan projelerin doğru tahmin edilme oranı ise yaklaşık %67.65'tir.

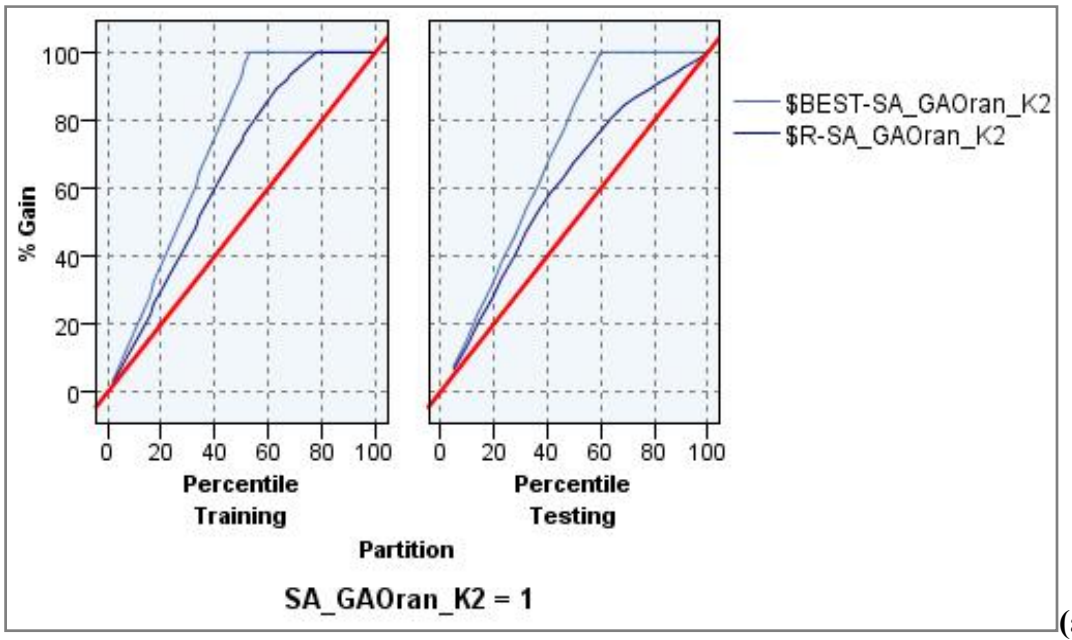
Çizelge 9.15 : Karar modeli 4-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_GAOran_K2		Tahmin Değerleri		
		Kategori 1	Kategori 2	Toplam
Kategori 1	Sayı	35	6	41
	Satır (%)	**85.366**	14.634	100
	Kolon (%)	76.087	20.690	54.667
Kategori 2	Sayı	11	23	34
	Satır (%)	32.353	**67.647**	100
	Kolon (%)	23.913	79.310	45.333
Toplam	Sayı	46	29	75
	Satır (%)	61.333	38.667	100
	Kolon (%)	100	100	100

Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare =22.026, df = 1, probability = 0

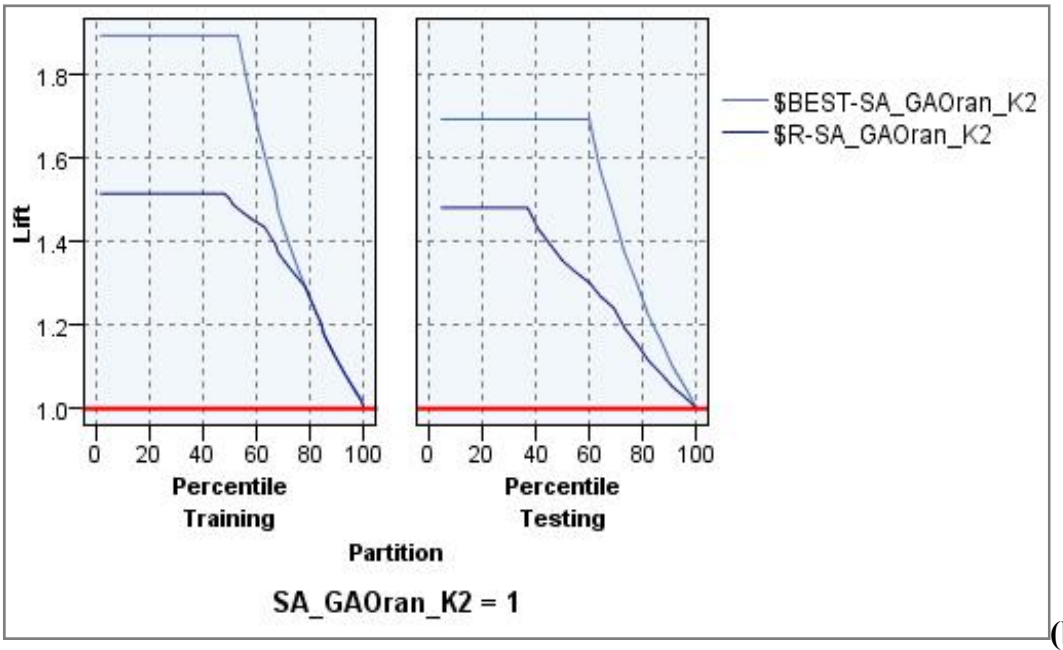
Kazanç ve kaldıraç değerleri:

Ön hazırlık çalışmalarına göre GA sapmalarını veren bu modelin kazanç ve kaldıraç değerleri Şekil 9.16 ve Şekil 9.17'de verilmiştir. Şekil 9.16a, sapma olmayan ya da sapma değerleri %10 ve altında olan projelerin kazanç değerlerini verir. Buna göre, eğitim ve test veri kümelerindeki %40'lık dilimlerin kazancı sırasıyla %60 ve %58'dir. Şekil 9.16b, bu kategoriye ait kaldıraç değerlerini gösterir. Eğitim veri kümesinde %40'lık dilimin kaldıraç değeri yaklaşık 1.51 iken test veri kümesinde %20'lik dilimin kaldıraç değeri yaklaşık 1.48'dir.



(a)

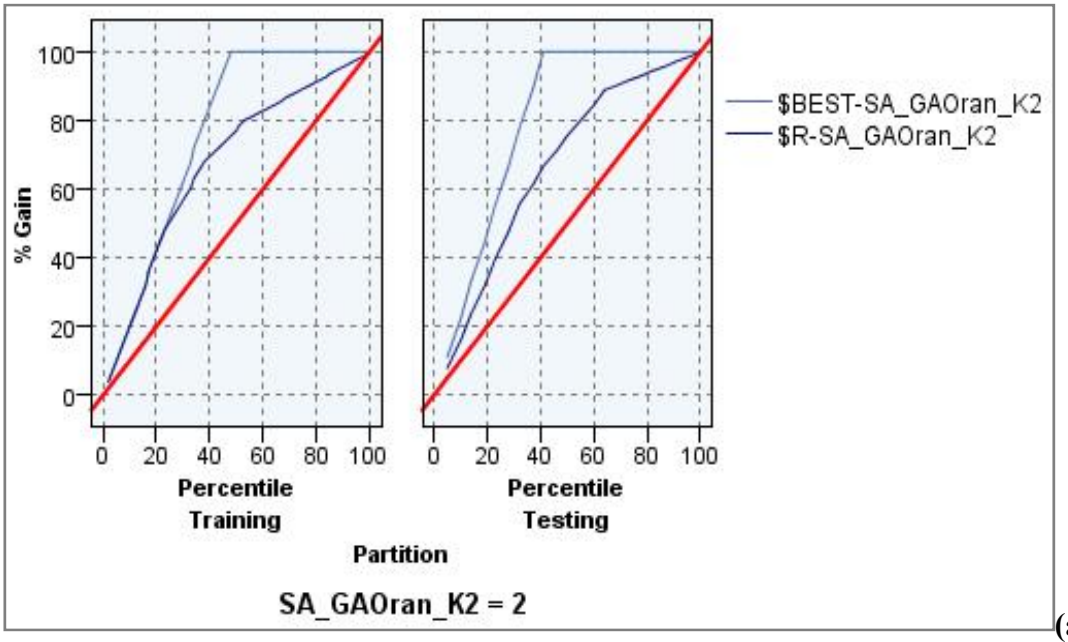
Şekil 9.16 : Karar modeli 4-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.



(b)

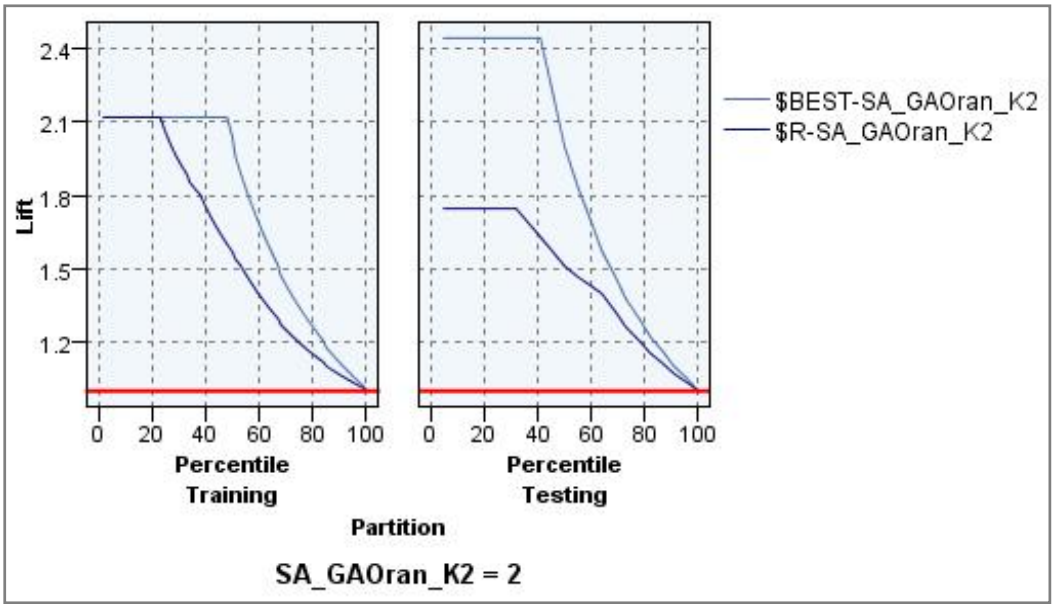
Şekil 9.16 (devam): Karar modeli 4-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.17, sapma değerleri %10'un üzerinde olan projelerin kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.17a'ya göre eğitim ve test veri kümelerindeki %40'lık dilimlerin kazancı sırasıyla %69.5 ve %65'tir. Şekil 9.17b, sapma değerleri %10'un üzerinde olan projelerin kaldıraç değerlerini verir. Eğitim veri kümesinde %20'lik dilimin kaldıraç değeri yaklaşık 2.12'dir. Test veri kümesinde bu değer yaklaşık 1.75'ye iner.



(a)

Şekil 9.17 : Karar modeli 4-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.



(b)

Şekil 9.17 (devam): Karar modeli 4-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

9.3.2 GTP kaynaklı sapmaların modellenmesi

9.3.2.1 Karar modelini oluşturma ve değerlendirme

Ürün geliştirme sürecinde ürün özelliklerinin gerçekleştirilmesi esnasında ortaya çıkan sıkıntılar genel teknik problemler başlığı altında değerlendirilir. Gerçekleştirme ve test ortamlarının hazırlanması, gerçekleştirme ve test araçlarının kullanımı ve ürün gereksinimlerinin yerine getirilmesi esnasında ortaya çıkan problemlerin bir kısmı proje süresini uzatır. Bu bölümde genel teknik problemlerden kaynaklanan proje süre sapma oranları hedef değişken olarak seçilmiştir. Oluşturulan karar ağacının daha kolay yorumlanabilmesi için bu değişken ikili ad ölçeğine dönüştürülmüş, yeni değer Çizelge 9.1'de tanımlanmıştır.

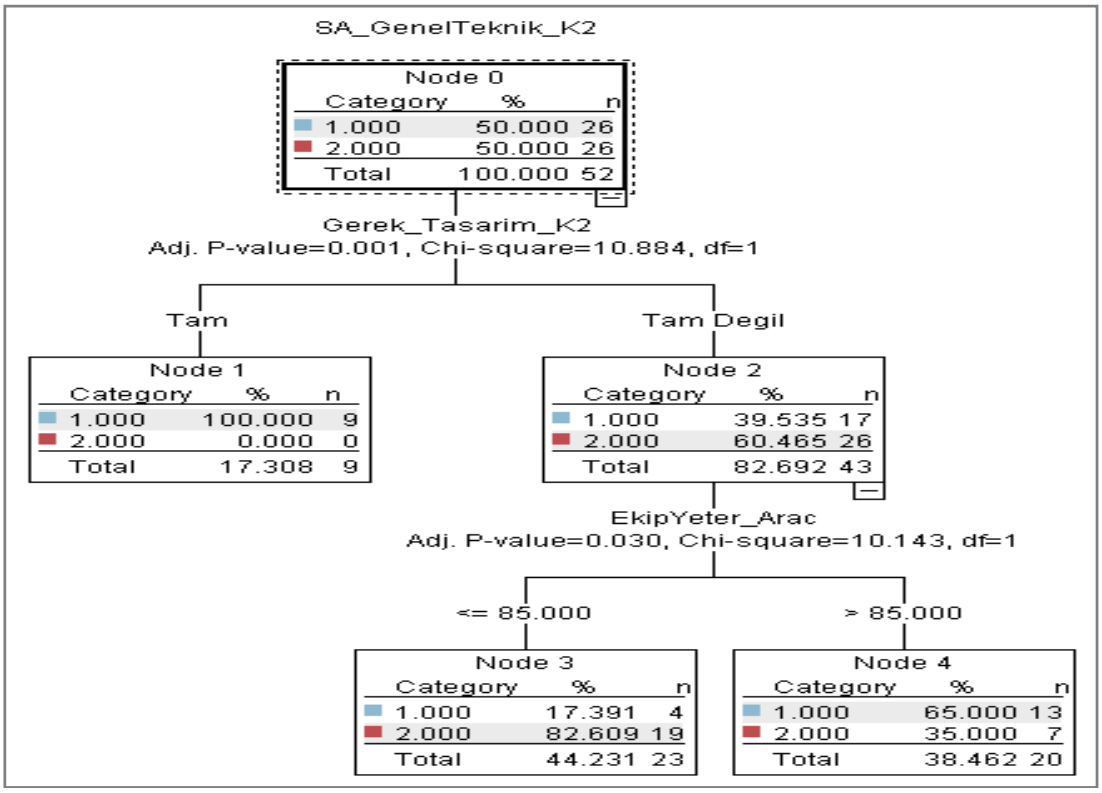
Yeni değişken SA_GenelTeknik_K2 ifadesiyle tanımlanır. Bu yeni değişkenin birinci kategorisi genel teknik özellikler nedeniyle sapmayan ya da sapma değerleri %10 ve altında olan projeleri gösterir. İkinci kategori süre sapma oranları %10'dan fazla olan projeleri içerir. Oluşturulan modelin ürettiği tahmin değerleri $R-SA_GenelTeknik_K2 değişkeninde saklanır. Bu bölümde genel teknik problemlerden kaynaklanan süre sapmaları Çizelge 9.16'da verilen girdi parametrelerine göre incelenir.

Modelleme aracında girdi ve hedef değişkenler seçilir, önceki bölümlerde tanımlanan çalışma koşulları değiştirilmeden araç çalıştırılır. Elde edilen karar modeli Şekil 9.18'de verilmiştir.

Çizelge 9.16 : Model 5'in girdi parametreleri.

Doğrudan Etkileyen Etmenler
Müşterilerden gelen sıkıntılar ve sapmalar (SI_MüsteridenGelen ve SA_Müsteri(%))
Satın alma sıkıntıları ve sapmaları (SI_SAlma ve SA_SAlma(%))
İnsan kaynakları sıkıntıları ve sapmaları (SI_IKP ve SA_IKP(%))
Alt yüklenicilerden ve ortaklardan kaynaklanan sıkıntılar ve sapmalar (SI_AYPO ve SA_AYPO(%))
Dolaylı Bir Şekilde Etkileyen Etmenler
Ürünün Ar-Ge ve yenilikçilik yönü (Pr_Yenilik ve Pr_ArGe_Düzeyi)
Ürünün niteliği (ProjeNiteliği)
Ürün gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi (Gerek_Tasarım_K2, Gerek_Operasyonel_K2 ve Gerek_İşlevsel_K)
Müşteriden destek alma durumları (MüşteriDestek)
Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri (EkipYetkin_Alan, EkipYetkin_Proje ve EkipYeter_Araç)
Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri (PYYetkin_Yönetim, PYYetkin_Alan ve PYYetkin_Teknik)
Referans alınan alt yapıların ya da ürünlerin olma durumu (Pr_ReferansYapı_Var)
Yeniden kullanım (Pr_YenidenKullanım)
Proje öncesinde ön hazırlık yapılma durumu (Pr_ÖncesiÇalışma)

Şekil 9.18 genel teknik problemlerden kaynaklanan sapmaların karar modelini gösterir.



Şekil 9.18 : Karar modeli 5: GTP kaynaklı sapmalar.

Üretilen karar ağacında tasarım gereksinimlerinin tam ve doğru bir şekilde tanımlanması ön plana çıkar. Tasarım gereksinimlerinin tam olduğu durumlarda, tüm projelerde genel teknik sıkıntılar nedeniyle oluşan süre sapma oranları %10'un altında kalır.

Tasarım gereksinimleri tam ve doğru bir şekilde tanımlanmamışsa, projelerin yaklaşık %60.5'inde, sadece genel teknik sıkıntılar nedeniyle, planlanan süreden %10'dan daha yüksek bir oranda sapılır. Diğer bir deyişle, tasarım gereksinimlerinin tam olmadığı durumlarda, GTP kaynaklı proje süre sapma oranlarının %10 ve altında kalma olasılığı %39.5'tir.

Tasarım gereksinimlerinin tam ve doğru bir şekilde tanımlanmadığı projelerde, ekip elemanlarının gerçekleştirme, tasarım ve test araçlarını kullanma becerisi son derece önemlidir. Bir projede teknik deneyime sahip elemanların oranı arttıkça GTP kaynaklı süre sapma değerlerinde de bir azalma olur. Proje başlangıcında teknik deneyime sahip olan elemanların oranı %85'ten daha fazla olduğu durumlarda, GTP kaynaklı sapmaların düşük seviyede kalma olasılığı yaklaşık %65'tir. Diğer bir deyişle, GTP kaynaklı sapmaların %10'dan yüksek olma olasılığı sadece %35'tir.

Proje başlangıcında ekip teknik deneyime sahip olmayan elemanlardan oluşturulmuşsa yahut ekibin %85'inden az bir bölümünde teknik deneyim mevcutsa, GTP kaynaklı sapmalarda yüksek olur. Bu durumdaki projelerin yaklaşık %82.6'sında, sadece GTP nedeniyle, planlanan süreden %10'dan daha yüksek bir oranda sapılır. Öte yandan, teknik deneyimin yeterli olmadığı ve tasarım gereksinimlerinin eksik tanımlandığı projelerde, GTP kaynaklı sapmaların olmama ya da düşük düzeyde olma olasılığı yaklaşık %17.4'tür.

9.3.2.2 Karar modelinin doğrulanması

Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması:

Şekil 9.18'de verilen modelin eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri gerçek değerlerle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.17'de özetlenmiştir. Buna göre, eğitim veri kümesinde modelin doğru tahmin yapma oranı %78.85 iken test veri kümesinde bu değer yaklaşık %73.9'dur. Bu modelde eğitim ve test veri kümelerindeki doğru tahmin etme oranları birbirine yakın bulunmuştur.

Çizelge 9.17 : Karar modeli 5-genel karşılaştırma.

$R-SA_GenelTeknik_K2 ile SA_GenelTeknik_K2				
Bölümler	Eğitim Veri Kümesi		Test Veri Kümesi	
Doğru Tahmin	41	%78.85	17	%73.91
Hatalı Tahmin	11	%21.15	6	%26.09
Toplam	52		23	

Yine eğitim ve test veri kümelerinde her bir kategori için hesaplanan doğru ve hatalı tahmin sayıları Çizelge 9.18'de verilmiştir.

Çizelge 9.18 : Karar modeli 5-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri		
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	22	4
	Kategori 2	7	19
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	7	3
	Kategori 2	3	10

Eğitim veri kümesinde, sapma olmayan ya da sapma oranları %10 ve altında olan 26 adet projeden 22'si; test veri kümesinde ise on adet projeden yedisi doğru tahmin edilir. Benzer şekilde eğitim veri kümesinde sapma oranları %10'un üzerinde olan 26 adet projeden 19'u doğru tahmin edilir. Çizelge 9.19, eğitim ve test veri kümelerinden bağımsız olarak modelin tahmin değerlerini gerçek değerlerle karşılaştırır. Model sapma olmayan ya da sapma oranları %10 ve altında olan projelerin yaklaşık %80.56'sını doğru tahmin eder. Sapma oranları %10'un üzerinde olan projelerin doğru tahmin edilme oranı ise yaklaşık %74.36'dır.

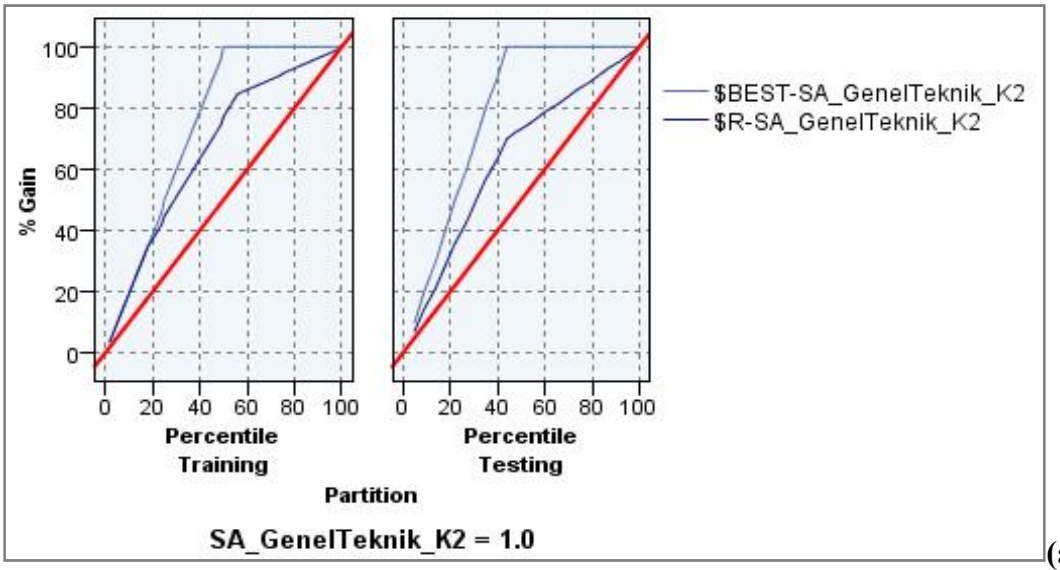
Çizelge 9.19 : Karar modeli 5-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_GenelTeknik_K2		Tahmin Değerleri		
		Kategori 1	Kategori 2	Toplam
Kategori 1	Sayı	29	7	36
	Satır (%)	**80.556**	19.444	100
	Kolon (%)	74.359	19.444	48
Kategori 2	Sayı	10	29	39
	Satır (%)	25.641	**74.359**	100
	Kolon (%)	25.641	80.556	52
Toplam	Sayı	39	36	75
	Satır (%)	52	48	100
	Kolon (%)	100	100	100

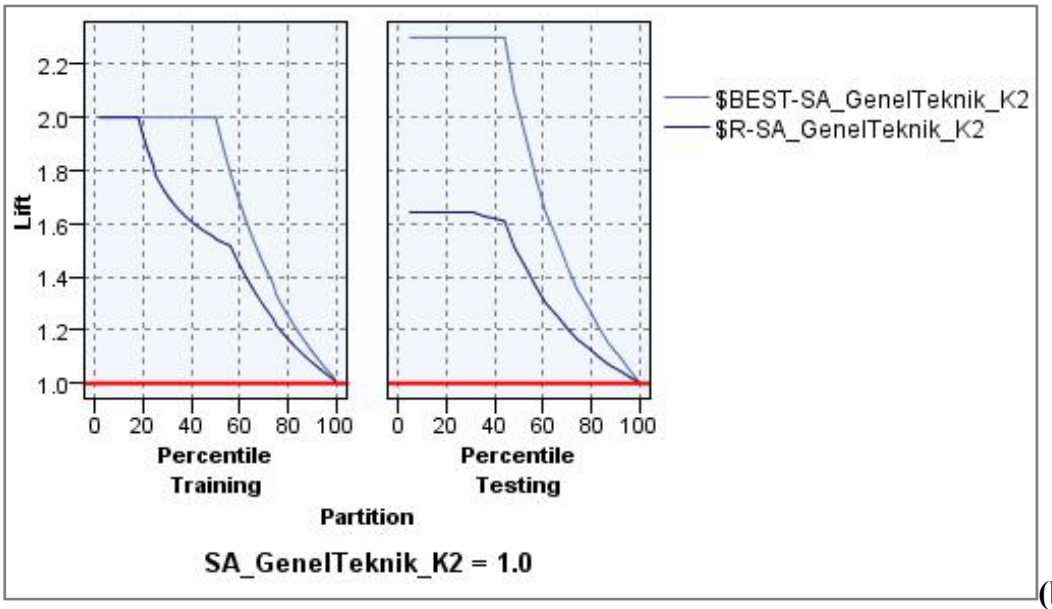
Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare =22.617, df = 1, p= 0

Kazanç ve kaldıraç değerleri:

Şekil 9.19 GTP süre sapma modelindeki ilk kategori için hesaplanan kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.19a, sapma olmayan ya da sapma değerleri %10 ve altında olan projelerin kazanç değerlerini gösterir. Buna göre, eğitim ve test veri kümelerindeki %40'lık dilimlerin kazancı yaklaşık %63'tür. Sapma olmayan ya da sapma değerleri %10 ve altında olan projelerin kaldıraç değerleri Şekil 9.19b'de verilmiştir. %20'lik dilimdeki kaldıraç değerleri eğitim veri kümesinde iki iken test veri kümesinde 1.64'tür.



(a)

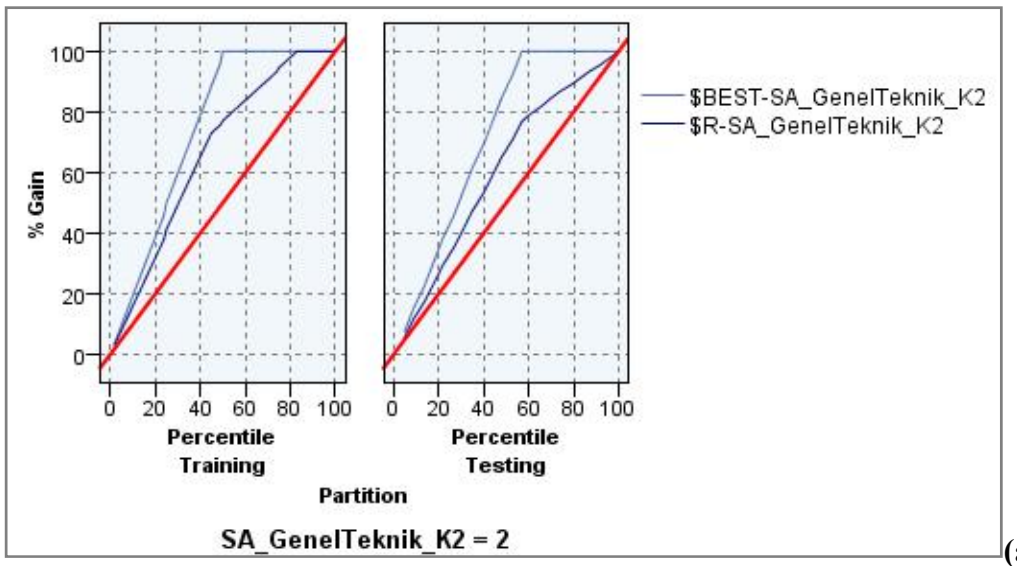


(b)

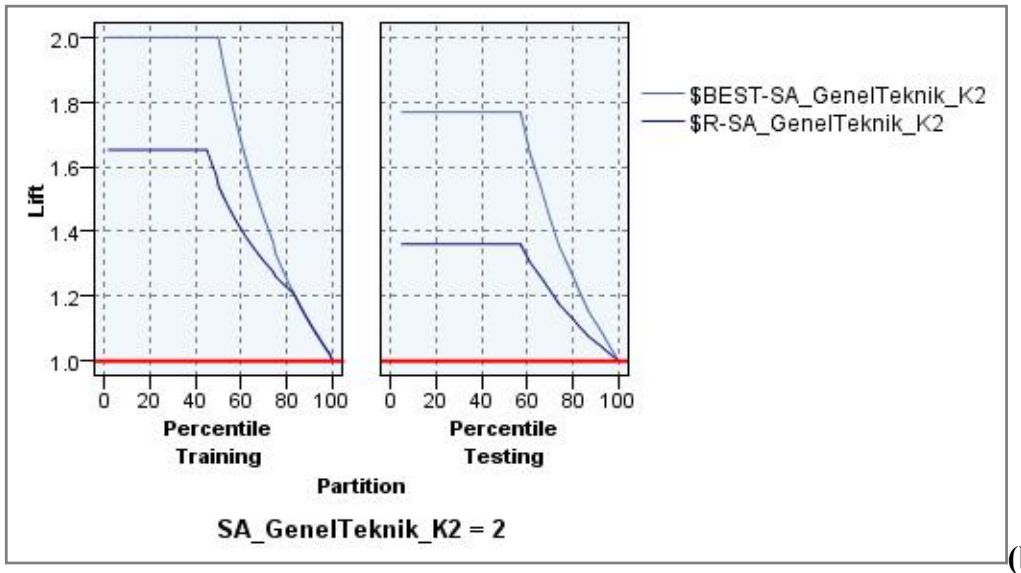
Şekil 9.19 : Karar modeli 5-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.20 GTP kaynaklı süre sapma oranlarının %10'un üzerinde olduğu projelerdeki kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.20a, bu kategori için

modelin ürettiği kazanç değerlerini ve Şekil 9.20b kaldıraç değerlerini gösterir. Şekil 9.20a'ya göre eğitim ve test veri kümelerindeki %40'lık dilimlerin kazancı sırasıyla yaklaşık %65 ve %53'tür. Şekil 9.20b'ye göre %20'lik dilimdeki kaldıraç değerleri eğitim veri kümesinde 1.65 iken, test veri kümesinde bu değer 1.36'dır.



