KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMİZLİK KAĞIDI SEKTÖRÜNDE GRİ SİSTEM TEORİSİ TEMELLİ STOK KONTROL UYGULAMASI

SELEN AVCI

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMİZLİK KAĞIDI SEKTÖRÜNDE GRİ SİSTEM TEORİSİ TEMELLİ STOK KONTROL UYGULAMASI

SELEN AVCI

Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Dr. Öğr. Üyesi Atakan ALKAN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Serab ONURSAL
Jüri Üyesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 11.01.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca ilgi ve desteğinden güç alarak, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı şekillendiren, söylediği her kelimenin hayatıma değer kattığı ve verdiği değerli bilgilerden tüm meslek hayatım boyunca faydalanacağım sayın danışman hocam Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ' a minnetlerimi sunarım.

Hayattaki en büyük şansım olan ailemin değerli üyeleri annem Fatma AVCI, babam Gürsel AVCI ve ablam Sezer AVCI YILMAZ' a sonsuz sevgi, destek, güven ve emeklerinden dolayı teşekkürlerimi borç bilirim.

Aralık – 2018 Selen AVCI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
ÖZET x
ABSTRACT xi
GİRİŞ 1
1. ENVANTER YÖNETİMİ 5
1.1. Envanter ve Envanter Yönetimi Kavramları 5
1.2. Envanter Bulundurmanın Önemi 5
1.3. Envanter Bulundurmanın Dezavantajları 7
1.4. Envanter Maliyetleri 7
1.4.1. Satın alma / üretim maliyeti 7
1.4.2. Sipariş maliyetleri 7
1.4.3.Elde bulundurma maliyetleri 8
1.4.4.Elde bulundurmama maliyetleri 9
1.5. Stok Kavramı 9
1.6. Stok Çeşitleri 9
1.6.1.Mamul stokları 10
1.6.2.Hammadde stokları 10
1.6.3.Yarı mamul stokları 10
1.6.4.İşletme malzeme stokları 10
1.6.5.Yardımcı madde stokları 10
1.6.6.Emniyet stokları 11
1.7. Stok Modelleri 11
1.7.1.Stok modellerinde kullanılan önemli parametreler 12
1.7.1.1.Talep tahmini 12
1.7.1.2.Temin süresi 12
1.7.2.Deterministik stok modelleri 12
1.7.2.1.Ekonomik sipariş miktarı (ESM) modeli 13
1.7.3.Stokastik stok modelleri 16
1.7.3.1.Stokastik ekonomik sipariş miktarı ve güvenlik stoku tespiti 17
1.7.3.2.Değişken talep ve sabit tedarik süresi için emniyet stoku tespiti 17
1.8. Stok Kontrol Sistemleri 18
1.8.1.Gözle kontrol yöntemi 19
1.8.2.Çift kutu yöntemi 19
1.8.3.Minimum- maksimum yöntemi 19
1.8.4.ABC analizi 20
1.8.5.XYZ analizi 21
1.8.6.ABC ve XYZ analizlerinin entegrasyonu 22
2. TALEP TAHMİNİ 24
2.1. Talep Tahmini Kavramı ve Önemi 24
2.2. Talep Tahmini İlkeleri 24
2.3. Talep Tahmini Adımları 25
2.4. Talep Tahmin Yöntemleri 26