(a)



(b)

Şekil 9.20 : Karar modeli 5-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

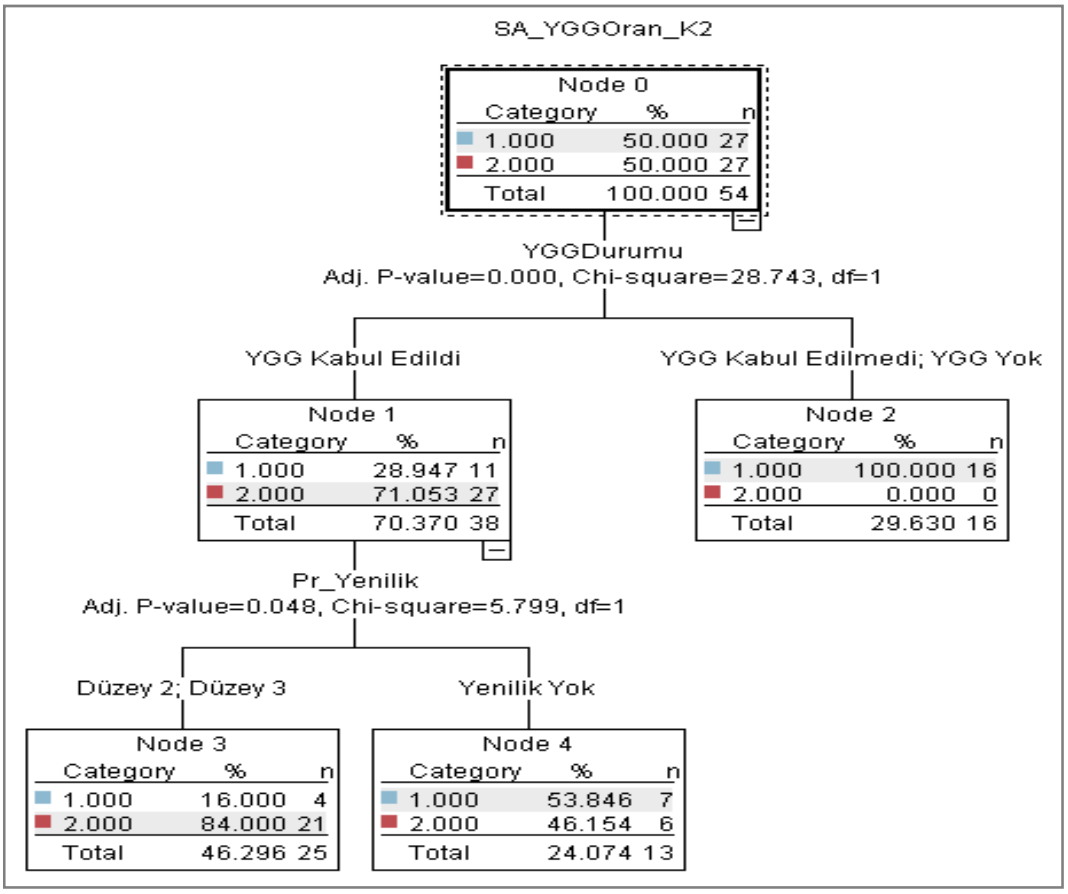
9.3.3 YGG kaynaklı sapmaların modellenmesi

9.3.3.1 Karar modelini oluşturma ve değerlendirme

Bu bölümde yeni gereksinimlerin neden olduğu süre sapmaları Çizelge 9.16'da verilen girdi parametrelerine göre incelenir. Ürün geliştirme sürecinin farklı aşamalarında ortaya çıkan gereksinimlerin neden olduğu sapmalar oran ölçeğinde tanımlanmıştır. Modelin sınamasında anlaşılırlığı arttırmak amacıyla oran

ölçeğindeki bu değişken SA_YGGOran_K2 adında iki kategorili bir değişkene dönüştürülür. Yeni gelen gereksinimlerin projede sapmaya neden olmama durumları birinci kategoride, diğer tüm durumlar ise ikinci kategoride toplanır. Modelin ürettiği tahmin değerleri $R-SA_YGGOran_K2 değişkeninde saklanır.

Modelleme aracındaki hedef değişkene yeni gelen gereksinimlerin sapma durumları yazılır. Önceki bölümlerde tanımlanan çalışma koşulları değiştirilmeden araç çalıştırılır. Elde edilen karar modeli Şekil 9.21'de verilmiştir. Ürün geliştirme yaşam döngüsünde ortaya çıkan ve kabul edilen gereksinimler projelerde gecikmeye neden olur. Öyle ki, bu kategori altında toplanan projelerin yaklaşık %71'i yeni gelen gereksinimlerden dolayı gecikir.



Şekil 9.21 : Karar modeli 6: YGG kaynaklı sapmalar.

Yeni gelen gereksinimlerin kabul edilme durumunda geliştirilen ürünün yenilik düzeyi ön plana çıkar. Yenilik özelliği olmayan standart ürün tasarımlarında, yeni gelen gereksinimlerden dolayı projelerin gecikme olasılığı %46'dır. Bu kategorideki projelerin gecikmeme olasılığı ise yaklaşık %54'tür. Geliştirilen üründe yenilik özelliği varsa, yeni gelen gereksinimlerden dolayı gecikme olasılığı %84'e çıkar.

İki seviyede oluşturulan bu karar ağacı modeli ki-kare istatistik değerlerinin sağlanamaması nedeniyle daha fazla büyümez.

9.3.3.2 Karar modelinin doğrulanması

Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması:

Şekil 9.21'de verilen modelin ürettiği tahmin değerleri gerçek değerlerle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.20'de özetlenmiştir. Eğitim ve test veri kümelerindeki modelin doğru tahmin etme olasılıkları sırasıyla %81.48 ve %90.48'dir.

Çizelge 9.20 : Model 6-genel karşılaştırma tablosu.

$R-SA_YGGOran_K2 ile SA_YGGOran_K2				
Bölümler	**Eğitim Veri Kümesi**		**Test Veri Kümesi**	
Doğru Tahmin	44	%81.48	19	%90.48
Hatalı Tahmin	10	%18.52	2	%9.52
Toplam	54		21	

Çizelge 9.21, eğitim ve test veri kümelerinde hedef değişkenin tüm kategorileri için hesaplanan doğru ve hatalı tahmin sayılarını gösterir. Eğitim veri kümesinde yeni gereksinimlerden dolayı gecikmeyen 27 adet projeden 23'ü doğru tahmin edilir. Yine eğitim veri kümesinde yeni gelen gereksinimlerden dolayı geciken 27 adet projede 21'i doğru tahmin edilir.

Çizelge 9.21 : Karar modeli 6-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri		
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	23	4
	Kategori 2	6	21
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2
	Kategori 1	11	1
	Kategori 2	1	8

Eğitim ve test veri kümelerinden bağımsız olarak YGG kaynaklı sapma modelinin tahmin değerleri gerçek değerleriyle karşılaştırılmış, sonuçlar Çizelge 9.22'de özetlenmiştir. Birinci ve ikinci kategorideki projelerin doğru tahmin edilme olasılıkları sırasıyla yaklaşık %87.2 ve %80.6'dır. Analiz sonuçları yeni gelen

gereksinimlerden dolayı geciken projelerin %19.4 olasılıkla gecikmeyen projeler kategorisinde tahmin edildiğini gösterir.

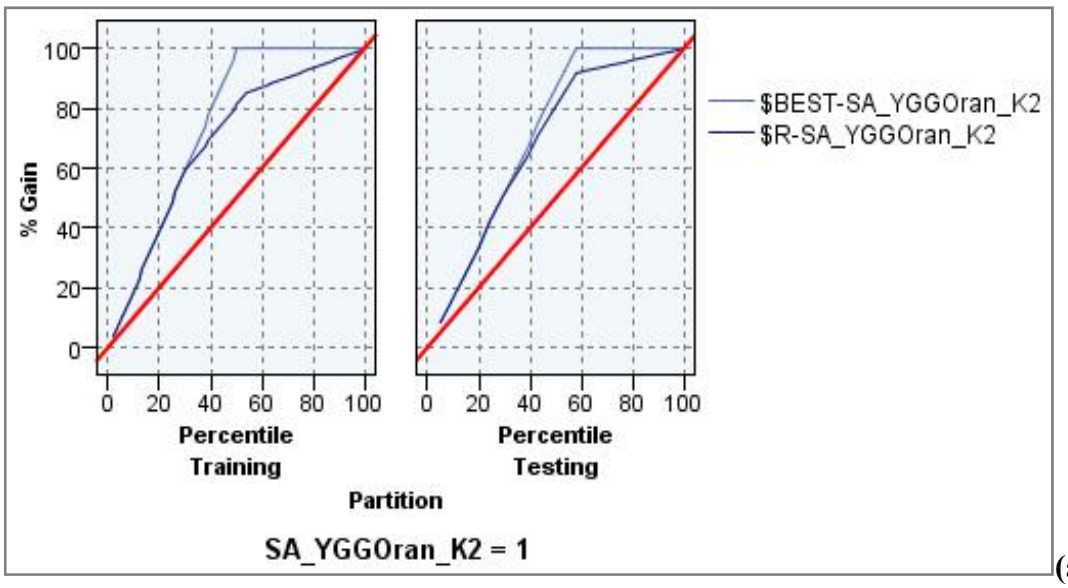
Çizelge 9.22 : Model 6-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_YGGOran_K2		Tahmin Değerleri		
		Kategori 1	Kategori 2	Toplam
Kategori 1	Sayı	34	5	39
	Satır (%)	**87.179**	12.821	100
	Kolon (%)	82.927	14.706	52.000
Kategori 2	Sayı	7	29	36
	Satır (%)	19.444	**80.556**	100
	Kolon (%)	17.073	85.294	48
Toplam	Sayı	41	34	75
	Satır (%)	54.667	45.333	100
	Kolon (%)	100	100	100

Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare =34.657, df = 1, p= 0

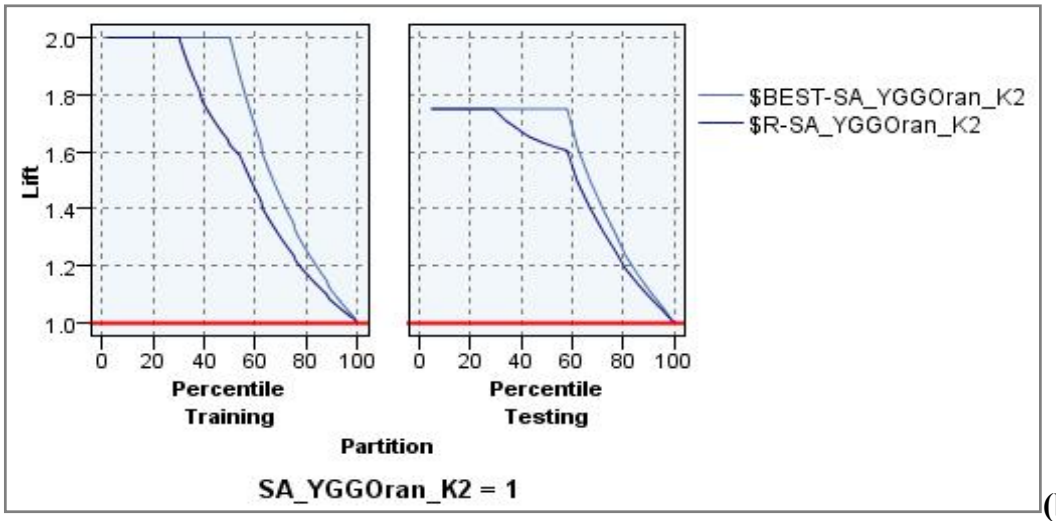
Kazanç ve kaldıraç değerleri:

SA_YGGOran_K2 hedef değişkeninin ilk kategorisinde yeni gelen gereksinimler nedeniyle gecikmeyen projeler yer alır. Şekil 9.22, modelin bu ilk kategori için hesapladığı kazanç ve kaldıraç değerlerini gösterir. Şekil 9.22a, eğitim ve test veri kümelerindeki %40'lık dilimlerin kazancını sırasıyla yaklaşık %70 ve %68 olarak verir. Sapma olmayan projelerin kaldıraç değerleri Şekil 9.22b'de verilmiştir. Buna göre, %20'lik dilimdeki kaldıraç değerleri eğitim veri kümesinde iki iken test veri kümesinde 1.75'tir.



(a)

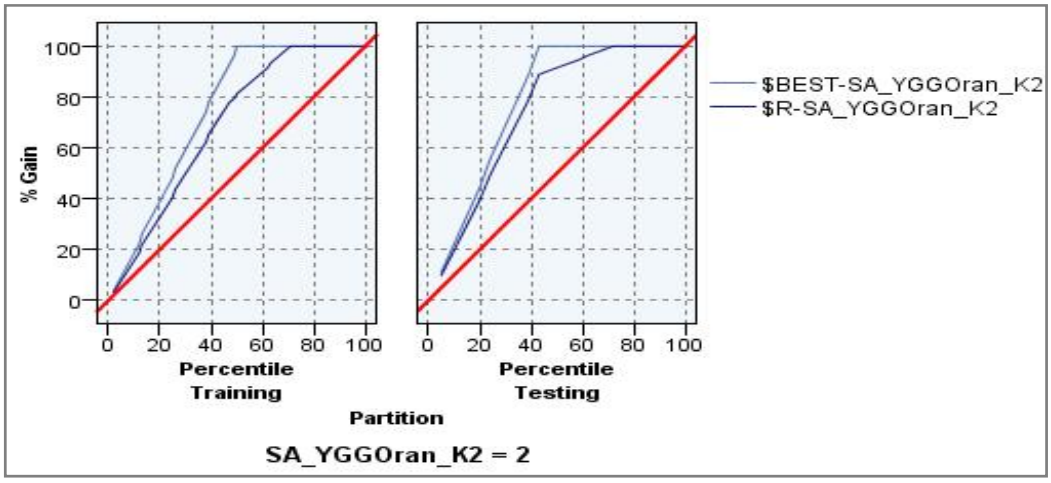
Şekil 9.22 : Karar modeli 6-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.



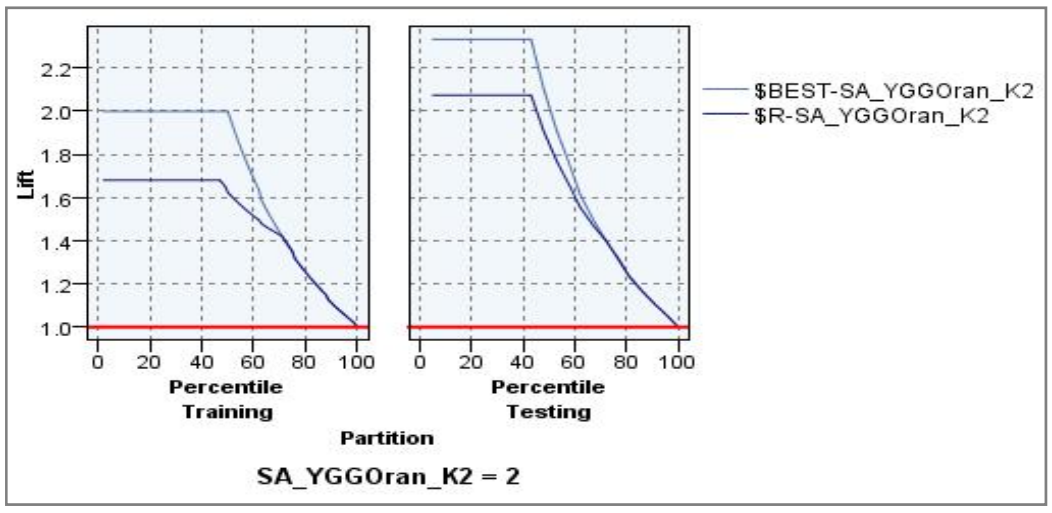
(b)

Şekil 9.22 (devam): Karar modeli 6-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

SA_YGGOran_K2 hedef değişkeninin ikinci kategorisinde yeni gelen gereksinimler nedeniyle geciken projeler yer alır. Modelin ikinci kategorisi için ürettilen kazanç ve kaldıraç değerleri Şekil 9.23'te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 9.23 : Karar modeli 6-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Bu kategori için hesaplanan kazanç değerleri Şekil 9.23a'da ve kaldıraç değerleri Şekil 9.23b'de verilmiştir. Buna göre, eğitim veri kümesindeki %40'lık dilime ait kazanç değeri yaklaşık %67'dir. Diğer taraftan, test veri kümesinde bu değer yaklaşık %80'e çıkar. Eğitim veri kümesinde %20'lik dilimin kaldıraç değeri 1.68 iken bu değer test veri kümesinde yaklaşık 2.1'e çıkar.

9.3.4 Satın alma kaynaklı sapmaların modellenmesi

9.3.4.1 Karar modelini oluşturma ve değerlendirme

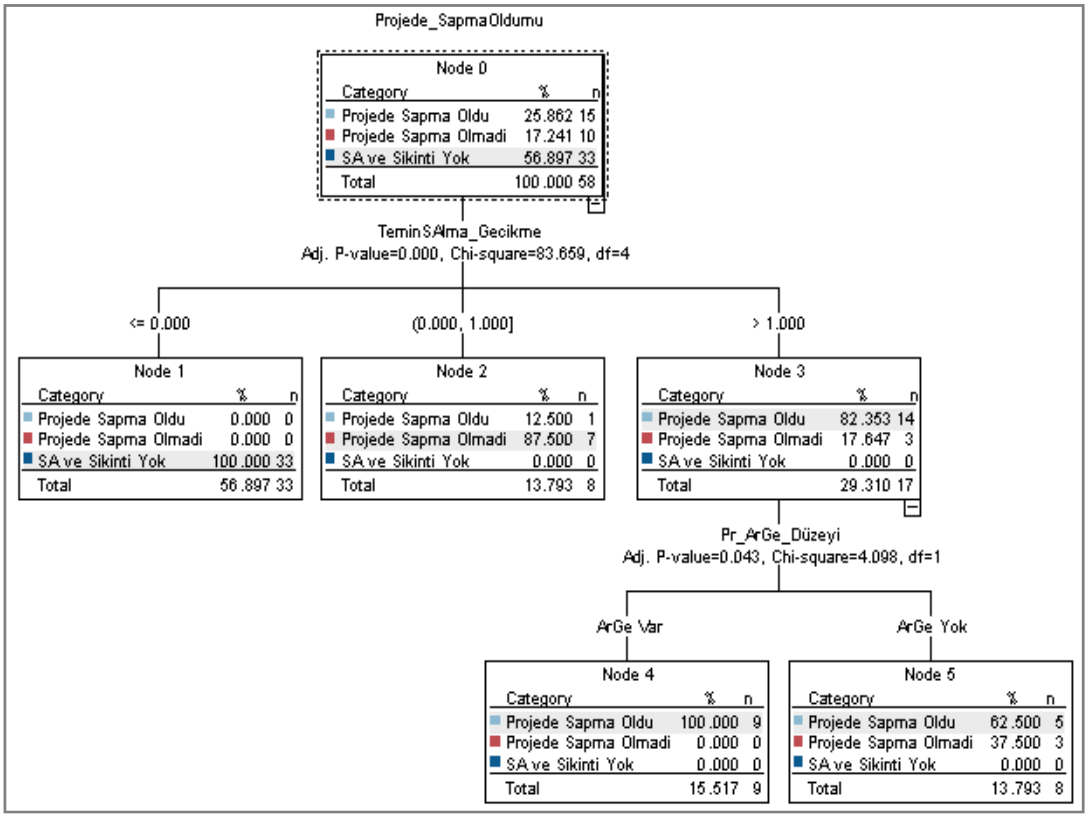
Ürün geliştirme yaşam döngüsünde yazılım ya da donanım tedarikinden kaynaklanan sıkıntılar olabilir. Bu bölümde satın alma sürecinden kaynaklanan gecikmeler ele alınmakta, gecikmeleri etkileyen durumlar karar ağacı yöntemiyle ortaya çıkarılmaktadır. Model, satın alma sürecinin neden olduğu sapma durumlarını hedef değişkeni olarak kabul eder. "Projede_SapmaOldumu" değişkeni satın alma sıkıntılarını üç kategoride inceler: (1) Satın alma yok ya da sıkıntı yok; (2) satın alma var, sıkıntı var ama sapma yok ve (3) satın alma nedeniyle projede sapma var. Bu değişkenle ilgili tanımlamalar Çizelge C.12'de verilmiştir (bkz. EK C). Modelin ürettiği tahmin değerleri $R_Projede_SapmaOldumu değişkeninde saklanır.

Satın alma problemlerini etkileyebilecek olası etmenler Çizelge 9.23'te verilmiştir. Ürün niteliği, ekibin ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri, ürünün yenilik ve Ar-Ge düzeyleri, yazılım ve donanım tedarikinde sıkıntı yaşama durumları bu modelin girdi değişkenleri arasında yer alır.

Çizelge 9.23 : Model 7'nin girdi parametreleri.

Ürünün Ar-Ge ve yenilikçilik yönü (Pr_Yenilik ve Pr_ArGe)
Ürünün niteliği (ProjeNiteliği)
Ürün gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi (Gerek_Tasarım_K2, Gerek_Operasyonel_K2 ve Gerek_Islevsel_K)
Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri (EkipYetkin_Alan, EkipYetkin_Proje ve EkipYetkin_Teknik)
Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri (PY_Yetkinlik_K, PYYetkin_Alan ve PYYetkin_Teknik)
Referans alınan alt yapıların ya da ürünlerin olma durumu (Pr_ReferansYapı_Var)
Yeniden kullanım (Pr_YenidenKullanım)
Proje öncesinde ön hazırlık yapılma durumu (Pr_ÖncesiÇalışma)
Ürün temininde yaşanan sıkıntılar (SI_SAlma, SI_SWTemin, SW_PrSapmaOldumu, SI_HWTemin, HW_PrSapmaOldumu)
Ürün temindeki toplam gecikme (TeminSAlma_Gecikme)

IBM SPSS Modeler 14.1 modelleme aracında hedef ve girdi parametreleri seçilmiş, Bölüm 9.1'de verilen çalışma koşulları tanımlanarak araç çalıştırılmıştır. Elde edilen karar modeli Şekil 9.24'te verilmiştir.



Şekil 9.24 : Karar modeli 7: satın alma kaynaklı sapmalar.

Satın alma sürecinde ürünün geç teslim edilmesi, o an içinde bulunulan süreci ve projenin genelini olumsuz yönde etkiler. Ürün teslim süresinin en fazla bir ay gecikmesi durumunda projelerin planlanan süreden sapma olasılığı yaklaşık %12.5'tir. Bir aydan fazla gecikmeler yaşandığı takdirde proje süresinde sapma olma olasılığı da artar. Bu gruptaki projelerin yaklaşık %82'sinde satın alma kaynaklı proje gecikmeleri görülür. Projelerin yaklaşık %18'sinde ilgili proje aşamasında gecikme olmasına rağmen proje genelinde bu gecikme bir şekilde telafi edilir, projede satın alma kaynaklı bir sapma oluşmaz.

Satın alma problemleri Ar-Ge projelerinde daha etkilidir. Ürün temininde bir aydan fazla gecikme yaşayan projelerde Ar-Ge özelliği varsa proje genelinde gecikme olma olasılığı da artar. Öyle ki, Ar-Ge projelerinin tamamı temin süresindeki gecikmeden etkilenir; proje genelinde satın alma kaynaklı sapmalar oluşur.

Diğer taraftan, Ar-Ge özelliği olmayan bir projede temin süresinde gecikme olduğunda tüm projenin gecikme olasılığı %62.5'e düşer. Diğer bir deyişle, ürün temininde bir aydan fazla gecikme yaşayan uygulama projelerinde satın alma kaynaklı proje gecikmelerinin olma olasılığı %62.5'tir.

9.3.4.2 Karar modelinin doğrulanması

Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması:

Satın alma kaynaklı proje süre sapmaları Şekil 9.24'te verilen karar ağacı yapısıyla modellenmiştir. Bu bölümde geliştirilen modelin tahmin gücü sınanır. Çizelge 9.24, eğitim ve test veri kümelerinde modelin ürettiği tahmin değerlerini gerçek değerlerle karşılaştırır. Eğitim ve test veri kümelerinde modelin doğru tahmin etme oranları sırasıyla %93.1 ve %88.24'tür.

Çizelge 9.24 : Karar modeli 7-genel karşılaştırma tablosu.

$R-Projede_SapmaOldumu ile Projede_SapmaOldumu				
Bölümler	**Eğitim Veri Kümesi**		**Test Veri Kümesi**	
Doğru Tahmin	54	%93.1	15	%88.24
Hatalı Tahmin	4	%6.9	2	%11.76
Toplam	58		17	

Çizelge 9.25, eğitim ve test veri kümelerinde hedef değişkenin tüm kategorileri için hesaplanan doğru ve hatalı tahmin sayılarını gösterir. Eğitim veri kümesinde satın alma problemleri nedeniyle geciken 15 projeden 14'ü doğru tahmin edilir. Yine eğitim veri kümesinde satın alma problemlerinin sapmaya neden olmadığı on projeden yedisi doğru tahmin edilir.

Çizelge 9.25 : Karar modeli 7-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri			
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	14	1	0
	Kategori 2	3	7	0
	Kategori 3	0	0	33
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	3	0	0
	Kategori 2	2	1	0
	Kategori 3	0	0	11

Çizelge 9.26, eğitim ve test veri kümelerinden bağımsız olarak tüm örneklemin tahmin ve gerçek değerlerini verir. Satın alma kaynaklı gecikmelerin yaşandığı projelerin doğru tahmin edilme olasılığı yaklaşık %94.4'tür. Satın alma nedeniyle sıkıntı yaşayan ama bu sıkıntıların proje genelinde bir gecikmeye dönüşmediği projelerin doğru tahmin edilme olasılığı ise yaklaşık %61.54'tür.

Burada önemli olan ürün temininde yaşanan sıkıntıların proje süresini ne kadar geciktirdiğidir. Ürün tedarikinde sıkıntı olmaması durumunda satın alma faaliyetleri sorunsuz işler, projelerde bu faaliyetten dolayı gecikme olmaz. Bu nedenle modelde birinci ve ikinci kategorilerin doğru tahmin edilme oranı çok daha önemlidir.

Çizelge 9.26 : Karar modeli 7-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

Projede_SapmaOldumu		Tahmin Değerleri			
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Toplam
Kategori 1	Sayı	17	1	0	18
	Satır (%)	**94.444**	5.556	0	100
	Kolon (%)	77.273	11.111	0	24.000
Kategori 2	Sayı	5	8	0	13
	Satır (%)	38.462	**61.538**	0	100
	Kolon (%)	22.727	88.889	0	17.333
Kategori 3	Sayı	0	0	44	44
	Satır (%)	0	0	**100**	100
	Kolon (%)	0	0	100	58.667
Toplam	Sayı	22	9	44	75
	Satır (%)	29.333	12.000	58.667	100
	Kolon (%)	100	100	100	100

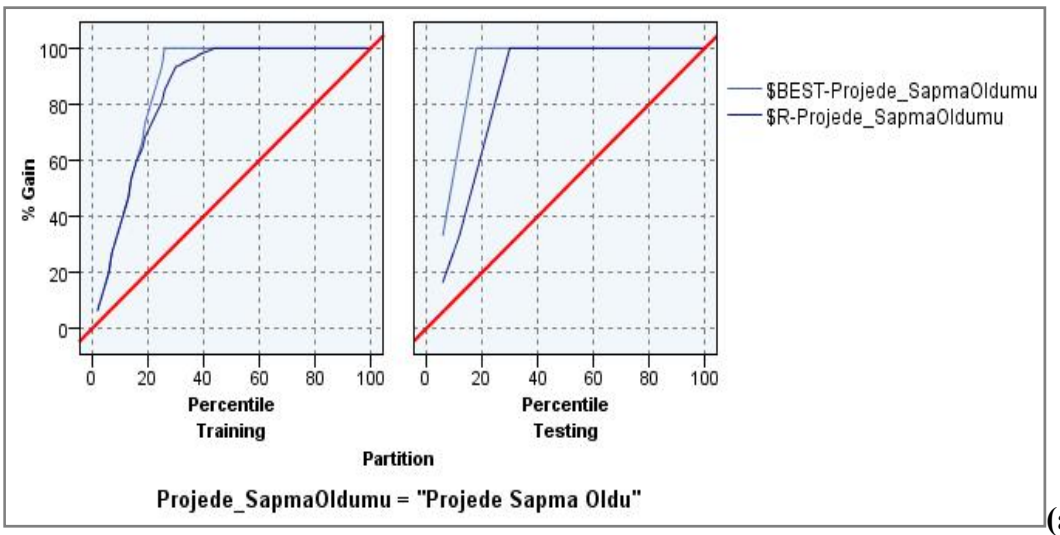
Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare = 102.779, df = 4, p= 0

Birinci kategori için hesaplanan doğru tahmin oranı oldukça yüksektir. Bu kategorideki projelerin sapma yokmuş gibi tahmin edilme oranı sadece %5.6'dır. Öte yandan ikinci kategori için hesaplanan doğru tahmin oranı nispeten düşüktür. Satın alma sıkıntılarının sapmaya dönüşmediği durumlar sapmaya dönüşmüş gibi tahmin edilebilmektedir. İkinci kategorideki projelerin birinci kategoride tahmin edilme oranı %38.5'tir.

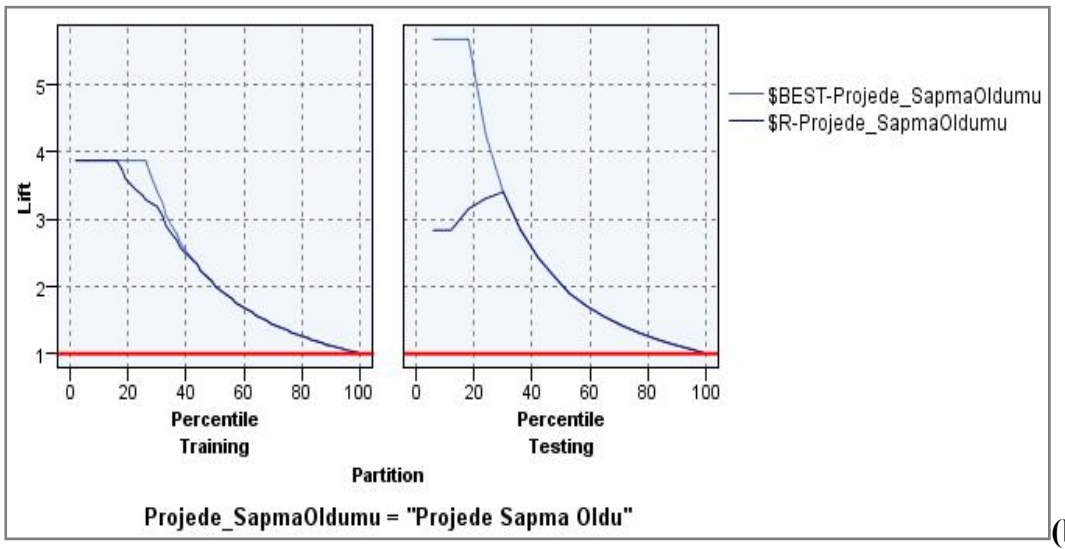
Kazanç ve Kaldıraç Değerleri:

Şekil 9.25, satın alma faaliyetlerinden dolayı geciken projelerin kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.25a, modelin ürettiği kazanç değerlerini ve Şekil 9.25b ise kaldıraç değerlerini gösterir.

Şekil 9.25a'ya göre eğitim ve test veri kümelerindeki %20'lık dilimlerin kazancı yaklaşık %70'tir. Şekil 9.25b, aynı kategorinin kaldıraç değerlerini verir. Buna göre, eğitim veri kümesinde %20'lik dilimdeki kaldıraç değeri 3.55'tir. Test veri kümesinde %30'luk dilimdeki kaldıraç değeri ise 3.2'dir.



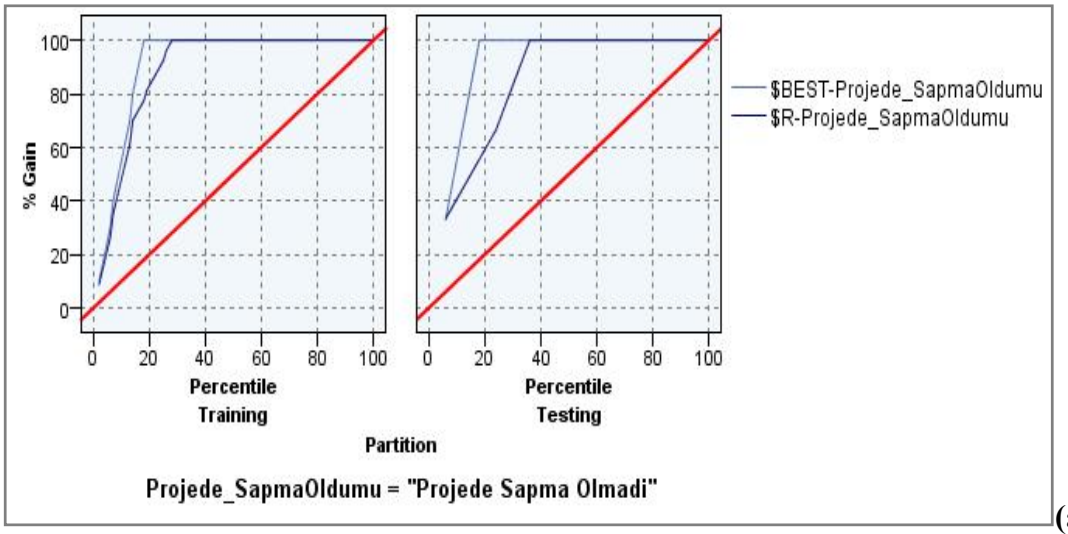
(a)



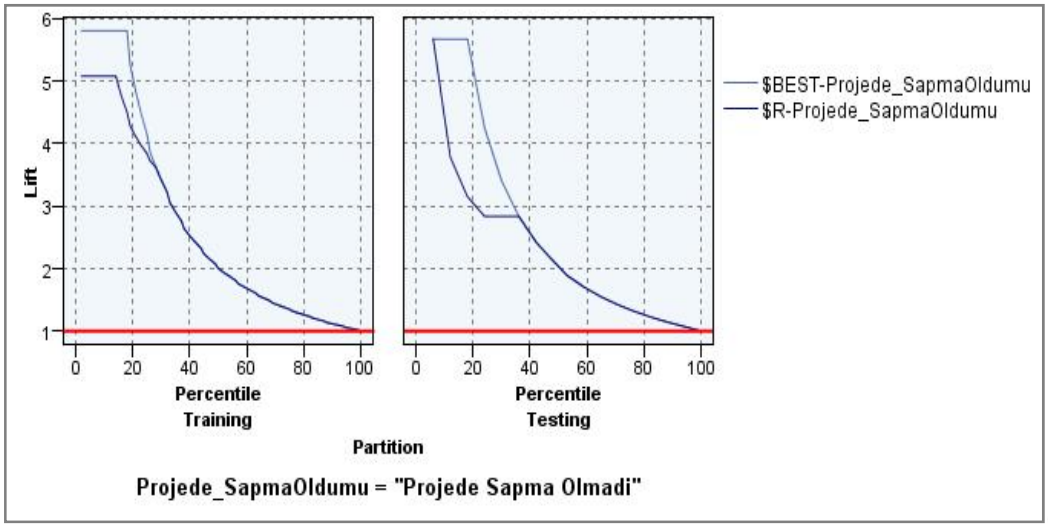
(b)

Şekil 9.25 : Karar modeli 7-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.26 satın alma sıkıntılarının sapmaya dönüşmediği projelerde modelin ürettiği kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.26a modelin kazanç değerlerini ve Şekil 9.26b ise modelin kaldıraç değerlerini gösterir. Buna göre, eğitim veri kümesindeki %20'lik dilime ait kazanç değeri yaklaşık %83'tür. Diğer taraftan, test veri kümesinde bu değer yaklaşık %60'a iner. Yine, eğitim veri kümesinde %20'lik dilimin kaldıraç değeri 4.2 iken bu değer test veri kümesinde yaklaşık 2.8'dir.



(a)



(b)

Şekil 9.26 : Karar modeli 7-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

9.4 Dolaylı Etmenlere Göre Süre Sapmalarının Modellenmesi

Bu bölümde projelerdeki süre sapma oranları ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumuna ve proje yöneticisinin yetkinlik düzeylerine göre ayrı ayrı modellenir, oluşturulan modellerin doğru tahmin oranları karşılaştırılır. Bu bölümün ilk modeli (tüm bölümün 8. modeli) proje yöneticisinin yetkinlik düzeylerine, ikinci modeli (tüm bölümün 9. modeli) ise ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumlarına göre karar ağaçlarındaki ilk ayrıştırmayı başlatır.

9.4.1 Karar modellerini oluşturma ve değerlendirme

SA_SüreOran_K31 değişkeni her iki modelin hedef değişkenidir. Proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan modelin girdi parametreleri Çizelge 9.27'de verilmiştir. Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri iki kategoriye indirilen

değişkenlerle değerlendirilir. Beşli Likert ölçeğinde tanımlanan yetkinlik düzeyleri, Bölüm 7.1.4.2'de elde edilen bulgulara göre iki kategoriye indirilir. Yetkinliği ya da uzmanlığı çok iyi olanlar bir kategoride; yetkinliği ya da uzmanlığı olmayanlar yahut az, orta ve iyi düzeyde olanlar diğer kategoride toplanır (bkz. EK C, Çizelge C.12).

Projelerin Ar-Ge ve yenilik düzeyleri, ürün niteliği, proje yöneticisinin yetkinlik düzeyi, ekip elemanlarının yetkinlik düzeyi, proje öncesinde yürütülen ön hazırlık çalışmaları, referans alınan yapılar ya da ürünler ve yeniden kullanım gibi dolaylı etmenler girdi değişkeni olarak tanımlanır.

Çizelge 9.27 : Karar modeli 8'in girdi parametreleri.

Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri (EkipYetkin_Alan, EkipYetkin_Proje ve EkipYetkin_Teknik)
Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri (PY_Yetkinlik_K, PY_AlanUzmanı_K ve PY_TeknikYetkinlik_K)
Referans alınan alt yapıların ya da ürünlerin olma durumu (Pr_ReferansYapı_Var)
Yeniden kullanım (Pr_YenidenKullanım)
Proje öncesinde ön hazırlık yapılma durumu (Pr_ÖncesiÇalışma)
Ürünün Ar-Ge ve yenilik yönü (Pr_Yenilik ve Pr_ArGe)
Ürünün niteliği (ProjeNiteliği)
Müşteriden destek alma durumları (MüşteridenDestekAlmaDüzeyi)

Gereksinimlerin tam olma durumunu referans alan modelin girdi parametreleri Çizelge 9.28'de verilmiştir.

Çizelge 9.28 : Karar modeli 9'un girdi parametreleri.

Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri (PY_Yetkinlik_K, PY_AlanUzmanı_K ve PY_TeknikYetkinlik_K)
Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri (EkipYetkin_Alan, EkipYetkin_Proje ve EkipYetkin_Teknik)
Ürün gereksinimlerinin düzeyi(Gereksinimler_Tam, Gerek_Operasyonel_K, Gerek_İşlevsel_K ve Gerek_Tasarım_K)
Müşteriden destek alma durumları (MüsteridenDestekAlmaDüzeyi)
Referans alınan alt yapıların ya da ürünlerin olma durumu (Pr_ReferansYapı_Var)
Yeniden kullanım (Pr_YenidenKullanım)
Proje öncesinde ön hazırlık yapılma durumu (Pr_ÖncesiÇalışma)
Ürünün Ar-Ge ve yenilik yönü (Pr_Yenilik ve Pr_ArGe)
Ürünün niteliği (ProjeNiteliği)

Ürün niteliği, ürünün Ar-Ge ve yenilik düzeyleri, proje yöneticisinin ve proje ekibinin yetkinlik düzeyleri, yeniden kullanım, referans alınan yapılar ya da ürünler

ve ön hazırlık çalışmaları bu modelde de girdi değişkeni olarak tanımlanır. Öte yandan modele, gereksinimlerin tanımlanma düzeyi ile müşteri katılımı ya da desteği etmenleri ilave edilmiştir.

Ürün gereksinimlerinin tam olma durumu ile operasyonel gereksinimleri çok iyi, işlevsel ve tasarım gereksinimleri ise en az iyi seviyede tanımlayan projeler anlatılır. Ürün gereksinimlerinin tam olma durumu Bölüm 3.3.3'te ve Çizelge C.12'de tanımlanmıştır (bkz. EK C).

Müşteriden destek alma seviyeleri iki kategoride incelenir. Müşteriden hiç destek almayan ya da az yahut orta düzeyde destek alan projeler bir grupta, müşteriden iyi ya da çok iyi düzeyde destek alanlar ise diğer grupta toplanır (bkz. EK C, Çizelge C.12).

IBM SPSS Modeler 14.1 modelleme aracında hedef ve girdi parametreleri seçilir, Bölüm 9.1'de verilen çalışma koşulları tanımlanır. Modelleme aracı Çizelge 9.27'de ve Çizelge 9.28'de verilen girdi değişkenlerine göre ayrı ayrı çalıştırılır; iki farkı ağaç yapısı oluşturulur.

9.4.1.1 PY yönetim yetkinliğine göre sapmaların modellenmesi

Çizelge 9.27'deki girdi değişkenleri kullanılarak Şekil 9.27'de verilen karar ağacı modeli oluşturulur. Proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan model, yönetim tecrübesinin çok iyi olduğu durumlarda yüksek gecikme oranlarına sık rastlanılmadığını gösterir. Bu kategorideki gecikmelerin neredeyse tamamı ürünün yenilik özelliğiyle ilgilidir.

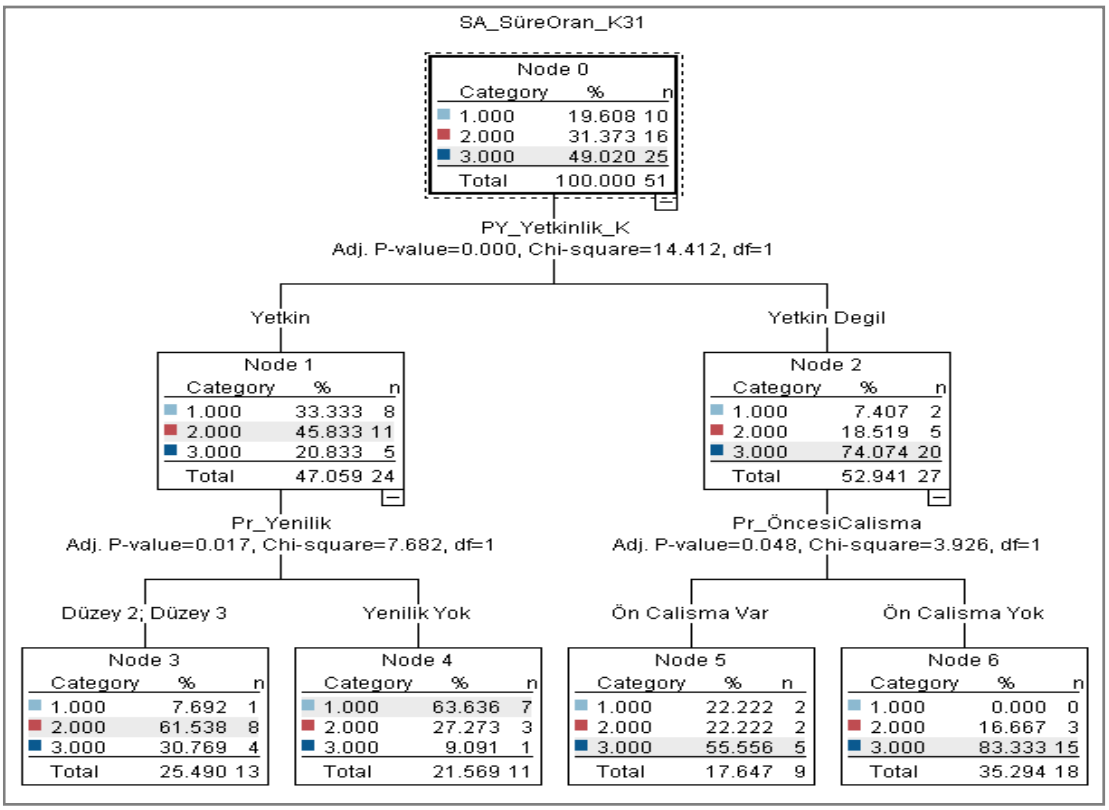
Deneyimli proje yöneticileri tarafından yönetilen projelerde süre sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı yaklaşık %21'dir. Yenilik özelliği olmayan projeler deneyimli proje yöneticileri tarafından yönetilirse gecikme olma olasılığı da en aza iner. Bu kategorideki projelerin yaklaşık %64'ünde ya süre sapmasına hiç rastlanılmaz ya da sapma oranları %15'in altında kalır. Deneyimli proje yöneticileri tarafından yürütülen ve yenilik özelliği olmayan projelerde, süre sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı sadece %9'dur.

Diğer taraftan, deneyimli proje yöneticileri tarafından yönetilse bile yeni ürün geliştirme sürecinde gecikme kaçınılmazdır. Deneyimli proje yöneticileri tarafından yönetilen yeni ürün tasarımlarında, süre sapma oranlarının %15 ile %50 arasında

kalma olasılığı yaklaşık %61.5'tir. Yine bu kategorideki projelerde sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı yaklaşık %30.8'dir.

Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi çok iyi değilse, projelerin yaklaşık %74'ünde süre sapma oranları %50'nin üzerindedir. Bu gruptaki projeler proje başlamadan önce sistematik bir şekilde ön hazırlık çalışması yürütmüşlerse, bu oran yaklaşık %56'lara düşer.

Öte yandan, ön hazırlık çalışması yapılmayan ve yetkin proje yöneticileri tarafından yönetilmeyen projelerin yaklaşık %83'ünde, süre sapma oranları %50'nin üzerindedir. Yine bu kategorideki projelerin yaklaşık %17'sinde süre sapma oranları %15 ile %50 arasında kalır.



Şekil 9.27 : Karar modeli 8: PY yönetim yetkinliğine göre sapma oranları.

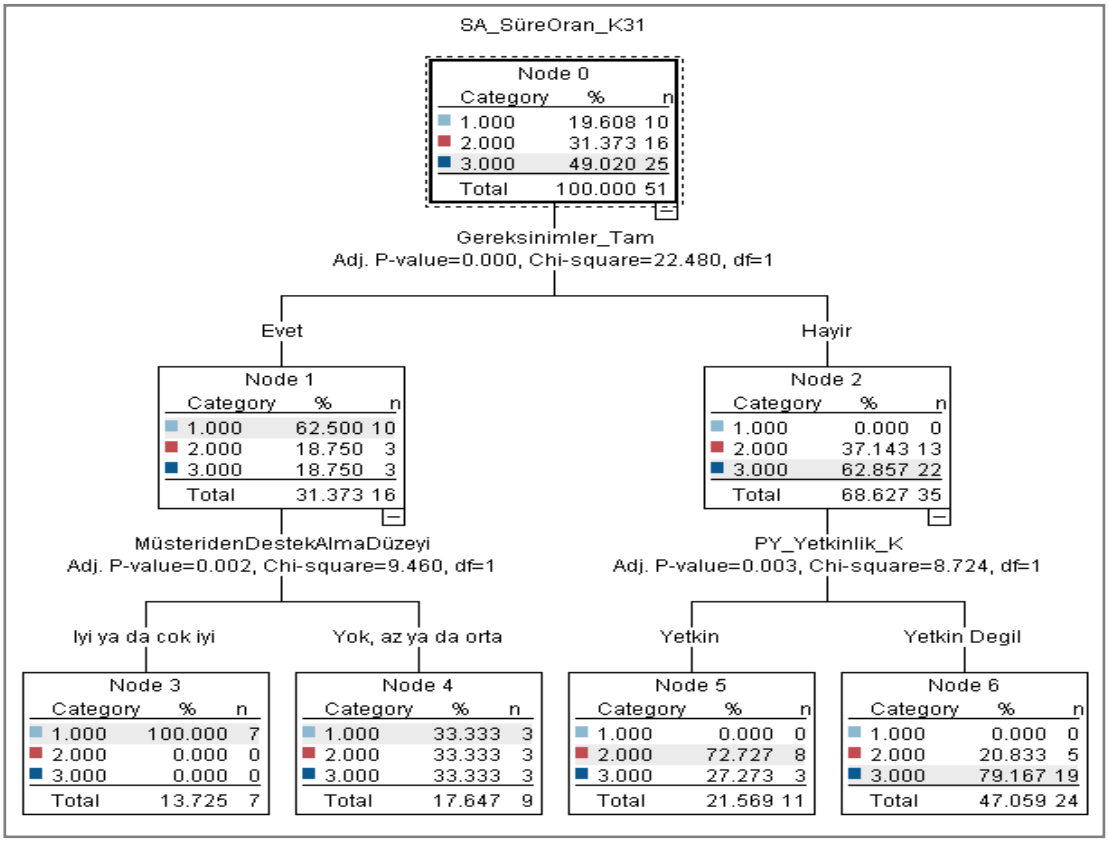
9.4.1.2 Gereksinim durumuna göre sapmaların modellenmesi

Şekil 9.28 gereksinimlerin tanımlı olma durumuna göre proje süresindeki sapma oranlarını gösterir. Oluşturulan modele göre, proje başlangıcında ürün gereksinimleri tam ve doğru bir şekilde tanımlanmışsa, projelerde yüksek süre sapma oranlarına pek rastlanmaz. Öyle ki, bu gruptaki projelerin %62.5'i ya hiç gecikmez ya da planlanan

sürenin %15'i kadar gecikir. Yine bu kategoride süre sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı yaklaşık %18.75'tir.

Gereksinimlerin tam olduğu projelerde müşteriden kuvvetli bir destek gelirse, projelerin tamamı gecikmeye uğramadan ya da en fazla %15 gibi düşük bir oranda plandan saparak tamamlanır. Müşterinin projeye destek vermediği ya da desteğin az ya da orta seviyede kaldığı durumlarda gecikmeme olasılığı yaklaşık %33.3'e iner.

Proje başlangıcında ürün gereksinimleri tam değilse gecikmenin yüksek miktarda olması kaçınılmazdır. Bu gruptaki projelerin yaklaşık %63'ünde süre sapma oranları %50 ve üzerindedir. Tam olmayan gereksinimler projelerde gecikmeye neden olur. Eğer bu tip projeler tecrübeli bir yönetici tarafından yönetilirse, gecikmenin çok yüksek değerlerde olmaması sağlanır. Profesyonel bir yönetici tarafından idare edilen projelerde sapma oranlarının %15 ile %50 arasında kalma olasılığı yaklaşık %72.7'dir. Eğer projeler çok iyi yönetim tecrübesine sahip olmayan yöneticiler tarafından idare edilirse, gecikmenin bu aralıkta kalma olasılığı yaklaşık %21'e düşer. Bu tip projelerde süre sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı yaklaşık %79'dur.



Şekil 9.28 : Karar modeli 9: gereksinim durumuna göre sapma oranları.

9.4.2 Modellerin doğrulanması

9.4.2.1 Tahmin ve gerçek değerlerinin karşılaştırılması

Oluşturulan modeller sınanırken her bir modelin ürettiği tahmin değerleriyle gerçek değerler karşılaştırılır. Çizelge 9.29, proje yöneticisinin yönetim yetkinliğine göre oluşturulan modelin eğitim ve test veri kümelerindeki doğru ve hatalı tahmin oranlarını gösterir. Buna göre model, eğitim veri kümesinde %68.63'lük bir oranla doğru tahmin değerleri üretir. Test veri kümesindeki doğru tahmin oranı %75 gibi biraz daha yüksek bir değerdir.

Çizelge 9.29 : Karar modeli 8- genel karşılaştırma tablosu.

$R-SA_SüreOran_K31 ile SA_SüreOran_K31				
Bölümler	Eğitim Veri Kümesi		Test Veri Kümesi	
Doğru Tahmin	35	%68.63	18	%75
Hatalı Tahmin	16	%31.37	6	%25
Toplam	51		24	

Çizelge 9.30, gereksinimleri referans alan modelin eğitim ve test veri kümelerindeki doğru ve hatalı tahmin oranlarını gösterir. Buna göre model, eğitim veri kümesindeki projelerin yaklaşık %72.62'sini doğru tahmin eder. Test veri kümesinde doğru tahmin oranı %66.7'ye düşer.

Çizelge 9.30 : Karar modeli 9- genel karşılaştırma tablosu.

$R-SA_SüreOran_K31 ile SA_SüreOran_K31				
Bölümler	Eğitim Veri Kümesi		Test Veri Kümesi	
Doğru Tahmin	37	%72.55	16	%66.67
Hatalı Tahmin	14	%27.45	8	%33.33
Toplam	51		24	

Proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan modeldeki her bir kategori için hesaplanan doğru ve hatalı tahmin sayıları Çizelge 9.31'de verilmiştir. Buna göre, eğitim veri kümesinde süre sapma oranları %50 ve üzerinde olan projeler, düşük bir yüzdeyle olsa, diğer kategorilerde tahmin edilir. Yine süre sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projeler, nispeten daha yüksek bir oranda, diğer kategorilerde tahmin edilir. Süre sapma oranları çok yüksek olan projelerin daha düşük bir sapma

oranıyla tahmin edilmesi önemli bir durumdur. Çizelge 9.31 düşük bir yüzdeyle de olsa böyle bir ihtimalin olduğunu gösterir.

Çizelge 9.31 : Karar modeli 8-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri			
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	7	1	2
	Kategori 2	3	8	5
	Kategori 3	1	4	20
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	2	0	0
	Kategori 2	1	4	3
	Kategori 3	1	1	12

Gereksinimlerin referans alındığı modelde her bir kategori için hesaplanan doğru ve hatalı tahmin sayıları Çizelge 9.32'de verilmiştir. Bu model, ilk modelde olduğu gibi, süre sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projelerin bir kısmını diğer kategorilerde tahmin eder. Burada esas önemli olan husus, sapma oranları yüksek olan projelerin çok düşük sapma oranlarıyla tahmin edilmesidir. Diğer bir deyişle, sapma oranı %50 ve üzerinde olan projelerin sapma oranı %15 ve altında tahmin edilmesi önemli bir hatadır.

Çizelge 9.32 : Karar modeli 9-eğitim ve test veri kümelerindeki tahmin değerleri.

	Tahmin Değerleri			
Gerçek Değerler	Eğitim Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	10	0	0
	Kategori 2	3	8	5
	Kategori 3	3	3	19
	Test Veri Kümesi	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1	2	0	0
	Kategori 2	3	3	2
	Kategori 3	1	2	11

Proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan modelin tahmin ve gerçek değerleri Çizelge 9.33'te karşılaştırılır. Buna göre, sapma olmayan ya da sapmaların %15'ten az olduğu projelerin doğru tahmin edilme oranı %75'tir. Süre sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projelerde doğru tahmin oranı %50'ye iner. Bu kategorideki projeler %33.3'lük bir oranla üçüncü kategoride ve %16.7'lik bir oranla birinci kategoride tahmin edilir. Proje sapma oranlarının yüksek iken düşük tahmin

edilmesi, düşük iken yüksek tahmin edilmesinden çok daha önemlidir. Bu durumda sapma süresinin yüksek iken düşük tahmin edilme oranı %16.7'dir.

Diğer taraftan, süre sapma oranları %50 ve üzerinde olan projelerde doğru tahmin yüzdesi %82.05'dir. Çizelge 9.33'e göre, üçüncü kategorideki projelerin birinci ve ikinci kategorilerde tahmin edilme olasılıkları sırasıyla %5.13 ve %12.82'dir.

Çizelge 9.33 : Karar modeli 8-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_SüreOran_K31		Tahmin Değerleri			
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Toplam
Kategori 1	Sayı	9	1	2	12
	Satır (%)	**75.000**	8.333	16.667	100
	Kolon (%)	60.000	5.556	4.762	16
Kategori 2	Sayı	4	12	8	24
	Satır (%)	16.667	**50.000**	33.333	100
	Kolon (%)	26.667	66.667	19.048	32
Kategori 3	Sayı	2	5	32	39
	Satır (%)	5.128	12.821	**82.051**	100
	Kolon (%)	13.333	27.778	76.190	52.000
Toplam	Sayı	15	18	42	75
	Satır (%)	20.000	24	56.000	100
	Kolon (%)	100	100	100	100

Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare = 42.858, df =4 , probability = 0

Gereksinim durumunu referans alan modelin ürettiği tahmin değerleri ile gerçek değerler Çizelge 9.34'te karşılaştırılır.

Çizelge 9.34 : Karar modeli 9-gerçek ve tahmin değerleri tablosu.