2.4.1.Nitel (kalitatif) yöntemler 26
2.4.1.1.Delphi yöntemi 27
2.4.1.2.Satış departmanının tahminleri 27
2.4.1.3.Uzman görüşü 27
2.4.1.4.Pazar araştırması 27
2.4.2. Nicel (kalitatif) yöntemler 28
2.4.2.1.Nedensel yöntemler 28
2.4.2.2.Zaman serisi yöntemleri 29
2.4.2.3.Yapay zekâ tabanlı yöntemler 35
2.4.2.4.Gri tahminleme 36
2.5. Tahmin Doğruluğunun Ölçülmesi 36
3. GRİ SİSTEM TEORİSİ (GST) 38
3.1. Gri Sistem Uygulama Alanları 40
3.1.1.Gri üretim 40
3.1.2.Gri ilişkisel analiz 40
3.1.3.Gri modelleme 41
3.1.4.Gri karar verme 41
3.1.5.Gri kontrol 41
3.1.6.Gri tahmin 42
3.2. Gri Sayılar 42
3.3. Gri İşlemler 43
3.3.1.Toplama işlemi 43
3.3.2.Çıkarma işlemi 43
3.3.3.Çarpma işlemi 43
3.3.4.Bölme işlemi 44
3.4. Gri Sayıların Beyazlaştırılması 44
3.5. Gri Tahmin 45
3.5.1.Birikim oluşturma işlemi (BOİ) 47
3.5.2.Ters birikim oluşturma işlemi (TBOİ) 48
3.5.3.Gri diferansiyel denklemler 49
3.5.4.GM (n, m) modeli 49
3.5.5.GM (1,1) modeli 49
3.5.6.Yuvarlama mekanizmalı GM (1,1) modeli (RM (1,1)) 51
3.5.6.1.Ayrık gri model (DGM) 52
3.5.6.2.Optimize ayrık gri model (ODGM) 53
3.5.6.3.Homojen olmayan ayrık gri model (NDGM) 53
3.5.6.4.GM (1,1) modelinde hata teriminin fourier serileri ile düzeltilmesi (FGM) 54
3.6. Literatür Özeti 56
4. TEMİZLİK KAĞIDI SEKTÖRÜNDE GST TEMELLİ STOK KONTROL UYGULAMASI 62
4.1. Sektör ve Firma Tanıtımı 62
4.2. Aykırı Değer Analizi 65
4.3. ABC Analizi 71
4.4. XYZ Analizi 74
4.5. ABC & XYZ Analizi 76
4.6. Talep Tahminlemesi 79
4.6.1.Klasik yöntemler ile talep tahminlemesi 79
4.6.2.Gri modeller ile talep tahminlemesi 93
4.6.2.1.GM (1,1) ile talep tahmini 93
4.6.2.2.RM (1,1) ile talep tahmini 97
4.6.2.3.DGM ile talep tahmini 99
4.6.2.4.ODGM ile talep tahmini 100
4.6.2.5.NDGM ile talep tahmini 101

4.6.2.6.FGM ile talep tahmini.....103
4.6.3.En iyi talep tahmin yönteminin belirlenmesi.....119
4.7. Ürün Kalemleri için Emniyet Stoku ve Yeniden Sipariş Noktasının Belirlenmesi.....122
4.7.1.ES ve R'nin model-1 ile hesaplanması.....123
4.7.2.ES ve R'nin model-2 ile hesaplanması.....125
4.7.3.ES ve R'nin model-3 ile hesaplanması.....127
4.7.4.ES ve R'nin model-4 ile hesaplanması.....130
4.8. Stok Modeli için Gri Sistem Yaklaşımı.....132
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....139
KAYNAKLAR.....143
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER.....150
ÖZGEÇMİŞ.....152

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Üretim sürecinde stoklar 9
Şekil 1.2. Maliyet kalemlerinin değişimi 13
Şekil 1.3. Ekonomik sipariş miktarı modeli (ESM) 14
Şekil 1.4. Yeniden sipariş noktası (R) 15
Şekil 1.5. Düzensiz talep durumu 16
Şekil 1.6. Talep dağılım fonksiyonu 18
Şekil 1.7. Stokların ABC metodu ile sınıflandırılması.....21
Şekil 3.1. Gri sistem genel yapısı 38
Şekil 4.1. Box-plot grafiği 66
Şekil 4.2. 07624-06 kodlu ürüne ait ham verilerin gösterimi 67
Şekil 4.3. 07624-06 kodlu ürün için aykırı değer analizi.....67
Şekil 4.4. 07624-06 kodlu ürüne ait işlenmiş verilerin gösterimi 68
Şekil 4.5. 07627-06 kodlu ürüne ait ham verilerin gösterimi 68
Şekil 4.6. 07627-03 kodlu ürün için aykırı değer analizi.....69
Şekil 4.7. 07624-06 kodlu ürüne ait işlenmiş verilerin gösterimi 69
Şekil 4.8. 07632-08 kodlu ürüne ait ham verilerin gösterimi 70
Şekil 4.9. 07632-08 kodlu ürün için aykırı değer analizi.....71
Şekil 4.10. 07624-06 kodlu ürüne ait işlenmiş verilerin gösterimi 71

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Farklı hizmet düzeyleri için güven faktörleri 18
Tablo 1.2. ABC kalemlerinin çeşitli şekilde karşılaştırılması 21
Tablo 1.3. XYZ gruplamasının özellikleri 22
Tablo 1.4. ABC-XYZ grubu entegrasyonu 23
Tablo 1.5. 9 sınıfın karakteristik özellikleri 23
Tablo 3.1. Siyah, gri ve beyaz sistemlerin karşılaştırılması 38
Tablo 3.2. GST, olasılık ve istatistik ve bulanık matematiğin karşılaştırılması 40
Tablo 3.3. Gri tahmin yönteminin klasik yöntemlerle karşılaştırılması 47
Tablo 4.1. 07624-06 kodlu ürüne ait veriler 66
Tablo 4.2. 07627-03 kodlu ürüne ait veriler 68
Tablo 4.3. 07632-08 kodlu ürüne ait veriler 70
Tablo 4.4. ABC analizi 72
Tablo 4.5. XYZ analizi 74
Tablo 4.6. ABC & XYZ analizi 76
Tablo 4.7. Değer ve değişkenlik ölçülerine göre stok kalemleri 78
Tablo 4.8. AX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi 79
Tablo 4.9. AY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi 80
Tablo 4.10. AZ grubu ürünün klasik yöntemler ile tahminlenmesi 81
tahminlenmesi 81
Tablo 4.11. BX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi 82
Tablo 4.13. BZ grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi 85
Tablo 4.14. CX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi 86
Tablo 4.15. CY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi 87
Tablo 4.16. CZ grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi 90
Tablo 4.17. En iyi ve en kötü MAPE değerleri (klasik yöntemler) 93
Tablo 4.18. $X^{(0)}$ serisi 94
Tablo 4.19. $X^{(1)}$ serisi 94
Tablo 4.20. $Z^{(1)}$ serisi 95
Tablo 4.21. B matrisi 95
Tablo 4.22. Y matrisi 96
Tablo 4.23. $X^{(0)}$ serisi 96
Tablo 4.24. Hata parametrelerinin hesabı 97
Tablo 4.25. $X^{(0)}$ serisi 97
Tablo 4.26. $X^{(1)}$ serisi 98
Tablo 4.27. $Z^{(1)}$ serisi 98
Tablo 4.28. B matrisi 98
Tablo 4.29. Y matrisi 98
Tablo 4.30. $X^{(0)}$ serisi 99
Tablo 4.31. B matrisi 99
Tablo 4.32. Y matrisi 100
Tablo 4.33. $X^{(0)}$ serisi 100
Tablo 4.34. $X^{(0)}$ serisi 101
Tablo 4.35. B matrisi 101

Tablo 4.36. Y matrisi 102
Tablo 4.37. $X^{(0)}$ serisi 102
Tablo 4.38. ε(0)serisi 103
Tablo 4.39. P matrisi 104
Tablo 4.40. C matrisi 104
Tablo 4.41. $X^{(0)}$ serisi 105
Tablo 4.42. AX grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 105
Tablo 4.43. AY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 106
Tablo 4.44. AZ grubu ürünün gri modeller ile tahminlenmesi 107
Tablo 4.45. BX grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 108
Tablo 4.46. BY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 109
Tablo 4.47. BZ grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 111
Tablo 4.48. CX grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 112
Tablo 4.49. CY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 113
Tablo 4.50. CZ grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi 116
Tablo 4.51. En iyi ve en kötü yöntemler (gri tahmin) 119
Tablo 4.52. Talep tahmin yönteminin seçilmesi 119
Tablo 4.53. Müşteri hizmet düzeyinin seçilmesi 122
Tablo 4.54. ES ve R'nin model 1 ile hesaplanması 123
Tablo 4.55. ES ve R'nin model 2 ile hesaplanması 125
Tablo 4.56. ES ve R'nin model 3 ile hesaplanması 128
Tablo 4.57. ES ve R'nin model 4 ile hesaplanması 130
Tablo 4.58. ES ve R'nin model 5 (gri parametreler) ile hesaplanması 134
Tablo 4.59. ES ve R değerlerinin karşılaştırılması 135