SA_SüreOran_K31		Tahmin Değerleri			
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Toplam
Kategori 1	Sayı	12	0	0	12
	Satır (%)	**100**	0	0	100
	Kolon (%)	54.545	0	0	16
Kategori 2	Sayı	6	11	7	24
	Satır (%)	25.000	**45.833**	29.167	100
	Kolon (%)	27.273	68.750	18.919	32
Kategori 3	Sayı	4	5	30	39
	Satır (%)	10.256	12.821	**76.923**	100
	Kolon (%)	18.182	31.250	81.081	52
Toplam	Sayı	22	16	37	75
	Satır (%)	29.333	21.333	49.333	100
	Kolon (%)	100	100	100	100

Alanların çapraz karşılaştırılması
Ki-kare = 49.975, df =4, probability = 0

Çizelge 9.34'e göre, sapma olmayan ya da sapmaların %15'ten az olduğu projeler %100 doğru tahmin edilir. Diğer taraftan, sapma oranları %15 ile %50 arasında olan projelerde tahmin değerleri düşer. Bu kategorinin doğru tahmin edilme yüzdesi %45.8'dir. Bu kategorideki projeler yaklaşık %29.2'lik bir oranla üçüncü kategoride ve %25'lik bir oranla birinci kategoride tahmin edilir. Sapma oranının yüksek iken düşük tahmin edilme oranı %25'tir. Bu oran nispeten yüksek bir orandır.

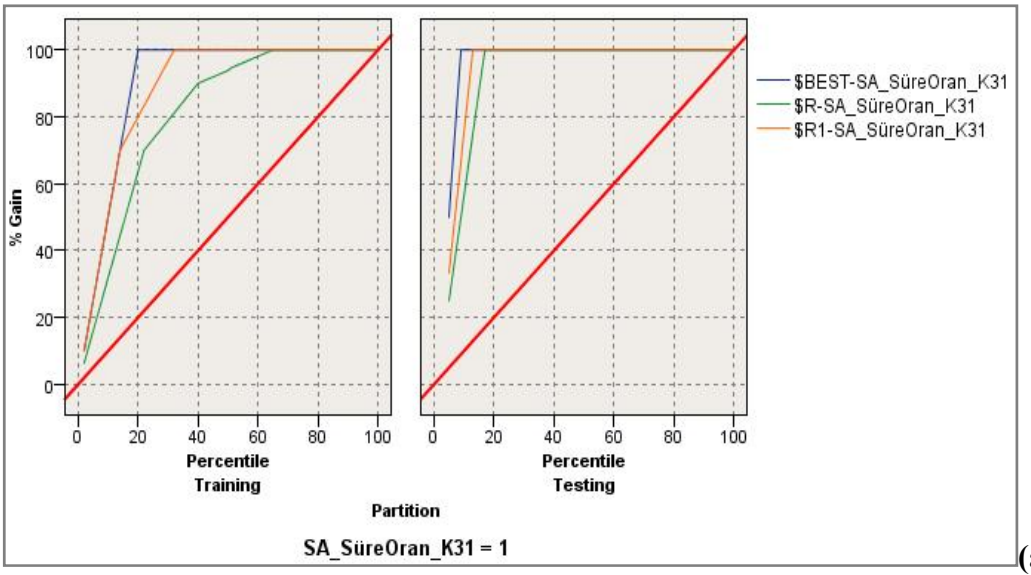
Süre sapma oranları %50 ve üzerinde olan projelerde doğru tahmin yüzdesi yaklaşık %76.9'dur. Bu kategoride yer alıp süre sapma oranı %15 ile %50 arasında tahmin edilen projeler de bulunmaktadır. Bu hatalı tahminin oranı %12.8'dir. Yine, sapma oranları %50 ve üzerinde olan projeler sapma oranı %15 ve altında tahmin edilebilmektedir. Üçüncü kategorideki projelerin birinci kategoride tahmin edilme oranı yaklaşık %10.3'tür.

9.4.2.2 Kazanç ve kaldıraç değerleri:

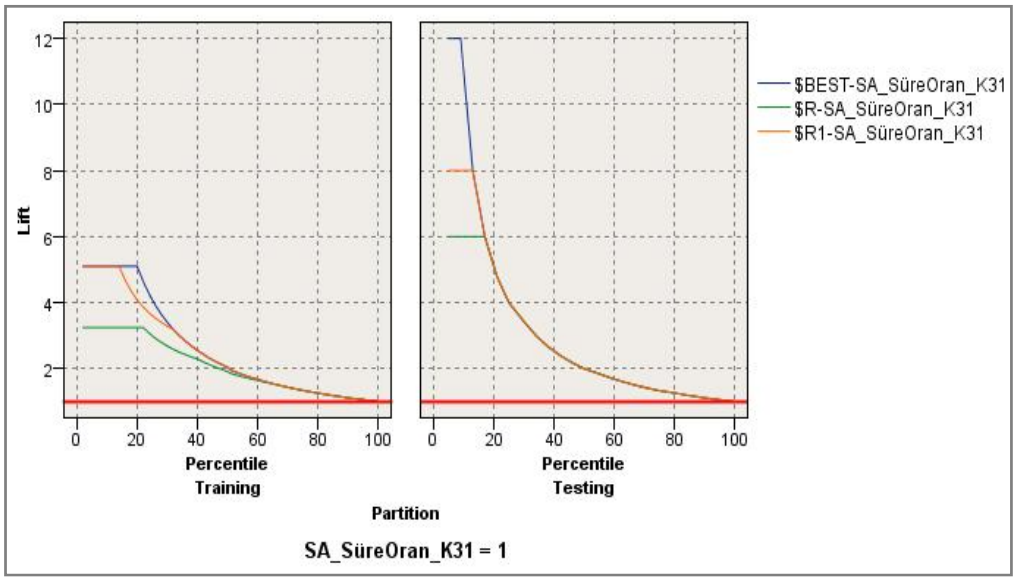
İki modelin kazanç ve kaldıraç değerleri Şekil 9.29, Şekil 9.30 ve Şekil 9.31'de değerlendirilmiştir. $R-SA_SüreOran_K31 değişkeni proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan modelin tahmin değerleridir. $R1-SA_SüreOran_K31 değişkeni ise gereksinimleri referans alan modelin tahmin değerlerini gösterir.

Şekil 9.29 süre sapma oranları %15 ve altında olan projelerin kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.29a, ilk kategorinin kazanç ve Şekil 9.29b ise kaldıraç değerlerini gösterir. Bu kategoride gereksinimleri referans alan model diğer modele göre daha yüksek kazanç ve kaldıraç değerleri üretir. Şekil 9.29a'ya göre, eğitim veri kümesinde proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan modelin %20'lik dilimdeki kazanç değeri yaklaşık %63.64'tür. Öte yandan gereksinimleri referans alan modelin %20'lik dilimdeki kazanç değeri yaklaşık %80'dir.

Yine bu kategorinin %20'lik dilimdeki kaldıraç değerleri incelendiğinde, proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan modelin kaldıraç değerinin yaklaşık 3.25 olduğu görülür. Gereksinimleri referans alan modelin %20'lik dilimdeki kaldıraç değeri ise yaklaşık dörttür.



(a)

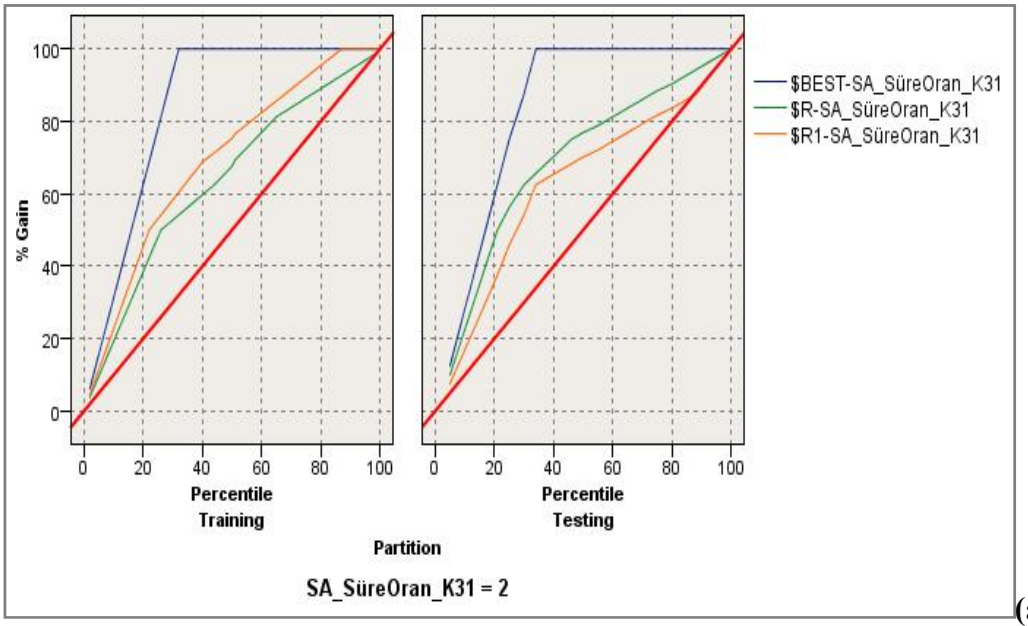


(b)

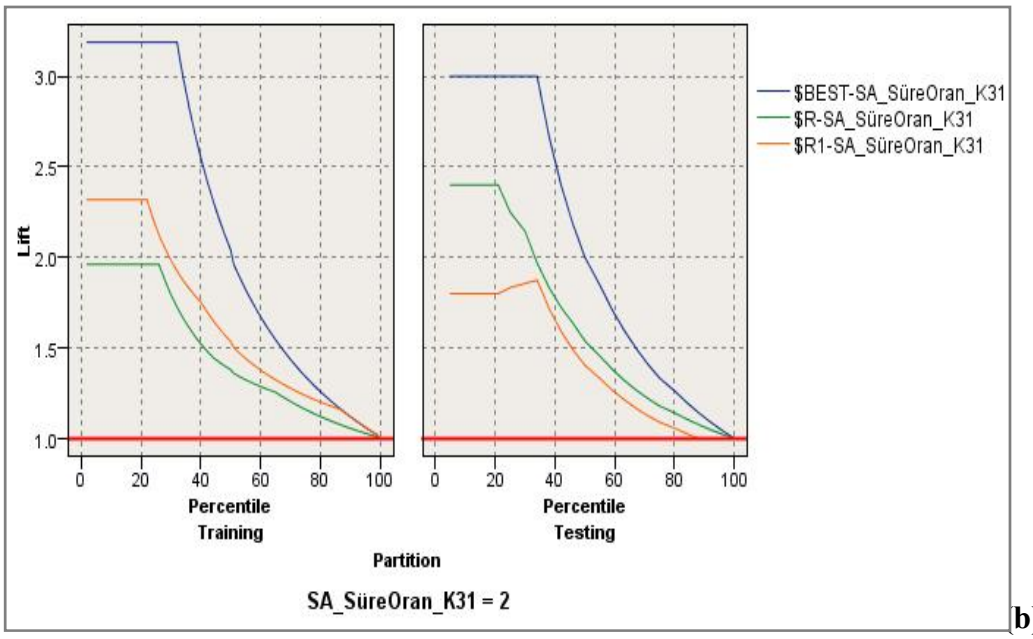
Şekil 9.29 : Karar modeli 8 ve 9-kategori 1'in değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.30, proje süre sapma oranları %15 ile %50 arasında kalan projelerin kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.30a ikinci kategorideki projelerin kazanç ve Şekil 9.30b ise kaldıraç değerlerini gösterir. Proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan modelin %20'lik ve %40'lık dilimlerdeki kazanç değerleri sırasıyla %38.46 ve %59.72'dir. Gereksinimlerin tanımlı olma durumunu referans alan modelin bu dilimlerdeki kazanç değerleri ise sırasıyla %45.45 ve %68.75'tir. Her iki modelde de bu kategori, birinci kategoriye göre daha düşük kazanç değerleri üretir. Diğer taraftan, gereksinimleri referans alan modelin kazanç değerleri diğer modelin kazanç değerlerine göre nispeten daha yüksektir.

İki modelin kaldıraç değerleri incelendiğinde proje yöneticisinin yetkinlik düzeyini referans alan modelin %20'lik dilimdeki kaldıraç değeri 1.96 olduğu görülmüştür. Diğer modelin aynı dilimdeki kaldıraç değeri ise 2.32'dir.



(a)

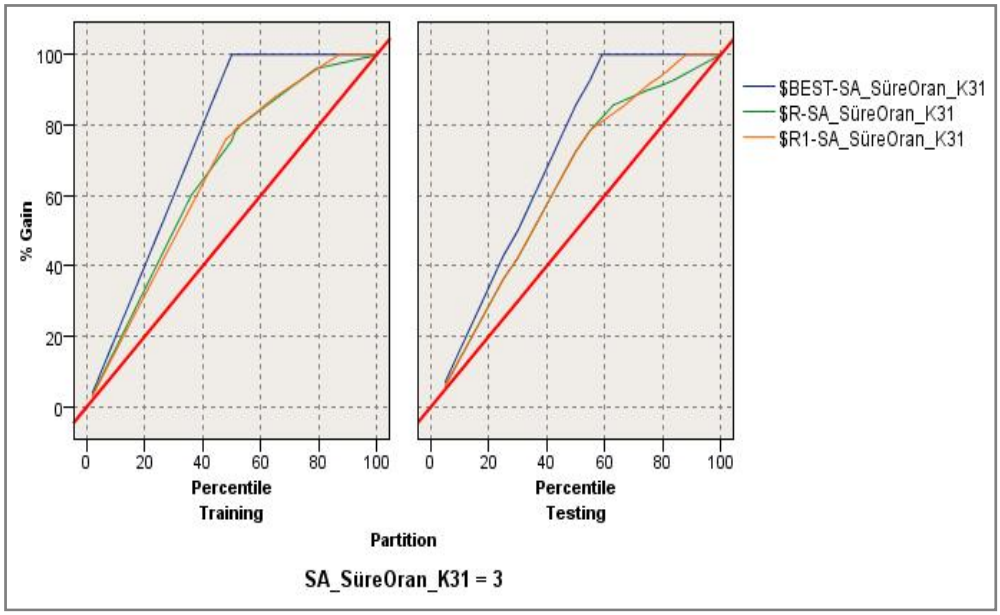


(b)

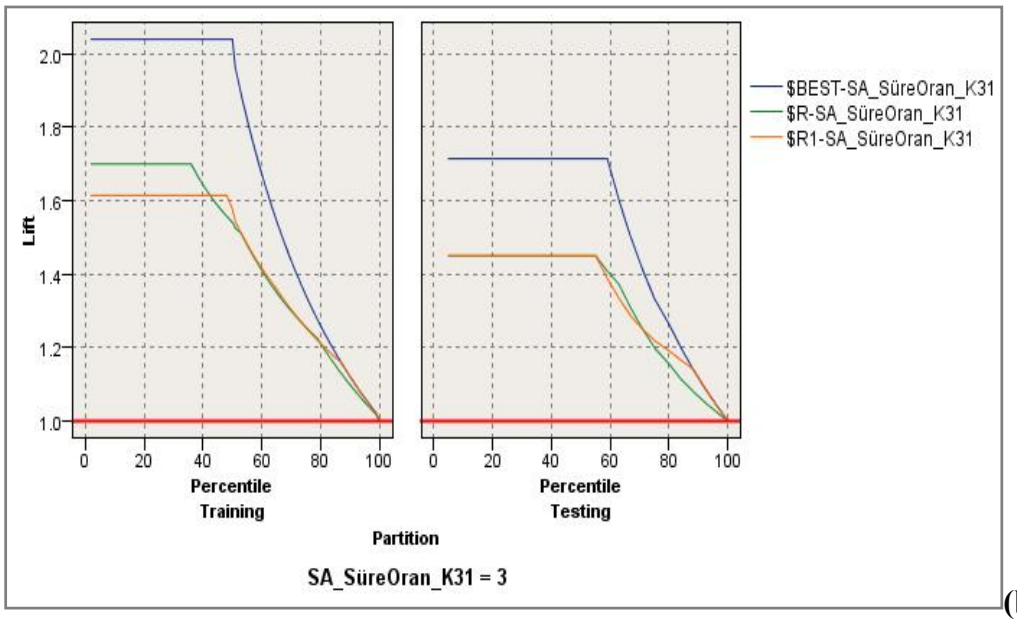
Şekil 9.30 : Karar modeli 8 ve 9-kategori 2'nin değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

Şekil 9.31, proje süre sapma oranları %50 ve üzerinde olan projelerin kazanç ve kaldıraç değerlerini verir. Şekil 9.31a'ya göre her iki modelin kazanç değerleri birbirine çok yakındır. Modellerin %20'lik ve %40'lık dilimlerdeki kazanç değerleri sırasıyla yaklaşık %32 ve %63'tür.

Şekil 9.31b'ye göre proje yöneticisinin yetkinlik düzeyini referans alan modelin %20'lik dilimdeki kaldıraç değeri 1.7 iken diğer modelin aynı dilimdeki kaldıraç değeri 1.62'dir.



(a)



(b)

Şekil 9.31 : Karar modeli 8 ve 9-kategori 3'ün değerleri (a) kazanç (b) kaldıraç.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Literatürdeki çalışmalarının çoğu yazılım projelerindeki risklere odaklanır. Bu çalışmalarda riskler çoğunlukla anket yöntemi kullanılarak ortaya çıkarılır, istatistiksel analizlerle önem derecelerine göre sıralanır. Çalışmaların tamamında riskler ve bu risklerin etkilediği proje performans değişkenleri Likert ölçeğinde tanımlanmıştır (Barki ve diğ., 1993; Moynihan, 1997; Keil ve diğ., 1998; Ropponen ve Lyytinen, 2000; Jiang ve Klein, 2000; Cule ve diğ., 2000; Schmidt ve diğ., 2001; Barki ve diğ., 2001; Procaccino ve diğ., 2006; Han ve Huang, 2007).

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, yazılım temelli projelerdeki bozucu etmenleri iki kategori altında inceler. Süreci doğrudan etkileyen etmenler, yazılım temelli sistemlerin geliştirilmesi esnasında takvim gecikmelerine neden olan etmenlerdir. Bu etmenlerin etkisi neden oldukları süre sapmaları ile ölçülür. Gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, müşteri problemleri, satın alma problemleri, insan kaynakları problemleri, alt yüklenici ve proje ortakları problemleri süreci doğrudan etkileyen etmenlerdir. Bu sekiz etmenin neden olduğu gecikmeler ya da sapmalar oran ölçeğinde ölçülmüştür.

Proje yöneticisinin ve proje ekibinin yetkinlik düzeyleri, gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri, müşteri ya da son kullanıcı katılımı, insan kaynakları koordinasyonu ve eğitimi gibi süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler ise Likert ya da ad ölçeğinde tanımlanmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak burada, proje ön hazırlık çalışmaları, yeniden kullanım, referans alınan yapılar ya da ürünler ve müşteri problemleri gibi etmenler ele alınmış; proje yöneticisinin ve proje ekibinin yetkinlik düzeyleri ve gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri üç farklı kategori altında incelenmiştir.

Bu araştırmada biten ya da kabul sürecinde olan bir projenin yöneticisi ve teknik elemanlarıyla gözden geçirme toplantıları yapılmış, bu projenin planı dikkate alınarak, plandan sapma durumları nedenleriyle birlikte ortaya çıkarılmıştır. Bu

araştırmada hem yazılım ürünlerini hem de yazılım temelli sistemleri geliştiren projelere odaklanılmıştır.

Çalışmada proje performansı, projelerin planlanan süreden ya da iş gücünden sapma miktarları ve oranları ile ölçülmüş; tüm bozucu etmenlerin etkisi, bu dört performans ölçütü için ayrı ayrı sınanmıştır.

10.1 Temel Bozucu Etmenlere Göre Süre Sapmaları

10.1.1 Oluşma sıklığı

Sistem fonksiyonelliğinin, uygulamaların ya da işlevlerin karmaşıklığı, hatalı teknik çözümlerin geliştirilmesi, işlevler arasındaki uyumsuzluklar, kullanılan teknolojinin olgunluk düzeyi ve teknolojinin değişimi yazılım projelerindeki teknik risklerden bazılarıdır (Barki ve diğ., 1993; Moynihan, 1997; Simons ve diğ., 1997; Jiang ve Klein, 2000; Ropponen ve Lyytinen, 2000; Cule ve diğ., 2000; Barki ve diğ., 2001; Schmidt ve diğ., 2001; Wallace ve diğ., 2004a; Wiegers, 2007; Han ve Huang, 2007). Bu araştırmada teknik özelliklerden ya da zorluklardan kaynaklanan sıkıntılar ve bu sıkıntıların neden olduğu sapmalar Genel Teknik Problemler (GTP) başlığı altında incelenmiştir. Yazılım projelerinde genel teknik problemlere sıkça rastlanır. Öyle ki projelerin %85.3'ünde bu etmenden dolayı sıkıntılar oluşmuş, bu sıkıntılar projelerin %66.7'sinde sapmaya neden olmuştur.

Bazı çalışmalarda gereksinimlerin hatalı anlaşılması önemli bir risk etmeni olarak tanımlanır (Schmidt ve diğ., 2001). Yine bazı çalışmalarda gereksinimlerin analiz edilebilir olması önemle vurgulanır (Nidumolu, 1996a). Bu çalışmada da mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması önemli bir problem olarak ortaya çıkmıştır. Projelerin 74.7'sinde mevcut gereksinimler zamanında, tam ve doğru bir şekilde analiz edilememekte; projelerin %50.7'sinde bu sıkıntılar sapmaya neden olmaktadır.

Yazılım projelerinde gereksinimlerin sürekli değişmesi bir risk etmeni olarak kabul edilir (Boehm, 1991; Nidumolu, 1996a; Cule ve diğ., 2000; Schmidt ve diğ., 2001; Ropponen ve Lyytinen, 2000; Wallace ve diğ., 2004a; Han ve Huang, 2007). Bu çalışmada değişen gereksinimlerin önemi bir kez daha vurgulanır. Öyle ki, projelerin %74.7'si ürün geliştirme yaşam döngüsünün farklı aşamalarında, müşteriden yeni istekler ya da gereksinimler alır; projelerin %48'i bu gereksinimler nedeniyle gecikir.

Müşterinin ya da kullanıcının sürece yeterli düzeyde katılmaması, destek vermemesi, olumsuz davranışlar sergilemesi yazılım projelerindeki diğer bir risk etmenidir (Keil, 1998; Schmidt ve diğ., 2001; Cule ve diğ., 2000; Wallace ve Keil, 2004a; Han ve Huang, 2007; Jun ve diğ., 2011). Araştırma sonuçlarına göre projelerin %29.3'ü müşteri kaynaklı problemler nedeniyle gecikir.

Proje çalışanlarının istikrarsızlığı ya da süreksizliği yazılım projelerinde sıkıntıya neden olur (Cule ve diğ., 2000; Schmidt ve diğ., 2001; Wallace ve Keil, 2004a; Scott-Young ve Samson, 2008; Narayanan ve diğ., 2010). Örneklemdeki projelerin %66.7'si insan kaynaklarının temini ve süreksizliği nedeniyle sıkıntı yaşamış; bu sıkıntılar projelerin %30.7'sinde sapmaya neden olmuştur.

Tedarikçiler, danışmanlar ya da alt yükleniciler üzerinde kontrollün sağlanamaması yazılım projelerindeki diğer bir risk etmenidir (Cule ve diğ., 2000; Schmidt ve diğ., 2001). Örneklemde alt yüklenici kullanan ya da ortaklarla çalışan projelerin oranı %40'tır. Tüm projelerin %28'inde (alt yüklenici kullanan ya da proje ortağı olan projelerin %70'inde) alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan sıkıntılar projeleri geciktirmiştir.

Projelerin %80'i satın alma faaliyetlerini yürütür. Bu faaliyetler nedeniyle projelerin %24'ü planlanan süreden sapar.

10.1.2 Etkileri

10.1.2.1 İlişki analizleri

Gereksinim belirsizlikleri doğrudan proje performansını etkiler. Belirsizlik arttıkça proje performansında da bir azalma olur (Nidumolu, 1996a; Liu ve diğ., 2011). Han ve Huang (2007) açık, tam ve doğru bir şekilde tanımlanmayan ve sürekli değişen gereksinimleri "gereksinimler" etmen grubu altında toplamış; bu etmenin oluşma olasılığının ve oluştuğu andaki etkisinin diğer etmenlerden daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması ve yeni gelen gereksinimler başlığı altında iki etmen sınıfı yaratılmıştır. Bu etmen sınıflarının etkileri neden oldukları sapma değerleriyle ölçülür. Gereksinimlerin anlaşılamaması etmeni, zamanında, tam ve doğru bir şekilde analiz edilemeyen gereksinimlere odaklanır. Kendall's tau_b istatistiği anlaşılamayan gereksinimlerin neden olduğu süre

sapmaları ile projelerdeki toplam süre sapmaları arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Han ve Huang (2007) proje karmaşıklığı başlığı altında yeni teknoloji kullanımını, teknik karmaşıklığı ve olgunlaşmamış teknolojileri toplamış; bu risk öğesinin proje performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu etmenin proje performansı üzerindeki etkisi gereksinim etmeninin etkisinden daha azdır.

Bu çalışmada genel teknik problemler etmeninin neden olduğu süre sapmalarıyla toplam süre sapmaları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre toplam süre sapmaları ile GTP kaynaklı süre sapmaları arasında bir ilişki mevcuttur. Süre sapma miktarlarına göre yapılan karşılaştırmada bu etmen en yüksek ilişki katsayısına sahiptir. Öte yandan süre sapma oranlarına göre yapılan karşılaştırmalarda GA etmeninin en yüksek ilişki katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Bunu GTP etmeni takip eder.

Yine YGG kaynaklı sapmalarla projelerdeki toplam süre sapmaları arasında pozitif yönde bir ilişki mevcuttur. İlişki katsayısı sapma miktarları için 0.338 ve sapma oranları için 0.393'tür. YGG etmeni, GTP ve GA etmenlerinden sonra en etkili olan etmendir.

Han ve Huang (2007) kullanıcılar başlığı altında kullanıcıların değişime direnmesi, kullanıcılar arasındaki anlaşmazlıklar ve kullanıcılarla olan ilişkilerin yetersizliği gibi risk sınıflarını birleştirmiştir. Öte yandan müşteri ya da son kullanıcı problemleri bunlarla sınırlı değildir. Bazı projeler geliştirme sürecine devam edebilmek ya da bu süreci sonlandırabilmek için müşterinin sunacağı ortama, veriye, dokümana ve onaya ihtiyaç duyar. Bu ihtiyaçların zamanında sağlanmaması durumunda projelerde gecikmeler olur. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, müşteri problemleri nedeniyle oluşan sapmalarla toplam süre sapmaları arasındaki ilişkiyi inceler. Analiz sonuçları müşteri kaynaklı sapmalar ile toplam süre sapmaları arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu gösterir.

Ekip sürekliliği proje performansını etkiler (Narayanan ve diğ., 2010). Bu çalışmada ekip süreksizliği ve insan kaynaklarının temini problemleri "insan kaynakları problemleri" başlığı altında toplanmış, bu etmenin toplam süre sapması üzerindeki etkisi incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak insan kaynakları problemlerinin etkisi neden oldukları süre sapmalarıyla ölçülmüştür. Buna göre,

projelerdeki toplam süre sapma miktarıyla IK süre sapma miktarları arasında bir ilişki vardır.

Literatürdeki çalışmalarda ürün tedariki sıkıntıları bir risk etmeni olarak dile getirilse bile bu etmenin proje performansı üzerindeki etkileri ölçülememiştir. Bu çalışmada toplam süre sapma değerleriyle satın alma kaynaklı sapmaların miktarı arasında 0.335 ve sapmaların oranları arasında ise 0.250 şiddetinde bir ilişki olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Alt yüklenicilerin ve proje ortaklarının neden olduğu sapmaların miktarı ile projelerdeki toplam süre sapmaları arasında 0.252 şiddetinde bir ilişki mevcuttur. Öte yandan böyle bir ilişkinin varlığı süre sapma oranlarında mevcut değildir.

10.1.2.2 Doğrusallık sınamaları

Bu çalışmada normalleştirilen süre sapma miktarı ve süre sapma oranı değişkenleriyle yedi temel bozucu etmenin neden olduğu sapmalar arasındaki doğrusallık analiz edilmiştir. Doğrusallık sınamalarında Beta değeri bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki önem derecesini gösterir. Süre sapma miktarı değişkeniyle yürütülen doğrusallık sınamalarında en yüksek Beta katsayısı genel teknik problemler etmenine aittir. Bunu sırasıyla gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, insan kaynakları problemleri, satın alma problemleri ve alt yüklenici ya da proje ortakları problemleri takip eder. Analiz sonuçları müşteri kaynaklı sapmalar ile süre sapma miktarları arasında doğrusal bir ilişki olmadığını gösterir.

Süre sapma oranı değişkeniyle yürütülen doğrusallık sınamalarında en yüksek Beta katsayısı gereksinimlerin anlaşılamaması etmenine aittir. Bunu sırasıyla yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, satın alma problemleri ve müşteri problemleri takip eder. Analiz sonuçları insan kaynakları, alt yüklenici ya da proje ortakları problemlerinin süre sapma oranları üzerinde etkili olmadığını gösterir.