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\underline{A}$: Gri sayının alt değeri
$\overline{A}$: Gri sayının üst değeri
c_1 : Birim sipariş maliyeti
c_2 : Birim elde bulundurma maliyeti
C_t : Zaman serisinin t dönemindeki konjonktür bileşeni
D : Dönemlik talep miktarı
$\widehat{ES}$: Gri emniyet stoku fonksiyonu
I_t : Zaman serisinin t dönemindeki tesadüfi (rassal) hareketler bileşeni
L : Temin süresi
N : Tahminlenen dönem sayısı
P : Birim satın alma maliyeti
Q : Sipariş miktarı
Q_0 : Ekonomik sipariş miktarı
R : Korelasyon katsayısı
R : Yeniden sipariş noktası
$\widehat{R}$: Gri yeniden sipariş noktası fonksiyonu
S : Mevsim sayısı
S_t : Zaman serisinin t dönemindeki mevsimsel bileşeni
T_t : Zaman serisinin t dönemindeki trend bileşeni
$X^{(0)}$: Ham veri seti
$\hat{X}^{(0)}$: Tahmin değerlerinin oluşturulduğu veri seti
$\overline{X}$: Ortalama talep miktarı
Y_t : T periyodunda gerçekleşen talep miktarı
$\hat{Y}_t$: T periyodu için tahmin edilen talep miktarı
Z : Tercih edilen müşteri hizmet düzeyi
α : Düzleştirme sabiti
β : Trend tahmini için düzleştirme sabiti
γ : Mevsimsellik tahmini için düzleştirme sabiti
ε_t : T periyodundaki tahmin hatası
σ_d : Talebin standart sapması
$[L_1,L_2]$: Termin süresini gösteren aralıklı gri sayı
$[Z_1,Z_2]$: Güven faktörü katsayısını gösteren aralıklı gri sayı
$\otimes$: Gri sayı
$\otimes(\underline{a})$: Sadece alt sınırı olan gri sayı
$\otimes(\overline{a})$: Sadece üst sınırı olan gri sayı
$\otimes \in [\underline{a},\overline{a}]$: Aralıklı gri sayı
$\tilde{\otimes}$: Gri sayının beyazlaştırılmış değeri

Kısaltmalar

AKS : Alt Kontrol Sınırı
BOİ : Birikim Oluşturma İşlemi
DGM : Discrete Grey Model (Ayrık Gri Model)

DK	: Değişkenlik Katsayısı
DSM	: Dönemlik Satın Alma Maliyeti
EBM	: Elde Bulundurma Maliyeti
EKKY	: En Küçük Kareler Yöntemi
ES	: Emniyet Stoku
ESM	: Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli
FGM	: Fourier Modification for GM (1,1) (Fourier Düzeltmeli GM (1,1))
GM (1,1)	: Grey Model (1,1) (Gri Model (1,1))
GST	: Gri Sistem Teorisi
IQR	: Interquartile Range (Kartiller Arası Uzaklık Değeri)
KHO	: Kümülatif Hesaplama Operatörü
MAD	: Mean Absolute Deviation (Ortalama Mutlak Hata)
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzme Sapma)
MSD	: Mean Squared Deviation (Ortalama Hata Kare)
NDGM	: Non-homogeneus Discrete Grey Model (Homojen-olmayan Ayrık Gri Model)
ODGM	: Optimized Discrete Grey Model (Optimize Ayrık Gri Model)
RM (1,1)	: Rolling Mechanism for GM (1,1) (Yuvarlama Mekanizmalı GM (1,1))
SM	: Sipariş Maliyeti
TBOİ	: Ters Birikim Oluşturma İşlemi
TSM	: Toplam Sipariş Maliyeti

TEMİZLİK KAĞIDI SEKTÖRÜNDE GRİ SİSTEM TEORİSİ TEMELLİ STOK KONTROL UYGULAMASI

ÖZET

Yüksek müşteri hizmet düzeyine sahip olan işletmeler, müşterilerinin taleplerine zamanında ve istenen miktarda cevap vererek müşteri memnuniyeti sağlayacak ve böylelikle rakiplerine karşı konumlarını koruyup geliştirebilecektir. Bu durum, doğru analizler ile müşteri davranışlarının kontrol edilmesi ve geleceğe dair planların yapılmasıyla mümkündür. Planlama yapılırken emniyet stoku tutularak üretim sürecinde oluşabilecek beklenmedik durumlara, piyasa koşullarındaki ani değişimlere ve talepteki dalgalanmalara karşı önlem alınmalıdır. Emniyet stoku miktarı etkin bir stok kontrol yönetimi ile belirlendiğinde, müşteriyi memnun edecek hizmet düzeyi sağlanırken gereğinden çok stok maliyeti ortaya çıkmayacaktır. Bu çalışmada, temizlik kâğıdı sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın seksen dokuz ürün kalemi değer ve değişkenlik ölçülerine göre dokuz ayrı sınıfta incelenmiştir. Ürün kalemleri için sekiz yöntemle talep tahminleme çalışması yapılmış ancak tahmin yöntemlerinin bazı sınıflarda yeterli doğrulukta sonuç vermediği tespit edilmiştir. Bunun üzerine, veri sayısının yetersiz ve belirsizliğin yüksek olduğu durumlara çözüm getirmek amacıyla geliştirilen Gri Sistem Teorisi yaklaşımıyla talep tahminlemesi yeniden yapılmış ve daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Firma yetkililerinden alınan temin süresi bilgisi ve istenen müşteri hizmet düzeyi kullanılarak tüm ürünler için emniyet stoku miktarı ve yeniden sipariş noktası belirlenmiştir. Sonrasında, kullanılan stok modelinin parametreleri grileştirilmiş ve bu yeni model ile hesaplamalar tekrarlanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Emniyet Stoku, Gri Sistem Teorisi, Gri Tahmin, Yeniden Sipariş Noktası.