10.1.3 Temel bozucu etmenlerin bileşenleri

Gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik problemler, insan kaynakları problemleri, alt yükleniciler ya da proje ortakları problemleri iki ya da daha fazla etmeni birlikte değerlendirir. Bu etmenlerin kendisini oluşturan alt bileşenlerle olan ilişkisi Kendall's tau_b yöntemiyle analiz edilmiştir.

Gereksinimlerin anlaşılamamasında eksik ya da hatalı yorumlanan gereksinimlerin gereksinim analizi etmenine göre daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Genel teknik problemler ile teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında yaşanan sıkıntılar arasında kuvvetli bir ilişki mevcuttur. İnsan kaynakları problemlerinde çalışanların süreksizliği; alt yükleniciler ya da proje ortakları etmeninde ise alt yüklenici problemleri daha etkilidir.

10.2 Temel Bozucu Etmenlere Göre İş Gücü Sapmaları

Literatürdeki çalışmalar yazılım çabası kestirimlerinde teknik etmenlerin etkili olduğunu ortaya çıkarmıştır. Gray ve diğ. (1999) ürün büyüklüğünün, bileşen tipinin ve bağlantıların; Morgenshtern ve diğ. (2007) ortalama görev süresinin ve Bergeron ve St-Arnaud (1992) ise büyüklüğün, programlama dilinin, veri tabanlarının ve karmaşıklığın etkilerini incelemiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu araştırmada, genel teknik problemler, mevcut ya da yeni gereksinimlerden kaynaklanan problemler, satın alma problemleri, müşteri problemleri, insan kaynakları problemleri ve alt yüklenicilerden ya da ortaklardan kaynaklanan problemler ile iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Genel teknik problemler etmeni iş gücü sapmalarında oldukça etkilidir. Analiz sonuçları, teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında sıkıntı yaşayan projelerle diğer projeler arasında toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri bakımından anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Buna göre, teknik sıkıntılar nedeniyle projelerin toplam iş gücü miktarlarında ve iş gücü sapma değerlerinde anlamlı bir artış olur.

Analiz sonuçları insan kaynakları sıkıntıları nedeniyle geciken projelerle gecikmeyen projeler arasında iş gücü sapma miktarları bakımından anlamlı bir fark olduğunu ama iş gücü sapma oranlarında böyle bir farkın bulunmadığını gösterir. Öte yandan, müşteri ve satın alma sıkıntıları ve bu sıkıntıların neden olduğu süre sapmaları iş gücünü etkilemez.

Gereksinimlerin anlaşılamaması projelerde gecikmeye neden olmazsa, iş gücünü etkilemez. Diğer taraftan, bu etmen nedeniyle geciken projelerde iş gücü sapma miktarlarında ve oranlarında hissedilir bir artış görülür. Yeni gelen gereksinimler iş gücü sapma oranlarında bir artışa neden olurken iş gücü sapma miktarlarını ancak proje sürelerinde bir gecikme olması durumunda etkiler.

10.3 Dolaylı Etmenlerin Etkisi

10.3.1 Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri ve etkileri

Proje ekibinin uygulamalara aşina olmaması, alan deneyiminin ve uzmanlığının bulunmaması ya da projelerde tecrübesiz ya da projenin ihtiyaç duyduğu deneyime sahip olmayan elemanların çalıştırılması bir risk etmeni olarak dile getirilmiştir (Barki ve diğ., 1993; Moynihan, 1997; Keil ve diğ., 1998; Jiang ve Klein, 2000; Schmidt ve diğ., 2001; Wallace ve Keil, 2004a; Han ve Huang, 2007; Scott-Young ve Samson, 2008; Jun ve diğ., 2011). Jiang ve Klein (2000) proje ekibinin genel tecrübesi ile proje verimliliği arasında bir ilişki olduğunu; Han ve Huang (2007) ise düşük performanslı projelerde ekip riskinin öne çıktığını göstermiştir.

Bu araştırmada proje ekibinin yetkinlik düzeyleri alan uzmanlığı, teknik tecrübe ve proje tecrübesi olmak üzere üç kategori altında incelenmiş, yanıtlar oran ölçeğinde alınmıştır.

Analiz sonuçlarına göre proje süreleri ve süre sapma miktarları ile ekibin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje tecrübesi arasında negatif yönde bir ilişki mevcuttur. Süre sapma oranları incelendiğinde ekibin alan uzmanlığının sapma oranlarında etkili olduğu; süre sapma oranları ile ekibin proje ve teknik deneyimi arasında, %5 anlamlılık düzeyinde, bir ilişki olmadığı ortaya çıkmıştır.

Benzer şekilde, proje ekibinin yetkinlik düzeyleri ile toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Yetkinlik düzeyleri arttıkça toplam iş gücünde ve iş gücü sapma miktarlarında bir azalma olur. Öte yandan ekibin alan uzmanlığı, teknik tecrübesi ve proje tecrübesi ile iş gücü sapma oranları arasında, %5 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan bir ilişki yoktur. Ekip elemanlarının yetkinlik düzeyleri projelerdeki toplam iş gücünü ve iş gücü sapma miktarını etkilerken iş gücü sapma oranlarında anlamlı bir fark yaratmaz.

Ekip yetkinliği ile temel bozucu etmenler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, ekibin alan uzmanlığı ile mevcut ve yeni gereksinimlerden kaynaklanan süre sapma oranları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu görülür. Buna göre, projelerdeki alan uzmanlarının sayısında bir artış oldukça gereksinim kaynaklı sapmaların şiddetinde bir azalma olur. Öte yandan, proje ekibinin alan uzmanlığı ile teknik sıkıntıların, satın alma problemlerinin, müşteri problemlerinin, insan kaynakları sıkıntılarının ve

alt yüklenici ya da proje ortakları sıkıntılarının neden olduğu sapmalar arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

Proje ekibinin proje deneyimi ile mevcut ve yeni gereksinimlerden, genel teknik özelliklerden, insan kaynaklarından, müşterilerden, satın almadan ve alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan sapmalar arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildir.

Proje ekibinin teknik deneyimi ile genel teknik problemler ve satın alma problemleri arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Buna göre, proje ekibindeki teknik tecrübeye sahip elemanların sayısında bir artış oldukça teknik sıkıntılar ya da satın alma sıkıntıları daha az etkili olmaya başlar. Teknik sıkıntıların ya da satın alma sıkıntılarının sapma oranlarında bir düşüş yaşanır.

10.3.2 Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri

Yazılım projelerinde proje yöneticilerinin deneyimsiz olması ya da proje yönetimi becerilerinin yeterli olmaması geliştirme sürecinde sıkıntı yaratır (Cule ve diğ., 2000; Schmidt ve diğ., 2001; Wallace ve Keil, 2004a). Yazılım projelerinde proje planlama ve kontrol riskleri sık görülmekte ve etkisi yüksek olmaktadır (Han ve Huang, 2007). Yazılım projelerinde proje yöneticisinin yetkinliği proje başarısını etkiler (Cerpa ve diğ., 2010).

Literatürden farklı olarak bu araştırmada proje yöneticisinin yetkinliği proje yönetimi tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik deneyim olmak üzere üç kategori altında incelenmiştir.

Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi, alan uzmanlığı ve teknik tecrübesi ile proje süre sapma miktarları ve sapma oranları arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Öte yandan, toplam proje süresinde böyle bir ilişkiye rastlanılmamıştır.

Proje yöneticisinin yönetim yetkinliği gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler ve satın alma sıkıntıları nedeniyle oluşan süre sapmalarını etkiler. Proje yöneticisinin alan uzmanlığı sadece gereksinimlerin anlaşılamaması ve müşteri kaynaklı problemlerde etkilidir. Proje yöneticisinin teknik deneyimi ise gereksinimlerin anlaşılamaması, müşteri problemleri, genel teknik problemler ve insan kaynakları problemleri üzerinde etkiler.

Proje yöneticisinin yetkinlik düzeyleri ile projelerdeki toplam iş gücü miktarı; proje yöneticisinin yönetim tecrübesi ve alan uzmanlığı ile iş gücü sapma miktarları arasında bir ilişki yoktur. Öte yandan, proje yöneticisinin teknik tecrübesi ile süre sapma miktarları ve tüm yetkinlik düzeyleri ile süre sapma oranları arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur.

10.3.3 Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi

Wallece ve diğ. (2004b) hatalı, açık bir şekilde tanımlanmayan ve tartışma yaratan gereksinimleri gereksinimler risk grubu altında toplamış, yazılım projelerinde bu risk etmeninin ön plana çıktığını vurgulamıştır. Nidumolu'ya (1996b) göre gereksinimlerin belirsiz olması ile geliştirme süreci performansı arasında negatif yönde bir ilişki mevcuttur.

Analiz sonuçları operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerinin tanımlı olma durumlarıyla proje süreleri ve iş gücü değerleri arasında bir ilişki olmadığını, projelerdeki süre ve iş gücü sapma değerleri arasında ise negatif yönde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir. Buna göre, proje başlangıcında ürün gereksinimleri iyi tanımlanırsa projelerin gecikme miktarlarında ya da oranlarında bir azalma olur. Özellikle süre sapma oranlarında işlevsel gereksinimlerin etkisi diğerlerine göre biraz daha fazla hissedilir. Gruplar arası karşılaştırmalar operasyonel, işlevsel ve tasarım gereksinimlerini tam ve doğru bir şekilde tanımlayan projelerle diğerleri arasında, süre sapma değerleri bakımından, istatistiksel açıdan anlamlı farklar olduğunu göstermiştir.

Operasyonel ve işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyleri gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler ve müşteri kaynaklı problemler nedeniyle oluşan sapmaları etkiler. İşlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyi genel teknik problemlerin neden olduğu sapmaları ancak %10 anlamlılık düzeyinde etkiler. Tasarım gereksinimlerinin tanımlanma düzeyi mevcut ve yeni gereksinimlerden kaynaklanan problemlerin, genel teknik problemlerin ve müşteri problemlerinin neden olduğu süre sapmaları üzerinde etkilidir.

10.3.4 İnsan kaynakları koordinasyonu ve eğitimi

Ekip bütünlüğü çalışma verimliliği için gerekli bir unsurdur (Baiden ve Price, 2011). Yazılım projelerinde ekip içindeki bütünlüğün sağlanması ve projelerde iletişimin

verimli tutulması proje performansını pozitif yönde etkiler (Jun ve diğ., 2011; Narayanan, 2010). Sicotte ve Langley'e (2000) göre Ar-Ge projelerinde ekipler arasında kurulan yatay haberleşme ile proje performansı arasında pozitif yönde kuvvetli bir ilişki mevcuttur.

Bu çalışmada, ekip koordinasyonu ve eğitimi etmenleriyle yazılım projelerindeki süre ve iş gücü sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışanlar arasında koordinasyonu ve birlikteliği sağlamada sıkıntı yaşayan projelerle diğerleri arasında, süre ve iş gücü sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark vardır. Benzer şekilde iş gücünü eğitmede sıkıntı yaşayan projelerle yaşamayan projeler arasında da, süre ve iş gücü sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, bu iki etmenin grupları arasında süre ve iş gücü sapma oranları bakımından, %5 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur.

10.3.5 Müşteri katılımı ya da desteği

Literatürde kullanıcı katılımı ile geliştirme ve ürün performansı arasındaki ilişkiyi inceleyen pek çok çalışma vardır. Nidumolu'ya (1996a) göre kullanıcılarla BT ekibi arasında kurulan koordinasyon yazılım performans riskini azaltır. Benzer şekilde kullanıcılarla BT geliştiricileri arasındaki yatay ve dikey koordinasyon proje performansını etkiler (Chen ve diğ., 2009). Öte yandan Jun ve diğ. (2011) kullanıcı katılımı ile proje performansı arasında anlamlı bir ilişki bulamamış; kullanıcı katılımının ürün performansını doğrudan etkilediğini göstermiştir. Naveh (2007) Ar-Ge projelerinde performansı etkileyen etmenleri incelemiş; müşteri katılımının pazara çıkma zamanı üzerinde pozitif yönde bir etkisinin olduğunu bulmuştur. Yine Tiwana ve Keil (2006) müşteri katılımının işlevsellik risklerini etkilediğini göstermiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, kullanıcı ya da müşteri katılımının süre ve iş gücü sapmaları üzerindeki etkisini inceler.

Müşterilerden ya da son kullanıcılardan destek alma düzeyleri ile süre ve iş gücü sapma değerleri arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır. İkili karşılaştırmalara göre, müşteri desteği olmayan ya da az olan projelerle müşteri desteği orta, iyi ya da çok iyi düzeyde olan projeler arasında, süre ve iş gücü sapma miktarları ve oranları bakımından, anlamlı bir fark vardır. Müşterilerden ya da son kullanıcılardan destek almayan ya da az miktarda destek alan projeler planlanan süreden ortalama %75.84 oranında ve planlanan iş gücünden ise ortalama %79.67 oranında sapar.

Müşterilerden ya da son kullanıcılardan orta, iyi ya da çok iyi seviyede destek alan projelerde süre sapma oranı yaklaşık %41.3'e ve iş gücü sapma oranı ise %35.47'ye iner.

10.3.6 Ürünün Ar-Ge yönü

Analiz sonuçlarına göre projelerdeki süre ve iş gücü değerleri, süre ve iş gücü sapma miktarları Ar-Ge düzeylerine göre farklılık gösterir. Öte yandan Ar-Ge düzeyleri farklı olan projeler arasında süre ve iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Ar-Ge yönü olmayan projelerin ortalama süre ve iş gücü sapma miktarları sırasıyla 4.44 ay ve 14.10 adam-ay'dır. Ar-Ge düzeyi az ya da orta olan projelerde süre sapma miktarı yaklaşık 7.87 ay iken iş gücü sapma miktarı ortalama 33.74 adam-ay'dır. Ar-Ge düzeyi iyi ya da çok iyi olanlarda süre sapma miktarı yaklaşık on iki aya ve iş gücü sapma miktarı ise ortalama 89.86 adam-ay'a çıkar.

Ar-Ge düzeyleri gereksinimlerin anlaşılamaması ya da müşteri problemleri nedeniyle oluşan gecikmeler üzerinde etkili değildir. Öte yandan, Ar-Ge grupları arasında genel teknik problemlerin, yeni gelen gereksinimlerin, insan kaynakları problemlerinin ve satın alma problemlerinin neden olduğu gecikmeler bakımından anlamlı bir farkın olduğu görülmüştür.

Süre sapma oranlarına göre yapılan karşılaştırmalarda Ar-Ge grupları arasındaki farklılık sadece ürün tedariki ve insan kaynakları problemlerinde anlamlıdır.

10.3.7 Ürünün yenilik yönü

Teknolojik karmaşıklığı yüksek olan projelerin başarısız olma ihtimali daha yüksektir (Schewe, 1994). Swink (2003) ürün karmaşıklığı ile ürün geliştirme projelerindeki süre performansı arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu söyler. Yine McDonough'a (1993) göre önemli teknolojilerin geliştirilmesi ya da yeni teknolojilerin uygulamaya alınması gibi radikal görevleri üstlenen projeler zamana uymada başarılı değildir. Bu araştırmada ürünün yenilik düzeyleri göz önünde bulundurularak, yazılım temelli ürünleri geliştiren projelerin süre ve iş gücü hedeflerine uymadaki başarısı analiz edilmiştir. Süre ve iş gücü performansları sapma miktarları ve oranlarıyla ölçülmüştür. Yine bu çalışmada ürün yeniliğinin temel bozucu etmenler üzerindeki etkileri de ortaya çıkarılmıştır.

Analiz sonuçları geliştirilen ürünün yenilik özellikleri ile proje süresi arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu gösterir. Yenilik özellikleri arttıkça geliştirme süresinde de bir artış olur. Çalışmada ürünün yenilik düzeyleri ile süre sapma değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiş, yenilik özelliği olmayan projelerle artımsal ya da radikal yenilikle uğraşan projeler arasında, süre sapma miktarları ve oranları bakımından, anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. Öte yandan artımsal yenilikle uğraşan projeler ile uluslararası düzeyde yeni ürün geliştirerek daha radikal yeniliklere odaklanan projeler arasında, bu değerler bakımından, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur.

Yenilik özelliği olmayan projelerde proje süresi ortalaması yaklaşık 14.57 ay, süre sapma miktarı ortalaması yaklaşık 3.38 ay ve süre sapma oranı ortalaması yaklaşık %38.93'tür. Artımsal yeniliklerle uğraşan ya da ürün genelleştirmesi yapan projelerde geliştirme süresi yaklaşık 26.56 aya, süre sapma miktarı yaklaşık 9.36 aya ve süre sapma oranı yaklaşık %81.34'e çıkar. Yenilik yönü yüksek olan projelerde ise bu değerler sırasıyla 33.77 ay, 11.77 ay ve %66.27'dir.

Analiz sonuçları ürünün yenilik düzeyleri arasında, toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarları bakımından, anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Diğer taraftan, iş gücü sapma oranlarında böyle bir farka rastlanılmamıştır. Toplam iş gücü ve iş gücü sapma miktarları için bu fark yenilik özelliği olmayan projelerle diğerleri arasındadır. Yenilik düzeyi olmayan projelerin iş gücü ortalaması 52.94 adam-ay iken, bu değer teknoloji yeniliği yüksek olan projelerde yaklaşık 360.9 adam-ay'a çıkar. İş gücü sapma miktarları ortalaması yenilik düzeyi olmayan projelerde 12.61 adam-ay; artımsal yeniliklere odaklanan projelerde 51.92 adam-ay ve radikal yeniliklere odaklanan projelerde 68.8 adam-ay'dır.

Ürün yeniliği mevcut gereksinimlerden, ürün tedarikinden, müşterilerden ve alt yüklenicilerden ya da proje ortaklarından kaynaklanan sapmalar üzerinde etkili değildir. Öte yandan yeni gelen gereksinimlerin, genel teknik problemlerin ve insan kaynakları problemlerinin neden olduğu süre sapmaları yenilik düzeylerine göre farklılaşır. Bu etmenlerin neden olduğu sapmalar arasındaki fark en çok yenilik düzeyi olmayan projelerle diğerleri arasında hissedilir. Artımsal yeniliklerle uğraşan ya da ürün genellemesi yapan projelerle teknolojik yenilikle uğraşan ve piyasaya yeni bir tasarım sunan projeler arasında anlamlı bir fark yoktur.

10.3.8 Ön hazırlık çalışmaları

Cooper ve Kleinschmidt (1993) proje başlamadan önce yürütülen tasarım ve geliştirme çalışmalarının yeni ürün başarısını etkilediğini söyler. Chen ve diğ.'lerine (2009) göre proje öncesinde kurulan ortaklıklar, kullanıcılarla BT geliştiricileri arasındaki koordinasyonu olumlu yönde etkiler; bu iki paydaş arasındaki anlayış farkını azaltır. Bu çalışmada ön hazırlık çalışmalarının yazılım proje performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Burada proje performansı, süre ve iş gücü sapma değerleriyle ölçülmüştür.

Proje başlamadan önce sistematik bir şekilde ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerle yürütmeyenler arasında süre sapma miktarları, süre sapma oranları, iş gücü sapma miktarları ve iş gücü sapma oranları bakımından anlamlı bir fark vardır. Öte yandan, toplam süre ve iş gücü miktarlarında böyle bir farka rastlanılmamıştır. Buna göre ön hazırlık çalışmaları geliştirme projelerinin süresini ve iş gücünü etkilemezken süre ve iş gücü sapmalarında bir iyileşme sağlar.

Ön hazırlık çalışması yürütmeyen projeler ya ortalama 9.86 ay gecikir ya da proje planlarından ortalama %86.39 oranında sapar. Ön hazırlık çalışmalarını yapan projelerde süre sapma miktarı 4.75 aya ve süre sapma oranı %32.08'e iner. Benzer şekilde, ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projelerde iş gücünden ortalama 57.74 adam-ay ve %86.15 oranında sapılırken, sistematik bir çalışma yürüten projelerde bu değerler sırasıyla 18.84 adam-ay ve %32.59 olur.

Ön hazırlık çalışmaları gereksinimlerin anlaşılamaması, insan kaynakları problemleri ve satın alma problemleri etmenlerini etkiler. Proje ön hazırlık çalışmalarını yürüten projelerde, bu üç etmen nedeniyle ortaya çıkan süre sapmalarının miktarı ve oranı yürütmeyenlere göre daha düşüktür.

10.3.9 Yeniden kullanım

Literatürdeki çalışmalar yazılım yeniden kullanımlarına odaklanmış, yeniden kullanılan yazılım kodlarını dikkate alarak proje performansı ile ilgili modeller ya da denklemler oluşturmuştur. Gaffney ve Durek (1989) yazılımların yeniden kullanımında maliyet, üretkenlik, kalite ve takvim etkilerini gösteren matematiksel modellere odaklanmıştır. Rothenberger ve Dooley (1999) dört performans değişkenini kullanarak yeni bir proje performans denklemi oluşturmuştur. Bu denklemde yeni bir yazılım kodu geliştirmenin üretkenliği, daha önceden yazılan bir

kodu yeniden kullanmanın üretkenliği, yeniden kullanım kararının kalitesi ve yeniden kullanımının firmaya kazandırdığı değer girdi değişkeni olarak kullanılmıştır.

Yine bazı çalışmalar yeniden kullanım stratejini etkileyen etmenlere yoğunlaşır. Morisio ve diğ. (2002) firma genelinde yeniden kullanım programlarının başarısına odaklanmış; yeniden kullanım süreçlerinin eksikliğini, mevcut süreçlerin güncellenmemesini ve insan faktörünün dikkate alınmamasını birer başarısızlık etmeni olarak tanımlamıştır.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, gerçek proje bilgileri üzerinden yeniden kullanımın proje performansı üzerindeki etkisi ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada yeniden kullanımın proje süresi, proje iş gücü, süre sapma değeri ve iş gücü sapma değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca yeniden kullanımın temel bozucu etmenler üzerindeki etkileri de araştırılmıştır.

Projelerin %64'ü mevcut bir alt yapıyı, bileşen kümesini ya da kütüphaneyi kullanmadan; benzer ürünleri, bileşenleri ve yapıları örnek almadan ürün geliştirir. Projelerin %36'sı daha önceleri gerçekleştirilmiş ya da diğer firmalardan geliştirme hakkı alınmış alt yapıları, kütüphaneleri, bileşenleri ve diğer unsurları doğrudan kullanarak ürün geliştirir. Belli bir yapıyı kullanmadan ürün geliştiren projeler ile mevcut yapıları kullanarak ürün geliştiren projeler arasında, proje süreleri ve süre sapma değerleri bakımından, anlamlı bir fark vardır. Buna göre yeniden kullanımın olmadığı projelerde proje süreleri ortalaması 26.98 ay, süre sapma miktarları ortalaması 9.40 ay ve süre sapma oranları ortalaması %75.72 iken, yeniden kullanımın olduğu projelerde bu değerler sırasıyla yaklaşık 17.37 ay, 4.42 ay ve %38.97 olur.

Selby (2005) yeniden kullanılan bileşenler nedeniyle projelerin daha az geliştirme çabasına ihtiyaç duyduğunu ve daha az hatayla karşılaştığını söyler. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre projelerdeki toplam iş gücü değerleri yeniden kullanım durumlarına göre farklılık gösterir. Yeniden kullanımın olmadığı projelerde toplam iş gücü değerleri ortalaması 201.95 adam-ay iken yeniden kullanımın olduğu projelerde bu değer 84.08 adam-ay olur.

Öte yandan belli bir yapıyı kullanmadan ürün geliştiren projelerle mevcut yapıları kullanarak ürün geliştiren projeler arasında iş gücü sapma oranları bakımından

anlamlı bir fark yoktur. Yine bu iki grup arasındaki iş gücü sapma miktarları, sadece %10 anlamlılık düzeyinde, istatistiksel açıdan farklı olur.

Mevcut yapıları ya da ürünleri yeniden kullanma teknik özelliklerden, insan kaynaklarından ve ürün tedarikinden kaynaklanan süre sapmalarını etkiler. Yeniden kullanımın olduğu projelerde bu etmenlere ait süre sapma miktarlarının ve süre sapma oranlarının daha düşük olduğu hesaplanmıştır. Öte yandan yeniden kullanım yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sapmaların miktarını etkilerken bu etmene ait süre sapma oranlarında anlamlı bir fark yaratmaz.

10.3.10 Referans alınan yapılar

Bazı projeler ürün özelliklerini belirlerken mevcut ürünleri referans alır, tersine mühendislik yaparak tüm ürün özelliklerini ortaya çıkarır. Burada referans alınan yapılarla proje esnasında geriye mühendislik amacıyla incelenen ürünler, sistemler ve alt yapılar kastedilmektedir. Örneklemdeki projelerin %52'si ürün geliştirirken piyasada mevcut olan ürünleri referans alır.

Mevcut yapıları referans alan projelerle almayan projeler arasında, proje süreleri bakımından, bir fark yoktur. Öte yandan bu iki grubun süre sapma miktarları ve süre sapma oranları arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır. Ürün geliştirirken mevcut ürünleri ya da yapıları referans almayan projelerde süre sapma oranlarının ortalaması yaklaşık %82.2 iken, herhangi bir yapıyı ya da ürünü referans alan projelerde bu değer %44.3'e düşer.

Mevcut yapıları referans alan projelerle almayanlar arasında, toplam iş gücü ve iş gücü sapma değerleri bakımından, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur.

Mevcut yapıları ya da ürünleri referans alma stratejisi anlaşılamayan gereksinimlerin ya da satın alma problemlerinin neden olduğu süre sapmalarını etkiler. Ürün geliştirme esnasında referans alınan yapılar ya da ürünler mevcut gereksinimlerin analizini kolaylaştırır, satın alma sıkıntılarının etkisini azaltır.

10.3.11 Ürünün niteliği

Salt yazılım projeleri ile yazılımın ve donanımın birlikte geliştirildiği projeler arasında proje süreleri, proje iş gücü miktarları, süre sapma miktarları, iş gücü sapma miktarları, süre sapma oranları ve iş gücü sapma oranları bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur.

10.4 Regresyon Modelleri

Morgenshtern ve diğ. (2007) regresyon analizi yöntemini kullanarak yazılım geliştirme çaba ve süre tahmin hatalarını kestiren iki model oluşturmuştur. Çaba tahmin hatası modelinde ortalama görev süresi; süre tahmin hatası modelinde ise toplam süre tahmini, tahmin hedeflerinin tanımı, sistematik risk değerlendirme ve raporlama sıklığı girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. McKeen ve diğ. (1994), müşteri katılımının etkisini, görev karmaşıklığını, sistem karmaşıklığını, kullanıcı etkisini ve kullanıcı ve geliştirici iletişimini kullanarak müşteri memnuniyetini modellemiştir. Hill ve diğ. (2000) yazılım görev süresi kestirim modellerini geliştirmiş; ekip büyüklüğü, alt görev sayısı ve yönetici etkisi gibi etmenleri bu modellerde kullanmıştır.

Çoklu regresyon yöntemi etki analizinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Jones ve Harrison (1996) BT ekip performansı üzerinde etkili olan etmenleri bu yöntemle belirlemiştir. Tesch ve diğ. (2009) ekibin alan uzmanlığı, kullanıcının BT bilgisi ve ekibinin problem çözme kabiliyeti ile proje performansı arasındaki ilişkileri regresyon analizi ile sınamıştır. Yazılım risklerinin proje başarısı (Jiang ve Klein, 1999) ve ekip verimliliği (Jiang ve Klein, 2000) üzerindeki etkileri yine bu yöntemle analiz edilmiştir. Sicotte ve Langley (2000) Ar-Ge proje performansı üzerinde bütünleştirici mekanizmaların etkisini ve Naveh (2007) Ar-Ge proje performansı üzerinde formalite, takdir yetkisi, müşteri katılımı ve proje karmaşıklığı gibi etmenlerin etkisini ortaya çıkarmıştır.

Literatürdeki çalışmalarda zaman zaman farklı regresyon yöntemleri de kullanılmıştır. Sentas ve diğ. (2005) yazılım proje çabası tahminlerinde sıralı regresyon yöntemini kullanmış; Pinto ve Mantel (1990) proje başarısızlıklarının nedenlerini adımsal regresyon yöntemini kullanarak incelemiştir.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, süre sapma miktarlarına ve süre sapma oranlarına odaklanır. Temel bozucu etmenlerin süre sapmaları üzerindeki etkileri regresyon analizi yöntemiyle incelenir. Bu bölümde beş adet regresyon modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan regresyon modellerinde bütün katsayılar anlamlıdır, modelde çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmaz, hata terimlerinde ardışık bağımlılık yoktur standartlaştırılmış hatalar normal dağılır, tahmin değerleri

ile hata terimleri arasında doğrusal bir ilişki yoktur ve modelde sabit varyans problemi bulunmaz.

Bu çalışmada geliştirme sürecini dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler de regresyon modellerine eklenmiştir. Regresyon modellerine giremeyen dolaylı etmenler ise karar ağaçları yöntemiyle incelenmiştir.

10.4.1 Süre sapma miktarı regresyon modeli

İlk regresyon modelinde gereksinimlerin anlaşılamaması, genel teknik problemler, yeni gelen gereksinimler, insan kaynakları problemleri ve satın alma problemleri nedeniyle oluşan sapmalar girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Bu kestirim modeli beş etmenin süre sapma miktarları üzerinden tüm projenin toplam süre sapma miktarı hesaplar. Modeldeki süre sapma miktarlarındaki değişiklik, bu beş bozucu etmenin sapma miktarları tarafından %89.5 oranında açıklanır.

10.4.2 Süre sapma oranı regresyon modeli

İkinci regresyon modeli toplam süre sapma oranlarının kestirim modelidir. Bu modelin girdi değişkenleri gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, satın alma problemleri ve müşteri kaynaklı sıkıntılardır. Bu beş etmenin süre sapma oranları kullanılarak tüm projenin süre sapma oranı modellenmiştir. Modeldeki süre sapma oranlarındaki değişiklik, bu beş bozucu etmenin sapma oranları tarafından %90.5 oranında açıklanır.

10.4.3 Referans alınan yapılara göre regresyon modeli

Süre sapma oranı regresyon denklemine referans alınan yapılar ya da ürünler değişkeni ilave edilir. Yeni regresyon denkleminin girdi değişkenleri yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, müşteri problemleri ve referans alınan yapılar ya da ürünlerdir. Oluşturulan kestirim modeli, bu üç temel bozucu etmenin süre sapma oranlarını ve referans yapıların durumunu kullanarak tüm projenin süre sapma oranını hesaplar. Bu dört bozucu etmen, modeldeki süre sapma oranlarındaki değişikliğin %76.7'sini açıklanır. Kestirim modelinde referans alınan yapılar ya da ürünler dönüştürülmüş süre sapma oranlarını 1.092 mertebesinde etkiler.

10.4.4 Proje yöneticisinin tecrübesine göre regresyon modeli

Dördüncü regresyon modelinde proje yöneticisinin yönetim tecrübesi gölge değişken olarak seçilir. Bu denklem gereksinimlerin anlaşılamaması, yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler ve müşteri problemleri etmenlerini bağımsız değişken olarak kullanır. Regresyon modelinde proje yöneticisinin yönetim tecrübesi, dönüştürülmüş süre sapma oranlarını -0.967 mertebesinde etkiler. Modeldeki süre sapma oranlarındaki değişiklik, bu dört etmenin sapma oranları ve proje yöneticisinin yönetim deneyimi tarafından %91.6 oranında açıklanır.

10.4.5 Ön hazırlık çalışmalarına göre regresyon modeli

Beşinci regresyon modelinde proje ön hazırlık çalışmaları gölge değişken olarak kullanılır. Oluşturulan regresyon modeli yeni gelen gereksinimler, genel teknik problemler, müşteri problemleri ve proje ekibinin alan uzmanlığı üzerinden projelerdeki toplam gecikmeyi hesaplar. Ön hazırlık çalışmaları dönüştürülmüş süre sapma oranını -1.256 mertebesinde etkiler. Modeldeki süre sapma oranlarındaki değişiklik, bu üç temel bozucu etmenin süre sapma oranları, ekibin alan uzmanlığı ve ön hazırlık çalışmalarının durumu tarafından %79.8 oranında açıklanır.

10.5 Karar Ağacı Modelleri

Literatürde yazılım geliştirme performansını karar ağacı yöntemiyle modelleyen çok az sayıda çalışma mevcuttur. Srinivasan ve Fisher (1995) regresyon karar ağacı yöntemini uygulayarak yazılım geliştirme çaba kestirimlerini modellemiştir. Bu modelde düzeltilmiş kaynak kodu, ihtiyaç duyulan sistem yanıt süresi ve temel hafıza kısıtları gibi teknik etmenler girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Pendharka (2004) CART ve CHAID karar ağaçları yöntemlerini kullanarak nesne tabanlı yazılım öğeleri için büyüklük kestirim modellerini geliştirmiştir. Bu modellerin girdi değişkenleri yazılım karmaşıklığı ölçümleridir. Pendharkar ve diğ. (2005) yazılım geliştirme çaba kestirimde CART, ANN ve Bayes yöntemlerini kullanmış ve bu üç modelin performansını karşılaştırmıştır. Vegas ve diğ. (2009) yazılım test aracı seçiminde karar ağacı yöntemi kullanmıştır. Oluşturulan karar modelinde yazılım tipi, ürün büyüklüğü, programlama dili, test verisinin maliyeti ve uygulama maliyeti gibi teknik etmenler girdi değişkeni olarak kullanılmıştır.

Bu doktora çalışması literatürdeki çalışmalardan farklı olarak yazılım geliştirme sürecini etkileyen etmenlere odaklanmış, bu etmenlerin etkisini CHAID karar ağacı yöntemi kullanarak modellemiştir.

CHAID karar ağacı yöntemi kategorik ve oran ölçeğinde tanımlanmış etmenleri birlikte değerlendirebilen en uygun mekanizmalardan biridir. Anlaşılması çok kolay olan bu modeller, proje süre sapma oranlarını belli bir olasılık içinde tahmin eder. Oluşturulan karar ağaçları ve regresyon modelleri arasındaki farklar aşağıda özetlenmiştir.

- Regresyon modellerinden farklı olarak bu ağaç yapılarında etmenlerin etkisi, oluşma olasılığı ve sapma değerine göre incelenir.
- Geliştirme sürecini dolaylı bir şekilde etkileyen etmenler, gölge değişken olarak, teker teker regresyon modellerine eklenmiştir. Karar ağaçlarında ise birden fazla dolaylı etmen aynı ağaç yapısında yer almıştır. Bu etmenlerin hangi koşullarda tetiklendiği ve etkilerinin ne olacağı ortaya çıkarılmıştır.
- Regresyon modellerinde süre sapma değerleri hedef (bağımlı) değişkendir. Karar ağaçlarında ise hem süre sapma değerleri hem de temel bozucu etmenlerin sapma değerleri hedef değişken olarak seçilmiştir.

Karar ağaçlarında ağaç yapısı derinleştikçe daha fazla özellik birlikte değerlendirilir. Bu çalışmada örneklem hacmi nedeniyle ağaç yapısı çok fazla derinleşememiş, en fazla üçüncü seviyeye inmiştir.

Çalışmada dokuz adet karar ağacı modeli oluşturulmuştur. Bu dokuz karar modeli, oluşturulan tüm modeller içinde en iyi performansı veren modellerdir.

10.5.1 Süre sapmalarında temel bozucu etmenlerin etkisi

Çalışma, toplam süre sapma oranlarını hedef değişken olarak kabul etmiş ve bu değişken üzerinde etkili olan temel etmenleri ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda iki karar modeli oluşturulmuştur.

10.5.1.1 Karar modeli 1-GA'ya göre süre sapmaları

Birinci model ilk ayrıştırmayı, mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması etmenine göre yapar. Bu modelde ürün gereksinimlerinin analizi esnasında sıkıntı yaşamayan ya da sapmaya neden olmayan sıkıntıları yaşayan projeler tek bir düğüm altında toplanır.

Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan süre sapma durumları ise diğer düğümde tek başına değerlendirilir.

Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle geciken projelerde sapma oranları oldukça yüksektir. Burada proje öncesinde yürütülen çalışmalar önemlidir. Proje başlamadan önce ekip ciddi bir hazırlık çalışması yürütmüşse süre sapma oranlarının yüksek olma olasılığı azalır. Proje öncesinde hazırlık çalışması yürütmeyen projelerde ürünün yenilik özelliği ön plana çıkar.

Gereksinim analizi esnasında sıkıntı yaşamayan ya da sapmaya neden olmayacak sıkıntıları yaşayan projelerde teknik sıkıntılar ön plana çıkar. Bu grupta yer alan projelerin gecikme miktarlarını ve olasılıklarını teknik sıkıntılar belirler.

10.5.1.2 Karar modeli 2-YGG'ye göre süre sapmaları

İkinci model, yeni gelen gereksinimlerin neden olduğu sıkıntılara göre ilk ayrıştırmayı yapar. Yeni gelen gereksinimler nedeniyle gecikmeye uğrayan projelerin yaklaşık %58.6'sında süre sapma oranları %50 ve üzerindedir. Yeni gelen gereksinimlerin süre sapma oranları %16.7'den büyükse projelerdeki toplam süre sapma oranları %50 ve üzerinde olur. Gerek projeye sonradan ilave edilen gereksinimlerin gerekse diğer bozucu etmenlerin etkisiyle bu gruptaki projeler çok yüksek miktarda sapar.

Yeni gelen gereksinimlerin ürün geliştirme sürecinde sıkıntıya neden olmadığı durumlarda, teknik özelliklerin yerine getirilmesiyle ilgili sıkıntılar öne çıkar.

10.5.2 Temel bozucu etmenleri etkileyen diğer unsurlar

Çalışmada temel bozucu etmenler hedef değişken olarak seçilmiş, bu etmenleri etkileyen diğer unsurlar ortaya çıkarılmıştır.

10.5.2.1 Karar modeli 3- gereksinim tanımlarına göre GA modeli

Bu karar modelinde ilk ayrıştırma noktası işlevsel gereksinimlerin tanımlanma düzeyidir. Bu oldukça basit bir karar ağacı modelidir. İşlevsel gereksinimlerin tanımlı olmadığı, az ya da orta düzeyde tanımlı olduğu durumlarda, GA kaynaklı süre sapma oranlarının %10'un üzerinde olma olasılığı yaklaşık %71'dir. Diğer taraftan işlevsel gereksinimlerin iyi ya da çok iyi düzeyde tanımlandığı projelerin çoğunda, süre sapma oranları en fazla %10 olmaktadır.

10.5.2.2 Karar modeli 4- ön hazırlık çalışmalarına göre GA sapmaları

Bu modelde gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapmalar hedef değişkeni olarak kabul edilmiş; ilk ayrıştırma proje öncesinde yürütülen ön hazırlık çalışmalarından başlatılmıştır. Proje başlamadan önce ön hazırlık çalışması yürüten projelerin %80'inde süre sapma oranları %10'un altında kalır.

Proje ön hazırlık çalışmalarını yürütmeyen projelerde gereksinim kaynaklı süre sapma oranları oldukça yüksektir. Bu gruptaki projelerde proje yöneticisinin alan uzmanlığı ön plana çıkar. Proje yöneticisinin alan uzmanlığı varsa gereksinim kaynaklı sapmaların yüksek olma olasılığı da azalır.

Proje yöneticisinin alan uzmanlığının olmadığı durumlarda referans alınan yapılar ön plana çıkar. Bir projede daha önceden hazırlanmış ya da bir şekilde mevcut olan ürünler referans alınıyorsa, o projenin gereksinim kaynaklı gecikme oranlarında düşme olur.

10.5.2.3 Karar modeli 5: GTP kaynaklı sapmalar

Genel teknik problemlerden kaynaklanan proje süre sapma oranları, bu modelin hedef değişkenidir. Modelde ilk ayrıştırma, tasarım gereksinimlerin tanımlanma durumundan başlar. Geliştirilen karar ağacı modelinde tasarım gereksinimlerinin tam ve doğru bir şekilde tanımlanması ön plana çıkar. Tasarım gereksinimlerinin tam olduğu durumlarda, tüm projelerde genel teknik sıkıntılar nedeniyle oluşan süre sapma oranları %10'un altında kalır.

Tasarım gereksinimleri tam ve doğru bir şekilde tanımlanmamışsa, projelerin yaklaşık %60.5'inde süre sapma değerlerinde bir artış görülür. Bu gruptaki projelerde ekip elemanlarının teknik deneyimi ve becerisi önemlidir. Bir projede teknik deneyime sahip elemanların oranında bir artış olursa, GTP kaynaklı sapmaların yüksek olma ihtimali azalır.

10.5.2.4 Karar modeli 6: YGG kaynaklı sapmalar

Bu modelde yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan süre sapma oranları, hedef değişken olarak seçilmiştir. Model ilk ayrıştırmayı bu gereksinimlerin kabul edilme durumuna göre yapar.

Yeni gereksinimlerin kabul edilmesi durumunda geliştirilen ürünün yenilik düzeyi ön plana çıkar. Yenilik özelliği olmayan standart ürün tasarımlarında, yeni gelen gereksinimlerden dolayı projelerin gecikme olasılığı %46'dır. Geliştirilen üründe yenilik özelliği varsa, projelerin yeni gelen gereksinimlerden dolayı gecikme olasılığı %84'e çıkar.

10.5.2.5 Karar modeli 7: satın alma kaynaklı sapmalar

Satın alma sürecinin neden olduğu sapma durumları, hedef değişken olarak seçilmiştir. Satın alma sürecinde ürünün geç teslim edilmesi projeyi olumsuz yönde etkiler. Ürün teslim süresinde bir aya kadar olan gecikmeler telafi edilebilmektedir. Bu durumda projelerin planlanan süreden sapma olasılığı oldukça düşüktür.

Bir aydan fazla gecikmeler yaşandığında proje süresinde sapma olma olasılığı artar. Projelerin yaklaşık %82'sinde satın alma kaynaklı proje gecikmeleri görülür. Bu gruptaki projelerde Ar-Ge özelliği ön plana çıkar. Ar-Ge projelerinin tamamı temin süresindeki gecikmeden etkilenir. Öte yandan, Ar-Ge özelliği olmayan projelerde temin sürelerinde gecikme olsa bile proje genelinde sapma olma olasılığı %62.5'e düşer.

10.5.3 Dolaylı etmenlere göre süre sapmalarının modellenmesi

Son olarak çalışma süre sapma oranlarını yeniden hedef değişken olarak seçmiş, süreci dolaylı bir şekilde etkileyen etmenlerin etkisini incelemiştir. Projelerdeki süre sapma oranları proje yöneticisinin yönetim tecrübesine ve ürün gereksinimlerinin tanımlı olma durumuna göre ayrı ayrı modellenmiştir.

10.5.3.1 Karar modeli 8: PY yönetim yetkinliğine göre sapma oranları

Proje yöneticisinin yönetim yetkinliğini referans alan model, yönetim tecrübesinin çok iyi olduğu durumda ilk ayrışmayı başlatır. Yönetim tecrübesinin çok iyi olduğu durumda yüksek gecikme oranlarına sık rastlanılmaz. Deneyimli proje yöneticileri tarafından yönetilen projelerde süre sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı, yaklaşık %21'dir.

Bu kategorideki gecikmelerin neredeyse tamamı ürünün yenilik özelliğiyle ilgilidir. Yenilik özelliği olmayan projelerin yaklaşık %64'ünde ya süre sapmasına hiç

rastlanılmaz ya da sapma oranları %15'in altında kalır. Yenilik özelliği olmayan projelerde, süre sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı sadece %9'dur.

Öte yandan, deneyimli proje yöneticileri tarafından yönetilse bile yeni ürün geliştirme sürecinde gecikme olur. Deneyimli proje yöneticileri tarafından yönetilen yeni ürün tasarımlarında, süre sapma oranlarının %15 ile %50 arasında kalma olasılığı %61.5'tir. Yine bu kategorideki projelerde sapma oranlarının %50 ve üzerinde olma olasılığı yaklaşık %30.8'dir.

Proje yöneticisinin yönetim tecrübesi çok iyi değilse, projelerin yaklaşık %74'ünde süre sapma oranları %50'nin üzerinde olur. Bu gruptaki projelerin ön hazırlık çalışmalarını yürütüp yürütmediği önemlidir. Proje başlamadan önce sistematik bir şekilde ön hazırlık çalışması yürütülmüşse, bu oran yaklaşık %56'lara düşer. Öte yandan, ön hazırlık çalışması yapılmayan ve yetkin proje yöneticileri tarafından yönetilmeyen projelerin yaklaşık %83'ünde, süre sapma oranları %50'nin üzerindedir.

10.5.3.2 Karar modeli 9: gereksinim durumuna göre sapma oranları.

Bu model ilk ayrıştırmayı, gereksinimlerin tanımlanma durumundan başlatır. Proje başlangıcında ürün gereksinimleri tam ve doğru bir şekilde tanımlanmışsa, projelerin %62.5'i ya hiç gecikmez ya da en fazla planlanan sürenin %15'i kadar gecikir.

Gereksinimlerin tam olduğu durumda müşteriden kuvvetli bir destek gelirse, projelerin tamamı gecikmeye uğramadan ya da en fazla %15 gibi düşük bir oranda plandan saparak tamamlanır. Müşterinin projeye destek vermediği ya da desteğin az ya da orta seviyede kaldığı durumlarda gecikmeme olasılığı %33.3'e iner.

Tam olmayan gereksinimler projelerde gecikmeye neden olur. Proje başlangıcında ürün gereksinimleri tam değilse, projelerin yaklaşık %63'ünde süre sapma oranları oldukça yüksektir. Eğer bu gruptaki projeler profesyonel olmayan yöneticiler tarafından idare edilirse, süre sapma oranlarının yüksek olma olasılığı yaklaşık %79 olur. Eğer projeler profesyonel yöneticiler tarafından yönetilirse, gecikmenin çok yüksek değerlerde olmaması sağlanır. Bu gruptaki projelerde çok yüksek süre sapma oranlarının görülme olasılığı yaklaşık %27.3'tür. Süre sapma oranlarının %15 ile %50 arasında kalma olasılığı ise yaklaşık %72.7'dir.

10.6 Öneriler

Bu doktora çalışmasında yedi temel bozucu etmen dikkate alınarak regresyon ve karar ağacı modelleri oluşturulmuştur. Öte yandan, temel bozucu etmenlerden biri olan alt yüklenici ve proje ortakları problemleri oluşturulan modellere girememiştir. Bunun en önemli nedeni, bu etmenin etkili olduğu projelerin sayıca çok az olmasıdır. Öyle ki, örneklemdeki projelerin sadece %40'ı alt yüklenici kullanmakta ya da ortaklarla çalışmaktadır.

Alt yüklenici kullanan ya da ortakları olan projelerde, bu etmenler ile süre sapma miktarları arasında pozitif yönde ve orta şiddette bir ilişki vardır. Bu etmenler tetiklendikleri durumda, ürün geliştirme performansı üzerinde oldukça etkili olabilmektedir. Öte yandan, bu etmenlerin etkisini modelleyebilmek için daha büyük bir örneklem hacmine ihtiyaç duyulur. Diğer bir deyişle, alt yüklenici kullanan ya da en az bir ortağı olan projelerin örneklemde daha fazla temsil edilmesi gerekir.

KAYNAKLAR

Acedo, F. J. ve Florin, J. (2007). Understanding the risk perception of strategic opportunities: a tripartite model. *Strategic Change,* ***16***, 97–116.

Ahonen, J. J. ve Savolainen, P. (2010). Software engineering projects may fail before they are started: Post-mortem analysis of five cancelled projects. *The Journal of Systems and Software*, ***83***, 2175–2187.

Akgün, A. E. ve Lynn, G. S. (2002). Antecedents and consequences of team stability on new product development performance. *Journal of Engineering and Technology Management (JET-M)*, ***19***, 263-286.

Akgün, A. E., Dayan M., Di Benedetto A. ve Keskin, H. (2008). New product development team intelligence: Antecedents and consequences. *Information & Management*, ***45***, 221–226.

Albuquerque, J., Coelho, C., Cavalcanti, C. F., Da Silva, D. C. ve Fernandes, A. O. (1999). System-Level Partitioning with Uncertainty. *CODES '99 Proceedings of the Seventh International Workshop on Hardware/Software Codesign*, Rome Italy, Sf. 198-202 doi: 10.1109/HSC.1999.777432.

Ali, A. (2000). The Impact of Innovativeness and Development Time on New Product Performance for Small Firms. *Marketing Letters,* ***11***, 151-163.

Ammar, H. H, Nikzadeh, T. ve Dugan, J. B. (1997). An Example of Risk Assessment of Software Systems Specifications. *Eighth International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE '97),* Albuquerque NM, Sf. 156-167 doi: 10.1109/ISSRE.1997.630861.

Amoako-Gyampah, K. ve White, K. B. (1993). User involvement and user satisfaction: An exploratory contingency model. *Information & Management,* ***25***, 1-10.

Anderson, S. D. (1992). Proje quality and project managers. *International Journal of Project. Management*, ***10***, 138-144.

Antipov, E. ve Pokryshevskaya, E. (2009). *Applying CHAID for logistic regression diagnostics and classification accuracy improvement.* MPRA Paper No. 21499. Alındığı tarih: 08.06.2010, adres: http://mpra.ub.uni-muenchen.de/21499/

Apaydin, E. (2004). *Introduction to machine learning*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Arnold R. S. ve Bohner S. A. (1993). Impact Analysis-Towards a Framework for Comparison. *CSM'93- Proceedings of the Conference on Software Maintenance*, Montreal, Que., Canada, Sf. 292-301 doi: 10.1109/ICSM.1993.366933.

Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management,* ***17***, 337-342.

Baiden, B. K. ve Price, A. D. F. (2011). The effect of integration on project delivery team effectiveness. *International Journal of Project Management*, ***29***, 129–136.

Balachandra, R. ve Friar, J. H. (1997). Factors for Success in R&D Projects and New Product Innovation: A Contextual Framework. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ***44***, 276-287.

Barclay, I. ve Dann, Z. (2000). New Product Development Performance Evaluation: A Product Complexity Based Methodology. *IEE Proceedings, Science, Measurement and Technology*, ***147***, 41-55.

Barki, H. ve Hartwick, J. (1994). Measuring User Participation, User Involvement, and User Attitude. *MIS Quarterly*, ***18***, 59-82.

Barki, H., Rivard, S. ve Talbot, J. (1993**).** Toward an Assessment of Software Development Risk. *J. Management Information Systems*, ***10***, 203-225.

Barki, H., Rivard, S., ve Talbot, J. (2001). An Integrative Contingency Model of Software Project Risk Management. *Journal of Management Information Systems*, ***17***, 37-69.

Basili, V. R. ve Rombach, H. D. (1987). Tailoring the software process to project goals and environments. *ICSE '87: Proceedings of the 9th international conference on Software Engineering*, Sf. 345-357.

Baskerville, R. ve Stage, J. (1996). Controlling Prototype Development Through Risk Analysis. *MIS Quarterly*, ***20***, 481-504.

Belassi, W. ve Tukel, O. I. (1996). A new framework for determining critical success/failure factors in projects. *International Journal of Project Management*, ***14***, 141-151.

Bergeron, F. ve St-Arnaud, J-Y. (1992). Estimation of information systems development efforts. *Information & Management*, ***22***, 239–254.

Berlin, S., Raz, T., Glezer, C. ve Zviran, M. (2009). Comparison of estimation methods of cost and duration in IT projects. *Information and Software Technology*, ***51***, 738–748.

Boehm, B. W. (1976). Software Engineering. *IEEE Transactions on Computers*, ***C-25***, 1226-1241.

Boehm, B. W. (1984). Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications. *IEEE Software*, ***1***, 75-88.

Boehm, B. W. (1989). *Software Risk Management Tutorial*. Washington, DC: IEEE Computer Society Press.

Boehm, B. W. (1991). Software Risk Management: Principles and Practices. *IEEE Software*, ***8***, 32-41 doi: 10.1109/52.62930.

Boehm, B. W. ve Basili, V. R. (2001). Software Defect Reduction Top 10 List. *IEEE journal Computer*, ***34***, 135-137.

Boehm, B. W. ve Papaccio, P. N. (1988). Understanding and controlling software costs. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***14***, 1462-1477 doi: 10.1109/32.6191.

Boehm, B. W. ve Valerdi, R. (2008).Achievements and Challenges in Cocomo-Based Software Resource Estimation. *Software IEEE*, ***25***, 74–83.

Boehm, B. W., Penedo, M. H., Stuckle, E. D., Williams, R. D. ve Pyster, A. B. (1984). A Software Development Environment for Improving Productivity. *IEEE Computer*, ***17***, 30–44.

Boer, H. ve During, W. E. (2001). Innovation, what innovation? A comparison between product, process and organizational innovation. *Int. J. Technology Management*, ***22***, 83-107.

Booz Allen & Hamilton (1982). *New product Development for the 1980s*. New York: Booz Allen & Hamilton Consultants.

Briand, L. C., Emam, K. El ve Wieczorek, I. (1999). Explaining the Cost of European Space and Military Projects. *IEEE International Conference of Sofware Engineering (ICSE)*, Los Angeles CA, USA.

Brooks, F. P. (1987). No Silver Bullet Essence and Accidents of Software Engineering. *IEEE Computer*, ***20***, 10-19.

Bstieler, L. (2005). The Moderating Effect of Environmental Uncertainty on New Product Development and Time Efficiency. *Jounal of Product Innovation Management*, ***22***, 267-284.

Burgess, C. J. ve Lefley, M. (2001). Can genetic programming improve software effort estimation? A comparative evaluation. *Information and Software Technology*, ***43***, 863-873.

Buss, E. ve Henshaw, J. (1991). A Software Reverse Engineering Experience. *CASCON'91 Proceedings of the 1991 conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research*, Toronto, Ontario, Sf. 55-73, October 28-30.

Calantone, R. J., Chan, K. ve Cui, A. S. (2006). Decomposing Product Innovativeness and Its Effects on New Product Success. *J. Prod. Innov. Manag.*, ***23***, 408-421.

Carbonell, P. ve Rodriguez, A. I. (2006). Designing teams for speedy product development: The moderating effect of technological complexity. *Journal of Business Research*, ***59***, 225–232

Cerpa, N., Bardeen, M., Kitchenham, B. ve Verner J. (2010). Evaluating logistic regression models to estimate software project outcomes. *Information and Software Technology*, ***52***, 934–944.

Chen, H-G., Jiang, J. J., Klein, G. ve Chen, J. V. (2009). Reducing software requirement perception gaps through coordination mechanisms. *The Journal of Systems and Software,* ***82***, 650–655.

Chi, Y. L. ve Chen, C. Y. (2009). Project teaming: Knowledge-intensive design for composing team members. *Expert Systems with Applications*, ***36***, 9479–9487.

Chikofsky, E. J. ve Cross, J. H. (1990). Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy. *IEEE Software*, ***7***, 13-17.

Chin, K-S., Tang, D-W., Yang, J-B., Wong, S. Y. ve Wang, H. (2009). Assessing new product development project risk by Bayesian network with a systematic probability generation methodology. *Expert Systems with Applications*, ***36***, 9879–9890.

Chittister, C. ve Haimes, Y. Y. (1994). Assessment and Management of Software Technical Risk. *IEEE Transactions on Systems. Man. and Cybernetics*, ***24***, 187–202.

Chittister, C. ve Haimes, Y. Y. (1996). Systems integration via software risk management. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, ***26***, 521-532.

Clark, K. B. ve Fujimoto, T. (1991). *Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.

Conrow, E. H. ve Shishido, P. S. (1997). Implementing Risk Management on Software Intensive Projects. *IEEE Software*, ***14***, 83-89.

Cook, R. D. (1977). Detection of Influence Observations in Linear Regression. *Technometrics*, ***19***, 15-18.

Cooke-Davies, T. (2002). The "real" success factors on projects. *International Journal of Project Management*, ***20***, 185–190.

Cooper, R. G. ve Kleinschmidt, E. J. (1993). Screening new products for potential winners. *Long Range Planning*, ***26***, 74-81.

Court, A. W. (1997). The relationship between information and personal knowledge in new product development. *International Journal of Information Management*, ***17***, 123-138.

Cule, P. E., Schmidt, R. C., Lyytinen, K. ve Keil, M. (2000). Strategies for Heading Off is Project Failure. *Information Systems Management*, ***17***, 1-9.

Curtis, B. (1989). Three Problems Overcome with Behavioral Models of the Software Development Process. *11th International Conference on Software Engineering,* Sf. 398–399, 15-18 May doi: 10.1109/ICSE.1989.714465.

Curtis, B., Krasner, H. ve Iscoe, N. A. (1988). A field study of the software design process for large systems. *Communications of the ACM*, ***31***, 1268-1287.

Cusumano, M. A. (2004). *The Business of Software*. Free Press, New York.

Danneels, E. (2002). The Dynamics of Production Innovation and Firm Competences. *Strategic Management Journal*, ***23***, 1095–1121.

Danneels, E. **ve Kleinschmidt, E. J**. (2001). Product innovativeness from the firm's perspective: Its dimensions and their relation with project selection and performance. *The Journal of Product Innovation Management*, ***18***, 357-373.

Davis, A. M., Bersoff, E. H. ve Comer E. R. (1988). A Strategy for Comparing Alternative Software Development Life Cycle Models. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***14***, 1453-1461.

De Weck, O., Eckert, C. ve Clarkson, P. J. (2007). A classification of uncertainty for early product and system design. In *International Conference on Engineering Design, ICED'07*, Paris, France, 28-31 August.

Diepen, M. V. ve Franses, P. H. (2006). Evaluating chi-squared automatic interaction detection. *Information Systems*, ***31***, 814–831.

Donaldson, A. J. M. ve Jenkins, J. O. (2001). Systems Failures: An approach to building a coping strategy. *Proceedings of 14th Conference on Software Engineering Education and Training*, Charlotte, NC , USA, 19-21 Feb.