STOCK CONTROL APPLICATION BASED ON GREY SYSTEM THEORY IN CLEANING PAPER SECTOR

ABSTRACT

Businesses with a high level of customer service will provide customer satisfaction by responding to the demands of their customers in a timely manner and in the desired amount, thereby protecting and improving their position against their competitors. This situation is possible by inspecting the customer behavior with correct analyzes and making future plans. During the planning process, precautions should be taken against unexpected situations that may occur during the production process, sudden changes in market conditions and fluctuations in demand. If the quantity of safety stock is determined with an effective inventory control management, both the customer service level will be satisfied and the cost of inventory will not be increased. In this study, eighty-nine stock keeping units of a firm operating in the cleaning paper sector have been analyzed in nine classes according to criteria of value and variability. Demand estimation have been performed for stock keeping units by eight methods however, it have been determined that the estimation methods did not efficient sufficient accuracy in some classes. Grey System Theory has been developed to solve the situations where the number of data is insufficient and uncertainty is high. Demand estimation has been repeated with Grey System Theory approach and more successful results have been obtained. The amount of safety stock and re-order point for all stock keep units have been determined with the lead time and customer service level obtained from the company. Then, the parameters of the stock model used have been converted to grey numbers and the calculations have been performed again with this new model and compared with the other results.

Keywords: Safety Stock, Grey System Theory, Grey Estimation, Reorder Point.

GİRİŞ

Günümüzün rekabetçi koşullarında işletme faaliyetlerinin sürdürülebilirliği ancak doğru planlama ve buna bağlı olarak tedarik zincirindeki tüm süreçlerin etkin bir şekilde yürütülebilmesi ile mümkündür. Tüm sistem kontrol edildiğinde işletme faaliyetleri de sorunsuz bir şekilde ilerleyecektir ancak bu durum geleceğin belirsiz olması nedeniyle çoğunlukla mümkün değildir. İşletmeler, belirsizliklere karşın iş operasyonlarını planlarına göre devam ettirmek amacıyla "stok" bulundurur. En genel tanımıyla stok, müşteri talebini karşılamak amacıyla bir üretim sürecinin herhangi bir aşamasında elde bulundurulan varlıklardır. Emniyet stoku ise, firmaların gelecekte oluşabilecek talebi karşılamak ve işlemleri verimli ve hatasız bir şekilde yürütebilmek için ellerinde tuttukları ürün ve hammaddelerdir. İşletme, emniyet stoku tutarak üretim sürecinde karşı karşıya kalınabilecek beklenmedik durumlara, dalgalanmalara, düzensizliklere ve gecikmelere karşı kendini güvence altına alır. İş süreçleri kesintisiz ve etkin bir şekilde yürütülürken maliyetlerin de optimum düzeyde tutulabilmesi doğru bir stok kontrolü ile mümkündür.

Tüm sektörlerde işletmelerin odak noktası haline gelen stok kontrolü, ihtiyaç duyulan stok çeşidini istenen zamanda ve istenen miktarda hazır bulundurma ve bunu mümkün olan en ekonomik biçimde gerçekleştirme faaliyetidir. Stok kontrolünde temel amaç, kontroller bir düzen içinde devam ederken stok maliyetinin de en az düzeyde olmasıdır. Elde gereğinden fazla stok bulundurmak; depo kirası, yıpranma, bozulma, eskime gibi birçok soruna neden olarak firmaya belirli bir maliyet yüklemektedir. Bunun tersine stok düzeyi düşük olduğunda ise firmanın gelen talepleri karşılayamama ihtimali doğacaktır. Bunun da firmaya belirli ölçüde maliyet yükleyeceği açıktır. Etkin bir stok kontrolüyle bu iki zıt durum dengelenerek istenilen müşteri memnuniyeti, mümkün olan en düşük maliyet ile sağlanmış olacaktır.