Duncan, R. B. (1972). Characteristics of organizational environments and perceived environmental uncertainty. *Administrative Science Quarterly,* ***17***, 313-327.

Earl, M. J. (1996). The Risks of Outsourcing IT. *Sloan Management Review*, ***37***, 26-32.

Elish, M. O. (2009). Improved estimation of software project effort using multiple additive regression trees. *Expert Systems with Applications,* ***36***, 10774–10778.

El-Sabaa, S. (2001). The skills and career path of an effective project manager. *International Journal of Project Management*, ***19***, 1-7.

Ewusi-Mensah, K. (1997). Critical Issues in abandoned Information Systems Development Projects. *Communications of the ACM*, ***40***, 74-80.

Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G. ve Smyth, P. (1996). The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. *Communications of the ACM*, ***39***, 27-34 doi:10.1145/240455.240464.

Fenton, N. ve Neil, M. (1996). Predicting software quality using Bayesian Belief Networks. *Proceedings of the 21st Annual Software Engineering Workshop*, NASA/Goddard Space Flight Centre.

Fenton, N. E., Krause, P. ve Neil, M. (2002). Software measurement: Uncertainty and causal modeling. *Software, IEEE*, July/August, ***19***, 116-122.

Fenton, N. E., Marsh, W., Neil, M., Cates, P., Forey, S. ve Tailor, M. (2004). Making resource decisions for software projects. *Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering,* 23-28 May doi: 10.1109/ICSE.2004.1317462.

Fenton, N. E., Neil, M. ve Marquez, D. (2007a). Using a bayesian network to predict software defects and reliability. *5th International Mathematical Methods in Reliability Conference (MMR07)*, Glasgow, 1-4 July.

Fenton, N. E., Neil, M., Marsh, W., Hearty, P., Krause, P. ve Radliński, Ł. (2007b). Project Data Incorporating Qualitative Factors for Improved Software Defect Prediction. *ICSE PROMISE 2007,* Minneapolis, 20 May.

Ferreira, S. (2002). *Measuring the Effects of Requirement Volatility on Software Development Projects*, Ph.D. Dissertation, Arizona State University.

Ferreira, S., Collofello, J., Shunk, D. ve Mackulak, G. (2009). Understanding the effects of requirements volatility in software engineering by using analytical modeling and software process simulation. *The Journal of Systems and Software*, ***82***, 1568–1577.

Filho, M. C. M. (2005). Managing Subcontractors with Rational Unified Process. *A whitepaper from IBM's Rational software division*, July.

Finnie, G. R., Wittig, G. E. ve Desharnais, J. M. (1997). A comparison of software effort estimation techniques: Using function points with neural network, case-based reasoning and regression models. *Journal of Systems Software*, ***39***, 281–289.

Fragola, J. R. (1993). Designing for Success: Reliability Technology in the Concurrent Engineering Era. *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*, Atlanta, GA , USA, 26-28 Jan.

Gaffney, J. E. ve Durek, T. A. (1989). Software reuse key to enhanced productivity: some quantitative models. *Information and Software technology*, ***31***, 258-267.

Garcia R. ve Calantone R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. *Journal of Product Innovation Management*, ***19***, 110–132.

Golubic, S. (2003) On Software Quality Verification in the Object-Oriented Development Environment. *7th International Conference on Telecommunications,* Zagreb, Croatia, 11-13 June doi: 10.1109/CONTEL.2003.1215871.

Gray, A., MacDonell, S. ve Shepperd, M. (1999). *Factors Systematically Associated with Errors in Subjective Estimates of Software Development Effort:The Stability of Expert Judgment.* University of Otago, Department of Information Science, The Information Science Discussion Paper Series- Number 99/16, ISSN 1172-6024, June.

Grimstad, S. ve Jørgensen, M. (2007). Inconsistency of expert judgment-based estimates of software development effort. *The Journal of Systems and Software*, ***80***, 1770–1777.

Haigh, T. (2002). Software in the 1960s as Concept, Service, and Product. *IEEE IEEE Annals of the History of Computing*, ***24***, 5-13.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. ve Tatham, R. L. (2005). *Multivariate Data Analysis*. ISBN 0-13-032929-0.

Han, H-Y., Lee, J-N. ve Seo, Y-W. (2008). Analyzing the impact of a firm's capability on outsourcing success: A process perspective. *Information & Management*, ***45***, 31-42.

Han, J. ve Kamber, M. (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques.* Morgan Kaufmann Publishers.

Han, W. M. ve Huang, **S. J**. (2007). An empirical analysis of risk components and performanceon software projects. *The Journal of Systems and Software*, ***80***, 42–50.

Harter, D. E., Krishnan, M. S. ve Slaughter, S. A. (2000). Effects of Process Maturity on Quality, Cycle Time, and Effort in Software Product Development. *Management Science*, ***46***, 451-466.

Hastings, T. E. ve Sajeev, A. S. M. (2004). A Vector-Based Approach to Software Size Measurement and Effort Estimation. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***27***, 337-350.

Hill, J., Thomasa, L. C. ve Allen, D. E. (2000). Experts' estimates of task durations in software development projects. *International Journal of Project Management*, ***18***, 13-21.

Holsheimer, M. ve Siebes, A. (1994). Data Mining- The serach for knowledge in databases. *Report CS-R9406*, ISSN 0169-118X, CWI.

Hu, L. ve Hu, Y. (2006). Resource Perspectives in the Context of Process Management of Product Development. *CAIDCD'06, 7th Inernational Conferenceon Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design*, Hangzhou, 17-19 November doi: 10.1109/CAIDCD.2006.329314.

Hu, L., Qin, X. ve Hu, Y. (2007). Role Perspective in the Context of Resource Management of Product Development. *2nd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications ICIEA 2007*, Harbin, 23-25 May doi: 10.1109/ICIEA.2007.4318575.

Humphrey, W. S. (2005). Why Big Software Projects Fail: The 12 Key Questions, *The Journal of Defense Software Engineering*, March Issue, adres: <http://www.betterprojects.net/2009/09/why-big-software-projects-fail-12-key.html>.

IEEE Std 830-1998 (1998). *Recommended Practice for Software Requirements Engineering Specification*. Institute of Electrical and Electronics Engineering Inc.

IEEE Std. 1220-1998 (1998). *IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process*. Software Engineering Standards Committee of the IEEE Computer Society, 8 August.

Jäälinoja, J. (2004). Requirements implementation in embedded software development. *Espoo 2004*, VTT Publications 526, ISBN: 951-38-6370-0.

Jablokow, K. W. ve Booth, D. E. (2006). The impact and management of cognitive gap in high performance product development organizations. *Journal of Engineering and Technology Management,* ***23***, 313–336.

Jenhani, I., Amor, N. B. ve Elouedi, Z. (2008). Decision trees as possibilistic classifiers. *International Journal of Approximate Reasoning*, ***48***, 784–807.

Jiang, J. J. ve Klein, G. (1999). Risks to different aspects of system success. *Information & Management*, ***36***, 263-272.

Jiang, J. J. ve Klein, G. (2000). Software development risks to project effectiveness. *Journal of Systems Software*, ***52***, 3–10.

Jiang, J.J., Klein, G., Wu, S. P. J. ve Liang, T. P. (2009). The relation of requirements uncertainty and stakeholder perception gaps to project management performance. *The Journal of Systems and Software*, ***82***, 801-808.

Jiang, Z. ve Naudé, P. (2007). An Examination of the Factors Influencing Software Development Effort. *International Journal of Computer, Information, and Systems Science, and Engineering*, ***1***, 182–191 adres: <http://www.waset.org/journals/ijcie/v1/v1-3-25.pdf>

Jones , T. C. (1984). Reusability in Programming: A Survey of the State of the Art. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***10***, 488-494, doi: 10.1109/TSE.1984.5010271.

Jones, M. C. ve Harrison, A. W. (1996). IS project team performance: An empirical assessment. *Information & Management*, ***31***, 57-65.

Jordan G. ve Segelod E. (2006). Software innovativeness: outcomes on project performance, knowledge enhancement, and external linkages. *R&D Management,* ***36***, 127-142.

Jørgensen, M. (2004). Regression Models of Software Development Effort Estimation Accuracy and Bias. *Empirical Software Engineering*, ***9***, 297–314.

Jørgensen, M. ve Sjøberg, D. I. K. (2004). The impact of customer expectation on software development effort estimates. *International Journal of Project Management*, ***22***, 317–325.

Jun, H. B., Ahn, H. S. ve Suh, H. W. (2005). On Identifying and Estimating the Cycle Time of Product Development Process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ***52***, 336–349.

Jun, H. B., Kiritsis, D. ve Xirouchakis, P. (2007). Product Life-Cycle Metadata Modeling and Its Application with RDF. *IEEE Transactions on Konwledge and Data Engineering,* ***19***, 1680-1693.

Jun, L., Qiuzhen, W. ve Qingguo, M. (2011). The effects of project uncertainty and risk management on IS development project performance: A vendor perspective. *International Journal of Project Management*, ***29***, 923-933, doi:10.1016/j.ijproman.2010.11.002.

Kamalraj, R., Geetha, B. G., ve Singarave, G. (2009). Reducing Efforts on Software Project Management using Software Package Reusability. *2009 IEEE International Advance Computing Conference (IACC 2009),* Patiala, India, 6-7 March.

Katz, R. ve Tushman, M. (1979). Communication Patterns, Project Performance, andTask Characteristics: An Empirical Evaluation andIntegration in an R&D Setting. *Organizational Behavior and Human Performance*, ***23***, 139-162.

Keil, M., Cule, P. E., Lyytinen, K. ve Schmidt, R. C. (1998). A Framework for Identifing Software Project Risks. *Communications of the ACM*, ***41***, 76-83.

Kemerer, C. F. (1987). An Empirical Validation of Software Cost Estimation Models, *Communications of the ACM*, ***30***, 416-429.

Kendall, R. P., Post, D. E., Carver, J. C., Henderson, D. B. ve Fisher D. A. (2007). A Proposed Taxonomy for Software Development Risks for High-Performance Computing (HPC) Scientific/Engineering Applications. *CMU/SEI-2006-TN-039*, SEI, January.

Khurana, A. ve Rosenthal, S. R. (1998). Towards Holistic "Front Ends" In New Product Development. *Journal of Product Innovation Management*, *15*, 57-74.

Koopman, P. (1996). Embedded System Design Issues (the Rest of the Story). In: *Proceedings of the International Conference on Computer Design (ICCD 96),* Austin, TX, 7-9 October doi: 10.1109/ICCD.1996.563572.

Kulk, G. P. ve Verhoef, C. (2008).Quantifying requirements volatility effects. *Science of Computer Programming,* ***72***, 136-175.

Kuloor, C. ve Eberlein, A. (2003). Aspect-Oriented Requirements Engineering for Software Product Lines. *Proceedings of the 10 th IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS'03)*,7-10 April doi: 10.1109/ECBS.2003.1194788.

Lee, H. (1993) A Structured Methodology for Software Development Effort Prediction Using the Analytic Hierarchy Process. *J. Systems Software*, vol. ***21***, 179-186.

Li, J. Z., Ruhe, G., Al-Emran, A. ve Ritcher, M. M. (2007). A Flexible Method for Effort Estimation by Analogy. *Empirical Software Engineering*, ***12***, 65-106.

Li, Y., Yang, M-H., Klein, G. ve Chen, H-G. (2010). The role of team problem solving competency in information system development projects. *International Journal of Project Management*, ***29***, 911-922.

Little, T. (2005). Context-Adaptive Agility: Managing Complexity and Uncertainty. IEEE *Software,* ***22***, 28–35.

Liu, J. Y-C., Chen, H-G., Chen, C. C. ve Sheu, T. S. (2011). Relationships among interpersonal conflict, requirements uncertainty, and software project performance. *International Journal of Project Management*, ***29***, 547–556.

Liu, P-L., Chen, W-C. ve Tsai, C-H. (2005). An empirical study on the correlation between the knowledgemanagement method and new product development strategyon product performance in Taiwan's industries, *Technovation*, ***25***, 637–644.

Liu, R. X., Kuang, J., Gong, Q. ve Hou, X. L. (2003). Principal component regression analysis with SPSS. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, ***71***, 141_147.

Loucopoulos, P. ve Champion, R. E. M. (1989). Knowledge-based support for requirements engineering. *Information and Software Technology*, ***31***, 123-135.

Mahoney, M. S. (2004). Finding a History of Software Engineering, *IEEE Annals of the History of Computing*, ***26***, 8-19.

McDonough, E. F. (1993). Faster new product development: Investigating the effects of technology and characteristics of the project leader and team. *Journal of Product Innovation Management*, ***10***, 241–250.

McDonough, E. F. ve Barczak, G. (1991). Speeding Up New Product Development: The Effects of Leadership Style and Source of Technology. *Journal of Product Innovation Management*, ***8***, 203-211.

McIvor, R., Humphreys, P. ve Cadden, T. (2006). Supplier involvement in product development in the electronics industry: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management,* ***23***, 374–397.

Mckeen, J. D. ve Guimaraes, T. (1997). Successful Strategies for User Participation in Systems Development. *Journal of Management Information Systems,* ***14***, 133-150.

McKeen, J. D., Guimaraes, T. ve Wetherbe, J. C. (1994). The relationship between user participation and user satisfaction: an investigation of four contingency factors. *MIS Quarterly*, ***18***, 427-451.

Meyer, M. H. ve Utterback, J. M. (1995). Product development cycle time and commercial success. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ***42***, 297–304.

Mili, A., Yacoub, S., Addy, E. ve Mili, H. (1999). Toward an Engineering Discipline of Software Reuse. *IEEE Software*, ***16***, 22-31.

Miller, A. (1989). Engineering design: its importance for software. *IEEE Potentials*, ***3***, 14-16.

Morgenshtern, O., Raz, T. ve Dvir, D. (2007). Factors affecting duration and effort estimation errors in software development projects. *Information and Software Technology*, ***49***, 827–837.

Morisio, M., Ezran, M. ve Tully, C. (2002). Success and Failure Factors in Software Reuse. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***28***, 340-357.

Moynihan, T. (1997). How Experienced Project Managers Assess Risk. *IEEE Software*, ***14***, 35-41.

Muralidharan, C., Anantharaman, N. ve Deshmukh, S. G. (2002). A multi-criteria group decisionmaking model for supplier rating. *Journal of Supply Chain Management,* ***38***, 22-33.

Narayanan, S., Balasubramanian, S. ve Swaminathan, J. M. (2010). Managing Outsourced Software Projects: An Analysis of Project Performance and Customer Satisfaction. *Production and Operations Management*, ***20***, 508–521.

Naveh, E. (2007). Formality and discretion in successful R&D projects. *Journal of Operations Management*, ***25***, 110–125.

Newbold, P. (2000). *İşletme ve İktisat için İstatistik* (Çev. Ümit Şenesen). 4. Baskı, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Nidumolu, S. (1995). The Effect of Coordination and Uncertainty on Software Project Performance: Residual Performance Risk as an Intervening Variable. *Information Systems Research,* ***6***, 191-219.

Nidumolu, S. (1996a). A Comparison of the Structural Contingency and Risk-Based Perspectives on Coordination in Software-Development Projects. *Journal of Management Information Systems*, ***13***, 77-113.

Nidumolu, S. (1996b). Standardization, requirements uncertainty and software project performance. Information & Management, ***31***, 135-150.

Noothong, T. ve Sutivong, D. (2006). Software Project Management Using Decision Networks. *Proceesings of the Sixth International Conference on Intelligent System Desing and Applications (ISDA'06)*, Jinan, 16-18 Oct.

O'Brien, R. M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Quality & Quantity*, ***41***, 673–690.

Park, H. ve Baek, S. (2008). An empirical validation of a neural network model for software effort estimation. *Expert Systems with Applications*, ***35***, 929–937.

Pendharkar, P. C. (2004). An exploratory study of object-oriented software component size determinants and the application of regression tree forecasting models. *Information & Management,* ***42***, 61–73.

Pendharkar, P. C. (2010). Probabilistic estimation of software size and effort. *Expert Systems with Applications*, ***37***, 4435–4440.

Pendharkar, P. C. ve Rodger, J. A. (2007). An empirical study of the impact of team size on software development effort. *Information Technology and Management*, ***8***, 253–262.

Pendharkar, P. C., Subramanian, G. H. ve Rodger, J. A. (2005) A Probabilistic Model for Predicting Software Development Effort. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***31***, 615-624.

Pfleeger, S. L. ve Bohner, S. A. (1990). A Framework for Software Maintenance Metrics. *Proceedings. of Software Maintenance Conference,* San Diego, CA, 26-29 November doi: 10.1109/ICSM.1990.131381.

Pinto, J. K. ve Mantel, S. J. (1990). The Causes of Project Failure. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ***37***, 269- 276.

Potts, C. (1995). Software-Engineering Research Revisited. *IEEE Software*, ***10***, 19-28.

Prieto-Diaz, R. (1993). Status report: software reusability. *IEEE Software*, ***10***, 61–66.

Prieto-Diaz, R. ve Freeman, P. (1987). Classifying software for reusability, *IEEE Software*, ***4***, 6-16.

Procaccino, J. D., Verner, J. M., ve Lorenzet, S. J. (2006). Defining and contributing to software development success. *Commun. ACM*, ***49***, 79-83.

Quinn, J. B. ve Hilmer, F. G. (1994). Strategic outsourcing. *Sloan Management Review,* Summer, ***35***, 43-55.

Ramadani, V. ve Gerguri, S. (2011). Innovations: Principles and Strategies. *Strategic Change*, ***20***, 101–110.

Ramsey, F. L. ve Schafer, D. W. (2002). *The Statistical Sleuth-A Course in Methods of Data Analysis*. Duxbury Thomson Learning.

Rätsch, G. (2004). A brief introduction into machine learning. *21st Chaos Communication Congress, Berliner Congress Center*, Berlin, Germany, December.

Redmond-Pyle, D. (1996).Software development methods and tools: some trends and issues. *Software Engineering Journal*, ***11***, 99-103.

Reel, J. S. (1999). Critical Success Factors In Software Projects, *IEEE Software*, ***16***, 18-23.

Rees, K., Coolen, F., Goldstein, M., ve Wooff, D. (2001). Managing the uncertainties of software testing: A bayesian approach. *Quality and Relaibility Engineering International,* ***17***, 191-203.

Romijn, H. Albaladejo, M. (2002). Determinants of innovation capability in small electronics and software firms in southeast England. *Research Policy, 31*, 1053–1067

Ropponen, J. ve Lyytinen, K. (2000). Components of Software Development Risk: How to Address Them? A Project Management Survey. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***26***, 98-112.

Rothenberger, M. ve Dooley, K. J. (1999). Performance Measure for Software Reuse Projects. *Decision Sciences*, ***30***, 1131-1153.

Russell, Y. (2001). Quality in the Outsourcing Process: Part I. The Quality Outsourcer. *The Quality Assurance Journal*, ***5***, 199–206.

Schewe, G. (1994). Successful innovation management: An integrative perspective. *J. Eng. Technol. Manage.*, ***11***, 25-53.

Schmidt, R., **Lyytinen, K., Keil, M. ve Cule, P.** (2001). Identifying Software Project Risks: An International Delphi Study. *Journal of Management Information Systems*, ***17***, 5-36.

Scott-Young, C. ve Samson, D. (2008). Project success and project team management: Evidence from capital projects in the process industries. *Journal of Operations Management*, ***26***, 749–766.

Selby, R. (2005). Enabling Reuse-Based Software Development of Large-Scale Systems. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***31***, 495-510.

Sentas, P., Angelis, L., Stamelos, I. ve Bleris, G. (2005). Software productivity and effort prediction with ordinal regression. *Information and Software Technology*, ***47***, 17–29.

Sicotte, H. ve Langley, A. (2000). Integration mechanisms and R&D project performance. *J. Eng. Technol. Manage*. ***17***, 1–37.

Simons, J. B. ve De Klerk A. M. (1997). A systems approach to product development. *Proceedings of PICMET '97: Portland International Conference on Management and Technology*, Portland, OR, 27-31 July.

Smith, R. K., Hale, J. E. ve Parrish, A. S. (2001). An Empirical Study Using Task Assignment Patterns to Improve the Accuracy of Software Effort Estimation. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***27***, 264-271.

Song, Y., Lee, D., Lee, Y. ve Chung, Y. (2007). Managing uncertainty and ambiguity in frontier R&D projects: A Korean case study. *J.Eng.Technol.Manage.*, ***24***, 231-250.

Srinivasan, K. ve Fisher, D. (1995). Machine Learning Approaches to Estimating Software Development Effort. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***21***, 126-137.

Swink, M. (2003). Completing projects on-time: how project acceleration affects new product development, *Journal of Engineering and Technology Management*, ***20***, 319–344.

Tatikonda, M. V. ve Rosenthal, S. R. (2000). Technology Novelty, Project Complexity, and Product Development Project Execution Success: A Deeper Look at Task Uncertainty in Product Innovation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ***47***, 74-87.

Tesch, D., Sobol, M. G., Klein, G. ve Jiang, J. J. (2009). User and developer common knowledge: Effect on the success of information system development projects. *International Journal of Project Management*, ***27***, 657–664.

The Standish Group International, 1995: *The Chaos Report.The Standish Group International*, Inc.

Tiwana, A. (2008). Does Technologicel Modularity Substitute for Control? A Study of Alliance Performance in Software Outsourcing. *Strategic Management Journal,* ***29***, 769–780.

Tiwana, A. ve Keil, M. (2006). Functionality Risk in Information SystemsDevelopment: An Empirical Investigation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ***53***, 412-425.

Trnka, A. (2010). Classification and Regression Trees as a Part of Data Mining in Six Sigma Methodology. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2010*, San Francisco, USA, 20-22 October.

Vaccaro, I. G., Jansen, J. J. P., Van Den Bosch, F. A. J. ve Volberda, H. W. (2012). Management Innovation and Leadership: The Moderating Role of Organizational Size. *Journal of Management Studies*, ***49***, 28-51 doi: 10.1111/j.1467-6486.2010.00976x.

Van der Panne, G., Van Beers, C. ve Kleinknecht, A. (2003). Success and Failure of Innovation: A Literature Review. *International Journal of Innovation Management*, ***7***, 1-30.

Vegas, S., Juristo, N. ve Basili, V. R. (2009). Maturing Software Engineering Knowledge through Classifications: A Case Study on Unit Testing Techniques. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***35***, 551-565.

Verner, J. M., **Evanco, W. M., ve Cerpa, N.** (2007). State of the practice: An exploratory analysis of schedule estimaion and software project success prediction. *Information and Software Technology*, ***49***, 181-193.

Voegtli, C. (1996). Real-World Challenges: Using the Virtual Enterprise for Successful Product Development Projects. *Proceedings of Engineering and Technology Management IEMC 96,* 18-20 Aug.

Voss, C.A. (1985). The Role of Users in the Development of Applications Software. *Journal of Product Innovation Management*, ***2***, 113-121.

Wallace, L., Keil, M. ve Rai, A. (2004a). How Software Project Risk Affects Project Performance: An Investigation of the Dimentions of Risk and an Exploratory Model. *Decisions Science*, ***35***, 289-321.

Wallace, L., Keil, M. ve Rai, A. (2004b). Understanding software project risk: a cluster analysis. *Information & Management*, ***42***, 115–125.

Wang, H., Peng, F., Zhang, C. ve Pietschker, A. (2006). Software Project Level Estimation Model Framework based on Bayesian Belief Networks. *Proceedings of the Sixth International Conference on Quality Software (QSIC'06),* China, 27-28 October doi: 10.1109/QSIC.2006.58.

Wang, Q. Z. ve Liu, J. (2006). Project Uncertainty, Management Practice and Project Performance: An Empirical Analysis on Customized Information Systems Development Projects. *2006 IEEE International Engineering Management Conference*, Bahia, 17-20 Sept.

Wateridge, J. (1997). Training for IS/IT project managers: a way forward. *International Journal of Project Management,* ***15***, 283–288.

Weide, B. W. ve Heym, W. D. (1995). Reverse Engineering of Legacy Code Exposed. *ICSE'95 Proceedings of the 17th International Conference on Software Engineering*, doi: 10.1145/225014.225045.

Welzer, T., Rozman, I., Druiovec, M. ve Brumen, B. (1999) Reusability and Requirements Engineering in Intelligent Systems. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, doi:10.1109/ICSMC.1999.815653.

Wiegers, K. E. (2007). Know Your Enemy: Introduction to Risk Management. *In Practical Project Initiation: A Handbook with Tools (*Sf. 77-91). Microsoft Press, ISBN 978-0-7356-2521, , July 9.

Willow, C. C. (2007). Qualitative decision making with integrated systems design methodology: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, ***24***, 262-286.

Wohlin, C. ve Andrews, A. A. (2001). Assessing Project Success Using Subjective Evaluation Factors*. Software Quality Journal*, ***9***, 43-70.

Yacoub, S. M. ve Ammar, H. H. (2002). A Methodology for Architecture-Level Reliability Risk Analysis. *IEEE Transactions on Software Engineering*, ***28***, 529–547.

Yang, L-R., Huang, C-F. ve Wu, K-S. (2011). The association among project manager's leadership style, teamwork and project success. *International Journal of Project Management*, ***29***, 258–267.

Zmud, R. W. (1980). Management of Large Software Development Efforts. *MIS Quarterly*, June, ***4***, 45-55.

Zu, X. ve Huang, H-Z. (2004). Research on Product Development Process Modelling. *2004 Proceedings of The 8th International Conference on Computer Supported Cooperative Work Design*, 26-28 May doi: 10.1109/CACWD.2004.1349153.

EKLER

EK A : Çalışmaya katılan firmalar
EK B : Proje ve dış çevre bağımlılıklarıyla ilgili riskler
EK C : Değişken tanımları

EK A

Çizelge A.1 : Çalışmaya katılan firmalar.

Firma Listesi
5 M Bilişim Yazılım, Eğitim ve Yönetim Danışmanlığı Tic. Ltd. Şti.
AEKOD Teknoloji
Akınsoft
Anadoluweb.Net - Metin Medya ve Pazarlama Tic. Ltd. Şti.
Ankagen Yazılım Elektronik Tıbbi Cihazları ve Medikal Ltd. Şti.
ARDIÇ ArGe Bilgi ve Teknoloji Çözümleri A.Ş.
Arvesis Arge Yazılım Elektrik Elektronik Mühendislik San. Tic. Ltd. Şti.
Atamer Yazılım
Ayosis Yazılım Bilgi Teknolojileri Eğitim-Dan. San.Tic. Ltd. Şti
Bilgi Birikim Sistemleri Elektronik ve Mühendislik Hizmetleri Ltd. Şti.
Biltekno Bilişim Teknolojileri
BNA Bilişim Çözümleri
BOST Bilgisayar Otomasyon Sistemleri
Cabitaş Mühendislik Tic. Ltd. Şti.
CM Bilişim Teknolojileri
ELDES Elektronik Devreler ve Sistemler Ltd. Şti.
Elektrotel Elektronik ve Telekomünikasyon San. ve Tic. Ltd. Şti.
Evoline
Grup Yazılım
Korgün Yazılım
LA Yazılım ve Danışmanlık
NEFER Elektronik
Nexus Bilişim Sanayi ve Ticaret A.S.
OBSS Bilişim Bilgisayar Hizm. Dan.San.Tic. Ltd. Şti.
OrtakGişe
Ortem Sultan Orhan Müh.
PID
Portakal Yazılım
Pozitron
Prodigi
Pusala Yazılım

Çizelge A.1 (devam): Çalışmaya katılan firmalar.

Firma Listesi
REGA Yazılım Konya Teknokent A.Ş.
Rnk Teknoloji
Rota Bilişim
Sibilo Bilişim Teknolojileri A.Ş.
Sivent
TAMARA Elektronik Ltd. Şti.
TerraSpan Global E-Trade
TUBITAK MAM BTE
TUBITAK Uzay Enstitüsü
TUBITAK-UEKAE/G222
Turkuaz Yazılım Donanım Network ve Otomasyon Sistemleri
Usta Yazılım
YaylaSoft Teknoloji
YazEvi Yazılım
YSM Yazılım&Internet Çözümleri
Z-System

EK B

Çizelge B.1 : Proje ve dış çevre bağımlılıklarıyla ilgili riskler.