Literatürde stok kontrolü için çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir. İşletmeler için hangi stok kontrol modelinin uygun olduğu; işletmenin büyüklüğü, üretim tipi, mali olanakları ve stratejik kararları gibi birçok faktöre bağlıdır. Stok kontrol modellerinin başarılı bir şekilde uygulanması başta "talep" olmak üzere modelde yer alan tüm parametrelerin doğru tahminlenmesi ile mümkündür.

Tahmin, akla, sezgiye ya da birtakım verilere dayanarak gelecekteki bir olayı veya durumu bilme; talep tahmini ise müşterilerin gelecekte talep edecekleri mal ve hizmet miktarının çeşitli değişkenler ile kestirilmesidir. Rekabetçi piyasa koşulları, işletmelerin gün geçtikçe daha az sapma gösteren tahminlere ihtiyaç duymasına neden olmaktadır. İşletmelerde alınan operasyonel, taktik ya da stratejik kararlar, gelecek hakkında yapılan tahminlere doğrudan ya da dolaylı olarak bağlıdır. Etkin kullanılabildiğinde talep tahmini, firmaların pazar koşullarına daha kolay adapte olabilmelerine ve üretim süreçlerini daha başarılı bir şekilde yürütebilmelerine yardımcı olur. Belirlenen amaç ve zaman faktörüne göre, talep tahmin yöntemleri nicel ve nitel olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Nitel yöntemler bireylerin subjektif düşüncelerine göre şekillenir. Nicel yöntemler ise matematiksel modellere dayanır. Uygulamada bazı durumlarda bu iki yöntemin karmasını kullanmak da iyi sonuçlar verecektir. Talep tahmin yöntemlerinin olasılık temelli yaklaşımlar ile başarıya ulaşabilmesi için elde yeterli sayıda veri bulunması ve bu verilerin bazı dağılımlar ile temsil edilebilmesi gerekir.

Olasılık temelli yaklaşımların gerçek sistemlerdeki tüm belirsizliklere cevap verememesi ve yalnızca belirli koşullar sağlandığında kullanılabilmesi üzerine, literatürde farklı teoriler geliştirilmiştir. 1982 yılında Profesör Deng tarafından geliştirilen Gri Sistem Teorisi (GST), geçmiş tecrübelerin yeterli olmadığı durumlara ve herhangi bir dağılım ile temsil edilemeyen küçük veri gruplarına yaklaşımda bulunulmasını sağlayan disiplinler arası bir yaklaşımdır. GST ile stokastik veya bulanık yöntemlerle üstesinden gelinemeyen belirsiz sistemlerin davranışları, olasılık temelli yaklaşımlara göre çok daha az sayıda veri ile tahmin edilebilmektedir [1]. GST bugüne kadar “gri üretim”, “gri ilişkisel analiz”, “gri modelleme”, “gri karar verme”, “gri kontrol” ve “gri tahmin” başlıkları altında literatürde sıklıkla uygulanmıştır.

Tahminleme doğası gereği belirsizlik taşıdığından, gri tahmin bilimsel yazında birçok farklı alanda başarılı sonuçlar vermiştir. Gri tahmin, az sayıda veri kullanarak yüksek tahmin doğruluğu sağlaması bakımından klasik tahmin yöntemlerinden, daha az matematiksel işlem gerektirmesi bakımından da yapay zekâ temelli yöntemlerden ayrılır. En sık kullanılan temel gri tahmin modeli birinci dereceden bir değişkenli GM (1,1) modelidir. Literatürde zamanla çeşitli açılımlar ile yeni gri tahmin modelleri de geliştirilmiştir.