Dış Çevre Bağımlılıkları	İlk yazar (yıl)	Proje/Kurum	İlk yazar (yıl)
Tedarikçilerle ilgili genel problemler	Wiegers (2007), Chin (2009)	Proje çalışmalarıyla ilgili riskler	Simon (1997)
Yazılım ve donanım tedarikçilerinin sayısı	Barki (1993), Jiang (2000)	Proje kapsamının belirsiz olması, kapsamın doğru anlaşılmaması ve yanlış anlaşılmaya müsait proje hedefleri	Field (1997), Cule (2000), Schmidt (2001)
Tedarikçilerle olan ilişkiler	Simons (1997), Belassi (1996)	Kapsamın ya da hedeflerin değişmesi	Keil (1998), Schmidt (2001), Cule (2000), Wallace (2004a)
Tedarikçiler, danışmanlar ya da alt yükleniciler üzerinde kontrollün sağlanamaması	Schmidt (2001), Cule (2000)	Projenin sahiplenilmemesi/ kontrolün kaybedilmesi	Field (1997), Moynihan (1997), Keil (1998), Schmidt (2001), Wallace (2004a), Wang (2005), Wiegers (2007)
Dış bağımlılıkların (tedarikçilerin, ortakların ya da danışmanların) görevlerini yapmaması	Schmidt (2001)	Proje amaçlarının farklılık göstermesi	Wang (2005)
Paydaşlarla (alt yükleniciler ve proje ortakları gibi) olan çoklu ilişkinin yürütülememesi	Schmidt (2001)	Proje öngörülerinin hatalı olması	Cule (2000), Cerpa (2010), Jiang (2000)
Üçüncü kişilerin sözlerinde durmamaları	Wang (2005)	Firma/kurum yönetiminin değişmesi	Schmidt (2001), Wallace (2004a), Han (2007)
Ortakların rakip olması	Wang (2005)	Kurumsal çevrenin sürekli değişmesi	Schmidt (2001), Wallace (2004a), Han (2007)
Tedarikçilere olan bağımlılık	Wallace (2004a)	Projeyi olumsuz yönde etkileyen firma politikaları	Wallace (2004a), Han (2007)
Aşırı dış danışman kullanımı	Schmidt (2001)	Projede çok farklı paydaşın yer alması	Jiang (2000)
Alt yüklenici riskleri (dışarıda yapılan işlerin kalitesi ve zamanlaması)	Ropponen (2000)	Paydaşların algı boşluğu	Jiang (2009)
		İşletme ihtiyaçlarının değişmesi	Field (1997)

EK C

Çizelge C.1 : Genel proje bilgileri.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
Firma Adı	Görüşülen firmanın adı	Açık uçlu
ProjeAdı	Projenin adı	Açık uçlu
Görüşülen Kişi	Görüşülen kişilerin adı	Açık uçlu
ProjeNiteliği	Projenin niteliği nedir? (1: salt yazılım projesi, 2: Sistem projesi)	Kategorik
ProjeAlanı	Hizmet verdiği alan nedir?	Açık uçlu
SürePlan	Planlanan proje süresi (ay) nedir?	Oran
SüreGerçek	Gerçekleşen proje süresi (ay) nedir?	Oran
İşgücüPlan	Planlanan iş gücü miktarı (adam-ay) nedir?	Oran
İşgücüGerçek	Gerçekleşen iş gücü miktarı (adam-ay) nedir?	Oran
İşgücüPlanSayı	Planlanan iş gücü sayısı (adet) nedir?	Oran
İşgücüGerçekSayı	Gerçekleşen iş gücü sayısı (adet) nedir?	Oran
YeniPersonelOranı	Proje elemanlarının %kaçı işe yeni alındı?	Oran
SapmaBütçe	Bütçede sapma oldu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SapmaBütçeNeden	Bütçede sapmanın nedeni nedir?	Açık uçlu
SapmaBaşlama	Projede sapma ya da gecikme ilk hangi aşamada başladı?	Açık uçlu
ProjeEğitim	Proje zamanının yaklaşık yüzde kaçı eğitim alma için ayrılmıştır?	Oran
ProjeDanışmanlık	Dışarıdan alınan danışmanlık hizmeti projedeki toplam iş gücünün yüzde kaçıdır?	Oran

Çizelge C.2 : Gereksinim kaynaklı sıkıntılar.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
SI_Gerek Analiz	Gereksinimlerin analiz edilmesi esnasında sıkıntılar oluştu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_GerekAnaliz	Bu sıkıntılar projede sapmaya neden oldu mu? (1: Sıkıntı yok, 2: Sıkıntı var ama sapma yok, 3: Sapma var)	Kategorik
SA_GerekAnaliz(ay)	Sapma olduysa sapma miktarı nedir?	Oran
SA_GerekAnaliz(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_GerekEHY	Ürün geliştirme boyunca yürütülen gözden geçirmeler, birim testleri, sistem testleri ve müşteri ortamında yürütülen testler esnasında gereksinimlerin yanlış ya da eksik yorumlanmasından kaynaklanan hatalara rastlandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_GerekEHY	Gereksinimlerin hatalı ya da eksik yorumlanması projenin bütününde gecikmeye ya da sapmaya neden oldu mu? (1: Sıkıntı yok, 2: Sıkıntı var ama sapma yok, 3: Sapma var)	Kategorik
SA_GerekEHY(ay)	Bu sapmanın miktarı nedir?	Oran
SA_GerekEHY(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
YGGvarmı?	Geliştirme süreci boyunca müşterilerden yeni gereksinimler geldi mi? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
Sayı_YGG	Yeni gelen gereksinimlerin sayısı nedir?	Oran
YGGDurumu	Yeni gelen gereksinimler nasıl değerlendirilir? (YGG yok, YGG kabul edilmedi, YGG kabul edildi)	Kategorik
SI_YGG	Yeni gelen gereksinimler projede sıkıntıya neden oldu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_YGG	Yeni gelen gereksinimler projede sapmaya neden oldu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_YGG(ay)	YGG projenin kaç ay sapmasına (gecikmesine) neden oldu?	Oran
SA_YGG(%) ya da SA_YGG_Oran	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran

Çizelge C.3 : Gereksinimlerin tanımlanma düzeyi.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
GerekMüşteri	Proje başlangıcında müşteriden ya da son kullanıcıdan gelen gereksinimlerin sayısı nedir?	Oran
GerekSistem	Projedeki sistem gereksinimlerinin sayısı nedir?	Oran
GerekSW	Yazılım gereksinimlerinin sayısı nedir?	Oran
GerekHW	Donanım gereksinimlerinin sayısı nedir?	Oran
BileşenSW	Proje sonunda gerçekleştirilen yazılım bileşenlerinin sayısı nedir?	Oran
BileşenHW	Proje sonunda gerçekleştirilen donanım bileşenlerinin sayısı nedir?	Oran
GerekOperasyonel	Projenin başında operasyonel gereksinimler tanımlı mıydı? (1: Tanımlı değil, 2: Az, 3: Orta, 4: İyi ve 5: Çok iyi)	Beşli Likert
GerekİşlevselyadaGerek_İşlevsel	Projenin başında işlevsel gereksinimler tanımlı mıydı? (1: Tanımlı değil, 2: Az, 3: Orta, 4: İyi ve 5: Çok iyi)	Beşli Likert
GerekTasarım	Projenin başında tasarım gereksinimleri tanımlı mıydı? (1: Tanımlı değil, 2: Az, 3: Orta, 4: İyi ve 5: Çok iyi)	Beşli Likert

Çizelge C.4 : Müşterilerin ya da son kullanıcıların etkileri.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
MüşteriDestek	Ürün geliştirme süreci boyunca müşteriler ya da son kullanıcılar projeye doğrudan destek verdiler mi? Süreç boyunca bazı görevleri üstlendiler mi? (1: Destek yok, 2: Az, 3: Orta, 4: İyi, 5: Destek çok iyi)	Beşli Likert
SI_Müsteri ya da SI_MüşteridenGelen	Projede müşteri kaynaklı sıkıntılar oluştu mu? (Verilerin geç teslimi, ortamın geç kurulması, onayın geç verilmesi gibi) (1: Sıkıntı var, 2: sıkıntı yok)	Kategorik
SA_Müsteri(ay)	Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu? Projeyi kaç ay geciktirdi?	Oran
SA_Müsteri(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran

Çizelge C.5 : Genel teknik zorlukların neden olduğu sıkıntılar.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
SI_TÖ	Teknik özelliklerin yerine getirilmesi esnasında sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_TÖ	Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde sapma oluşturdu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_TÖ(ay)	Bu sıkıntıdan dolayı proje planlanan süreden kaç ay saptı?	Oran
SA_TÖ(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_TGT(ay)	Teknik çözüm değişikliği ve teknik hatalar dışında tasarım, geliştirme ve test süreçlerinde sıkıntı oluştu mu?	Kategorik
SA_TGT(ay)	Bu sıkıntıdan dolayı proje planlanan süreden kaç ay saptı?	Oran
SA_TGT(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_TGD	Teknik çözüm değişikleri oluştu mu?	Kategorik
Sayi_TCD	Geliştirme süreci boyunca teknik çözüm kaç kere değiştirildi?	Oran
Neden_TCD	Teknik çözüm değişikliğinin nedeni nedir? (1: Yeni gelen gereksinimlerden dolayı, 2: Tasarımın hatalı ya da eksik yapılmasından dolayı)	Kategorik
SA_TCD(ay)	Teknik çözüm değişikliği projeyi planlanan süreden kaç ay saptırdı?	Oran
SA_TCD(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_HataTeknik	Ürün geliştirme boyunca yürütülen gözden geçirmeler, birim testleri, sistem testleri ve müşteri ortamında yürütülen testler esnasında teknik nedenlerden dolayı hatalara rastlandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_Hata_Kaynak	Bu hataların kaynağı nedir? (1: Kodlama hatası, 2: Teknik çözüm değişikliğine neden olmayan tasarım hatası ve 3:Teknik çözüme neden olan tasarım hatası)	Kategorik
SA_Hata(ay)	Bu hatalardan dolayı proje planlanan süreden kaç ay saptı?	Oran
SA_Hata(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran

Çizelge C.6 : Çalışma ortamı sıkıntıları.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
SI_GerçekOrtam	Geliştirme ortamının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_GerçekOrtam(ay)	Sıkıntı oluştuysa bu durum projeyi planlanan süreden kaç ay saptırdı?	Oran
SA_GerçekOrtam(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_GerçekAraç	Geliştirme araçlarının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_GerçekAraç(ay)	Sıkıntı oluştuysa bu durum projeyi planlanan süreden kaç ay saptırdı?	Oran
SA_GerçekAraç(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_TestOrtam	Test ortamının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_TestOrtam(ay)	Sıkıntı oluştuysa bu durum projeyi planlanan süreden kaç ay saptırdı?	Oran
SA_TestOrtam(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_TestAraç	Test araçlarının hazırlanmasında ve kullanımında bir sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_TestAraç(ay)	Sıkıntı oluştuysa bu durum projeyi planlanan süreden kaç ay saptırdı?	Oran
SA_TestAraç(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran

Çizelge C.7 : İnsan kaynakları sıkıntıları.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
SI_IKTemin	İnsan kaynaklarının temininde sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_IKTemindeGecikme	İnsan kaynağının temininde ne kadar gecikme oldu?	Oran
SA_IKTemin(ay)	Bu gecikme nedeniyle proje planlanan süreden kaç ay saptı?	Oran
SA_IKTemin(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_IKSüreksizlik	İnsan kaynağının süreksizliği nedeniyle projede sıkıntı yaşandı mı?	Kategorik
SA_IKSüreksizlik_Etki	Bu sıkıntı projeyi nasıl etkiledi? (1: İlgili süreci durdurdu, 2: Performansı dolaylı bir şekilde etkiledi)	Kategorik
SA_IKSüreksizlik(ay)	İnsan kaynağındaki süreksizlik nedeniyle proje planlanan süreden kaç ay saptı?	Oran
SA_IKSüreksizlik(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SI_IK_EgitimveUyum	Projede insan kaynaklarının eğitimi ve projeye uyumu ile ilgili sıkıntı oldu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SI_IK_Koordinasyon	Projede insan kaynaklarının iletişimde ve koordinasyonunda sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik

Çizelge C.8 : Satın alma sıkıntıları.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
Sayı_SWYI	Satın alma ihtiyacı duyulan ve yurt içinden temin edilen yazılım ürünlerinin yaklaşık sayısı nedir?	Oran
Sayı_SWYD	Satın alma ihtiyacı duyulan ve yurt dışından temin edilen yazılım ürünlerinin yaklaşık sayısı nedir?	Oran
SI_SWTemin	Yazılım gereçlerinin temininde sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SI_SWTeminNeden	Evet ise bu sıkıntının sebebi nedir? (1: Yurt içi, 2: Yurt dışı, 3: Her ikisi)	Kategorik
SA_SWTemin(ay)	Evet ise temin sürelerinde yaklaşık ne kadar gecikme oldu?	Oran
SA_SWPrAsama(ay)	Evet ise yazılım gereçlerinin temininde yaşanan sıkıntı ilgili proje aşamasında gecikmeye neden oldu? Gecikme miktarları nedir?	Oran
SW_PrSapmaOldumu	Yazılım temininde yaşanan sıkıntı toplam proje süresinde sapmaya neden oldu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_SWProje(ay)	Sapma miktarı nedir?	Oran
SA_SWProje(%)	Bu sapma projedeki toplam süre sapmasının yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SA_SWKaynak	Yazılım temininde yaşanan sıkıntının nedeni nedir? (1: Proje, 2: Örgütsel süreçler, 3: Tedarikçi, 4: Gümrük)	Kategorik
Sayı_HWYI	Satın alma ihtiyacı duyulan ve yurt içinden temin edilen donanım ürünlerinin yaklaşık sayısı nedir?	Oran
Sayı_HWYD	Satın alma ihtiyacı duyulan ve yurt dışından temin edilen donanım ürünlerinin yaklaşık sayısı nedir?	Oran
SI_HWTemin	Donanım gereçlerinin temininde sıkıntı yaşandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SI_HWTeminNeden	Evet ise bu sıkıntının sebebi nedir? (1: Yurt içi, 2: Yurt dışı, 3: Her ikisi)	Kategorik
SA_HWTemin(ay)	Evet ise temin sürelerinde yaklaşık ne kadar gecikme oldu?	Oran
SA_HWPrAsama(ay)	Evet ise donanım gereçlerinin temininde yaşanan sıkıntı proje aşamasında gecikmeye neden oldu? Gecikme miktarları nedir?	Oran
HW_PrSapmaOldumu	Donanım temininde yaşanan sıkıntı proje süresinde sapmaya neden oldu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_HWProje(ay)	Sapma miktarı nedir?	Oran
SA_HWProje(%)	Toplam proje sapmasının yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
SA_HW_Kaynak	Teminde gecikmenin kaynağı nedir? (1: Proje, 2: Örgütsel süreçler, 3: Tedarikçi, 4: Gümrük)	Kategorik

Çizelge C.9 : AYPO sıkıntıları.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
Sayı_AY	Projedeki alt yüklenici sayısı nedir?	Oran
SI_AY	Alt yükleniciler projede sıkıntı yarattı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_AY(ay)	Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?	Oran
SA_AY(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran
Sayı_PO	Projedeki ortakların sayısı nedir?	Oran
SI_PO	Ortaklar projede sıkıntı yarattı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_PO(ay)	Sıkıntı oluştuysa bu durum proje süresinde ne kadar sapma oluşturdu?	Oran
SA_PO(%)	Bu sapma projedeki toplam sapmanın yüzde kaçına karşılık gelir?	Oran

Çizelge C.10 : Proje ekibinin yetkinlik düzeyleri.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
EkipYetkin_Alan	Bu projeden önce ilgili alanda benzer çalışmaları yapmış ve bunları sonlandırmış elemanların oranı nedir?	Oran
EkipYetkin_Proje	Bu projeden önce farklı alanda bile olsa ürün tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testi konularında çalışma yapmış ve bunları sonlandırmış elemanların oranı nedir?	Oran
EkipYetkin_Teknik ya da EkipYeter_Araç	Bu projeden önce ürün tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testi ile ilgili benzer araçları/malzemeleri kullanan elemanların oranı nedir?	Oran
PYYetkin_Yönetim	Proje başlangıcında proje yöneticisi proje yönetimi konusunda ne kadar deneyime sahiptir? (1:Proje yönetme deneyimi yok, 2: Az, 3:Orta, 4: İyi, 5: Çok İyi)	Beşli Likert
PYYetkin_Alan	Proje başlangıcında proje yöneticisi çalışılan alanla ilgili ne kadar deneyime sahiptir? (1: Alan uzmanlığı yok, 2: Az, 3:Orta, 4: İyi, 5: Çok İyi)	Beşli Likert
PYYetkin_Teknik	Proje başlangıcında proje yöneticisi ne kadar teknik deneyime sahiptir? (1: Teknik deneyimi yok, 2: Az, 3:Orta, 4: İyi, 5: Çok İyi)	Beşli Likert

Çizelge C.11 : Ürün özellikleri.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
Pr_Yenilik	Ürünün yenilik düzeyi nedir? 1: Düzey 1- Yenilik özelliği yok 2: Düzey 2- Ürün genelleştirilmesi, birden fazla bileşenin aynı üründe toplanması ya da bilinen ürünlere yeni özellikler katma 3: Düzey 3- Uluslararası düzeyde yeni bir ürün geliştirme ya da bilinen bir tekniğin, yöntemin başka bir alanda uygulanması	Kategorik
Pr_ArGe ya da Pr_ArGe_Düzeyi	Projenin Ar-Ge düzeyi nedir? 1: Uygulama ya da uyarlama projesi (Ar-Ge yok) 2: Düşük ya da orta düzeyde Ar-Ge mevcut. 3: İyi ya da çok iyi düzeyde Ar-Ge mevcut.	Kategorik
Pr_ArGe_varmı	Ar-Ge çalışmaları proje içinde mi yürütüldü? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
Patent Sayı	Projedeki patent sayısı	Oran
Pr_ÖnHazırlık ya da Pr_ÖncesiÇalışma	Proje başlamadan önce çalışma yapıldı mı? (1: Ön hazırlık yok, 2: Sistematik bir ön hazırlık yapıldı)	Kategorik
Pr_ReferansYapı ya da Pr_ReferansYapı_Var	Projede örnek alınan, tersine mühendislik yapılan ya da referans alınan bir ürün ya da yapı oldu mu? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
Pr_YenidenKullanım	Proje daha önce geliştirilmiş bir alt yapıyı (gereksinimler, algoritmalar, mimari yapılar, kütüphaneler, yazılım bileşenleri, veri yapıları gibi) kullandı mı? (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik

Çizelge C.12 : Türetilmiş değişkenler.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
SA_SSM	Proje genelinde planlanan süreden sapma miktarı (ay)	Oran
SA_SSO	Planlanan proje süresinden yüzde kaç sapıldığı bilgisi (%)	Oran
SA_İSM	Projelerde planlanan iş gücünden sapma miktarı (adam-ay)	Oran
SA_İSO	Planlanan iş gücünden yüzde kaç sapıldığı bilgisi (%)	Oran
SI_GA ya da SI_GerekAnlaşılamaması	Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması. Bu etmen gereksinim analizi ve gereksinimlerin eksik ya da hatalı anlaşılmasıyla ilgili sıkıntıların toplamıdır. (1: Sıkıntı yok, 2: Sıkıntı var ama sapma yok, 3: Sapma var)	Kategorik
SA_GA(ay)	Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan gecikmelerin miktarı.	Oran
SA_GA(%) ya da SA_YGG_Oran	Mevcut gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan gecikmelerin projedeki toplam gecikmenin yüzde kaçına karşılık geldiği.	Oran
SI_YGG_T ya da SI_YeniGelenGereksinimler	Yeni gelen gereksinimlerin projede sapmaya neden olup olmadığı bilgisi (1: YGGyok, 2: YGG var ama sapma yok, 3: YGG var sapma var)	Kategorik
SI_GTP ya da SI_GenelTeknik	Genel teknik nedenlerden kaynaklanan sıkıntılar. Teknik zorlukların neden olduğu sıkıntılar ve çalışma ortamından kaynaklanan sıkıntılar birlikte değerlendirilir. (1: Sıkıntı yok, 2: Sıkıntı var ama sapma yok, 3: Sapma var)	Kategorik
SA_GTP(ay)	Genel teknik sıkıntılar nedeniyle oluşan gecikmelerin miktarı.	Oran
SA_GTP(%) ya da SA_GenelTeknik_Oran	Genel teknik sıkıntılar nedeniyle oluşan gecikmelerin projedeki toplam gecikmenin yüzde kaçına karşılık geldiği bilgisi.	Oran
SI_Gerçek	Gerçekleştirme ortamından ve araçlarından kaynaklanan sıkıntıların toplamı. (1: Ortam, 2: Araç, 3: Her ikisi)	Kategorik
SA_Gerçek(ay)	Gerçekleştirme ortamı ve araçları nedeniyle proje süresinde oluşan toplam gecikmenin miktarı.	Oran
SA_Gerçek(%)	Gerçekleştirme ortamı ve araçları nedeniyle oluşan gecikmelerin projedeki toplam gecikmenin yüzde kaçına karşılık geldiği bilgisi.	Oran
SI_Test	Test ortamından ve test araçlarından kaynaklanan sıkıntıların toplamı. (1: Ortam, 2: Araç, 3: Her ikisi)	
SA_Test(ay)	Test ortamı ve araçları nedeniyle proje süresinde oluşan toplam gecikmenin miktarı.	
SA_Test(%)	Test ortamı ve araçları nedeniyle oluşan gecikmelerin projedeki toplam gecikmenin yüzde kaçına karşılık geldiği.	

Çizelge C.12 (devam): Türetilmiş değişkenler.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
SI_IKP	İnsan kaynakları nedeniyle oluşan sıkıntılar. İnsan kaynağının tedariki ve süreksizliği sıkıntılarının toplamı. (1: Sıkıntı yok, 2: Sıkıntı var, sapma yok, 3: Sapma var)	Kategorik
SA_IKP(ay)	İnsan kaynakları sıkıntıları nedeniyle proje süresinde oluşan toplam gecikmenin miktarı.	Oran
SA_IKP(%)	İnsan kaynakları sıkıntıları nedeniyle oluşan gecikmelerin projedeki toplam gecikmenin yüzde kaçına karşılık geldiği.	Oran
SI_SAlma	Ürün temini esnasında sıkıntı yaşanıp yaşanmadığı. (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SAlma_Gecikme ya da TeminSAlma_Gecikme	Yazılım ve donanım teminindeki toplam gecikme miktarı (ay)	Oran
SA_SAlmaAsm(ay)	Satın alma temininde yaşanan gecikmenin ilgili süreci ne kadar uzattığı bilgisi	Oran
Pr_SapmaOldumu	Satın alma faaliyetlerinin proje genelinde gecikmeye neden olup olmadığı. (1: Satın alma yok ya da sıkıntı yok, 2: Satın alma var ama sıkıntı yok, 3: Sıkıntı var ama sapma yok, 4: Projede satın alma kaynaklı sapma var)	Kategorik
Projede_SapmaOldumu	1: Satın alma yok ya da sıkıntı yok; 2: Satın alma var, sıkıntı var ama sapma yok ve 3: Satın alma nedeniyle projede sapma var	Kategorik
SA_SAlma(ay)	Satın alma faaliyetlerinin proje genelinde neden olduğu gecikmelerin toplamı.	Oran
SA_SAlma(%)	Satın alma faaliyetlerinin proje genelinde neden olduğu gecikme oranlarının toplamı.	Oran
SI_SAlma_SWHW	Satın alma sıkıntılarının nedeni (1: Yazılım tedariki, 2: Donanım tedariki ve 3: Her ikisi)	Kategorik
S_SAlma_YIYD	Satın alma sıkıntılarının kaynağı (1: Yurt içi alımlar, 2: Yurt dışı alımlar ve 3: Her ikisi)	Kategorik
SI_AYPO	Alt yüklenicilerin ya da proje ortaklarının projede sıkıntı yaratıp yaratmadığı bilgisi (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik
SA_Kaynak_AYPO	Yaşanan sıkıntının kaynağı.(1: Alt yükleniciler, 2: Ortaklar, 3: Her ikisi)	Kategorik
AYPO_SapmaEtki	Alt yüklenicilerden ya da ortaklardan gelen sıkıntıların projede süre sapmasına neden olup olmadığı (1: Sapma yok, 2: Sapma var)	Kategorik
SA_AYPO(ay)	Alt yüklenici ve proje ortakları sıkıntıları nedeniyle proje süresinde oluşan toplam gecikmenin miktarı.	Oran
SA_AYPO(%)	Alt yüklenici ve proje ortakları sıkıntıları nedeniyle oluşan gecikmelerin projedeki toplam gecikmenin yüzde kaçına karşılık geldiği bilgisi.	Oran

Çizelge C.12 (devam): Türetilmiş değişkenler.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
Pr_Yenilik_K	1: Düzey 1- Yenilik özelliği yok 2: Düzey 2- Yenilik özelliği var (Pr_Yenilik değişkenindeki Düzey 2 ve Düzey 3' ü kapsar)	Kategorik
MüşteriDestek_K	Müşterilerin projeye destek olup olmadığı bilgisi. 1: Destek yok- Müşterinin projeye destek vermeme durumu 2: Destek var- Müşterinin bir şekilde projeye destek verme durumu. Az, orta, iyi ve çok iyi düzeyde destek verme durumları bu kategoride toplanır.	Kategorik
MüsteriDestekDüzeyi ya da MüsteridenDestekAlma Düzeyi	Müşterilerin projeye destek verme düzeyi değerlendirilir. 1: Düzey 1- Desteğin olmaması, az ya da orta düzeyde olması 2: Düzey 2- Desteğin iyi ya da çok iyi düzeyde olması	Kategorik
PY_Yetkinlik_K	Proje yönetme yeteneği iki kategoride değerlendirilir. 1: Yetkin değil- Proje yönetme tecrübesi olmayan ya da az, orta ve iyi düzeyde olan proje yöneticileri 2: Yetkin- Proje yönetme tecrübesi çok iyi olan proje yöneticileri	Kategorik
PY_AlanUzmanı_K	Proje yöneticilerinin alan uzmanlığı iki kategoride değerlendirilir. 1: Alan uzmanı değil- Çalışılan alan hakkında bilgisi olmayan ya da az, orta ve iyi düzeyde bilgisi olan proje yöneticileri 2: Alan uzmanı- Çalışılan alanı çok iyi bilen proje yöneticileri	Kategorik
PY_TeknikYetkinlik_K	Proje yöneticilerinin ürün geliştirme tecrübesi iki kategoride değerlendirilir. 1: Yetkin değil- Ürün geliştirme tecrübesi olmayan ya da az, orta ve iyi düzeyde olan proje yöneticileri 2: Yetkin- Ürün geliştirme tecrübesi çok iyi olan proje yöneticileri	Kategorik
Gereksinimler_Tam	Operasyonel gereksinimlerin çok iyi, işlevsel ve tasarım gereksinimlerin en az iyi seviyesinde yahut operasyonel gereksinimlerin en az iyi seviyede ve işlevsel ve tasarım gereksinimlerin ise çok iyi seviyede tanımlı olma durumudur. (1: Hayır, 2: Evet)	Kategorik

Çizelge C.12 (devam): Türetilmiş değişkenler.

Değişkenler	Açıklamalar/Sorular	Ölçek
Gerek_Operasyonel_K	Operasyonel gereksinimlerin tanımlı olma düzeyi 1: Düzey 1- Tanımlı değil ya da az, orta ve iyi seviyede tanımlı 2: Düzey 2- operasyonel gereksinimler çok iyi seviyede tanımlı	Kategorik
Gerek_İşlevsel_K	İşlevsel gereksinimlerin tanımlı olma düzeyi 1: Düzey 1- Tanımlı değil ya da az, orta ve iyi seviyede tanımlı 2: Düzey 2- İşlevsel gereksinimler çok iyi seviyede tanımlı	Kategorik
Gerek_Tasarım_K ya da Gerek_Tasarım_K2	Tasarım gereksinimlerinin tanımlı olma düzeyi 1: Düzey 1- Tanımlı değil ya da az, orta ve iyi seviyede tanımlı 2: Düzey 2- Tasarım gereksinimleri çok iyi seviyede tanımlı	Kategorik
SA_SüreOran_K31	Üç kategoriye dönüştürülmüş süre sapma oranları	Kategorik
SA_GAOranK2	Gereksinimlerin anlaşılamaması nedeniyle oluşan sapma oranlarının iki kategoriye indirilmiş hali	Kategorik
SA_GenelTeknik_K2	Genel teknik nedenlerden kaynaklanan sapma oranlarının iki kategoriye indirilmiş hali	Kategorik
SA_YGGOran_K2	Yeni gelen gereksinimlerden kaynaklanan sapma oranlarının iki kategoriye indirilmiş hali	Kategorik

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:	Nermin Sökmen
Doğum Yeri ve Tarihi:	İstanbul, 01. 09 1966
Adres:	Kayışdağı Cad. Hakkı Manço Sok. Sun Apt. 12/10. Ziverbey Kadıköy İstanbul
E-Posta:	nerminsokmen@gmail.com
Lisans:	İTÜ Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Yüksek Lisans:	Boğaziçi Üniversitesi MBA

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

1991-2002: Alcatel Teletaş Ar-Ge Bölümü

2002-devam: TÜBİTAK BİLGEM Bilişim Teknolojileri Enstitüsü

Yayın ve Patent Listesi:

Sökmen, N. ve Dönmez, M. (2007).Converging Software Product Engineering with Process Management: A Pilot Study in Turkey. *PICMET '07 Conference of Management of Converging Technologies*, 5-9 Aug.

Sökmen, N. (2009).Turkish Software Producing ICT Companies' Approaches in Establishment of Their Subcontractor Selection and Management Processes. *PICMET '09 Conference of Technology Management in the Age of Fundamental Change*, 2-6 Aug.

Sökmen, N. (2010). *Türkiye'de Yazılım Üreticilerinin Yetkinlik Düzeyi-Firmaların ve Sektörün Gelişimi*, TÜBİTAK BİLGEM Yayınları, ISBN Cilt I: 978-975-403-549-0, Cilt II: 978-975-403-550-5.