Türkiye’de temizlik kağıtları üretimi; kâğıt sektörünün ana ham maddesi olan selüloz ithalatının kolaylaşması ve sektörün makine parkının yenilenmesine bağlı olarak

verimliliğin artması sebebiyle hızla artmaktadır. Maliyetlerin azalması, piyasaya olan ilgiyi artırmış ve rekabetçi bir ortam oluşturmuştur. Kişisel tüketim ürünleriyle beraber, Ev Dışı Tüketim (EDT) olarak tanımlanan oteller, hastaneler ve iş yerleri için üretilen özel markalar ve ambalaj tipleri de bulunmakta ve piyasayı cazip hale getirmektedir [2]. Bu nedenle, diğer birçok sektörde olduğu gibi temizli kâğıdı sektöründe de müşterilerin beklentilerine en hızlı şekilde cevap verebilmek firmalar için hayati öneme sahip hale gelmiştir.

Bu çalışmaya konu olan firma, temizlik kâğıdı sektöründe 2011 yılından itibaren faaliyet göstermekte olup sektördeki pazar payını ve pazardaki lider firmayla rekabet gücünü arttırmaya çalışmaktadır. Talep miktarlarındaki değişkenlik nedeniyle firma etkin bir stok politikası oluşturamamıştır. Firmanın 89 çeşit stok kalemi bulunmakta olup bunlardan bazıları için emniyet stoku tutulmamakta bazıları içinse tutulan emniyet stokuna rağmen müşteri siparişlerinin önemli bir kısmına cevap verilememektedir. Firma yetkilileri, elde bulunan son 5 yıllık talep tahmini verisinden 2017 öncesine ait olanların kayıt altına alınma durumunun doğruluğundan emin olamamakta ve aynı zamanda 2017 öncesi verilerin günümüzü yeterince temsil etmediğini düşünmektedir. Stok modeli için gereken bir diğer önemli parametre olan temin süresi için ise veri sunamamakta ve ancak tahmini bir aralık belirtmektedir. Tüm bunlar süreci belirsiz bir hale getirmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde, envanter ve stok kavramları açıklanmış, stok çeşitleri, stok maliyetleri, stok kontrol yöntemleri ve stok modelleri üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde, çalışmanın büyük bir kısmını oluşturacak talep tahmini ayrıntılı olarak incelenmiş ve klasik talep tahmin yöntemleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde; GST, gri sayılar, gri işlemler ve GST' nin uygulama alanları anlatılarak özellikle gri tahmin üzerinde durulmuştur. Literatür özeti sunularak altı gri tahmin yöntemi açıklanmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde firmada gerçekleştirilen uygulama adım adım anlatılmıştır. Bu bölümde açıklanacağı üzere uygulama, firmanın 89 stok kalemine ait Ocak 2017- Nisan 2018 aralığını kapsayan 16 aylık verinin analiz edilerek aykırı verilerin elenmesi ile başlamıştır. Ardından, stok kontrol sistemlerinden ABC ve XYZ analizleri birlikte ele alınarak stok kalemleri değer ve değişkenlik ölçülerine göre 9 gruba ayrılmıştır. ABC sınıflandırması, yakın kontrol gerektiren stokları kontrol gerektirmeyen stoklardan ayırmaya yardım eder. XYZ analizi ise değişkenlik katsayısına göre stok kalemlerini üç sınıfa ayırır. Sınıflandırmanın ardından; hareketli ortalama, basit üssel düzleştirme, Holt çift doğrusal üssel düzleştirme, toplamsal ayrıştırma, çarpımsal ayrıştırma, doğrusal trend analizi, karesel trend analizi ve üssel

büyüme eğrisi ile talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Tahmin doğruluklarının ölçülmesi ile özellikle CY ve CZ grubuna dahil olan kalemlerde klasik tahmin yöntemlerinin yeterli doğrulukta sonuç vermediğinin tespit edilmiştir. Bunun üzerine talep tahminlemesi; GM (1,1), yuvarlama mekanizmalı GM (1,1), ayrık gri model, optimize ayrık gri model, homojen olmayan ayrık gri model ve hata teriminin fourier serisi ile düzeltildiği GM (1,1) modelleri ile tekrarlanmış ve hata parametreleri ile doğrulukları test edilmiştir. Her sınıfta klasik yöntemler ile gri tahmin yöntemlerinin verdiği sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Tüm stok kalemleri için, ele alınan 14 yöntem arasından tespit edilen en iyi yöntem ile 17. ay için talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Firma yetkililerinden alınan temin süresi bilgisi ve istenen müşteri hizmet düzeyi kullanılarak değişken talep ve sabit temin süresi ile emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası belirlenmiştir. Sonrasında, gri sayılar ve gri işlemler kullanılarak stok modeli grileştirilmiş ve bu önerilen model ile emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası hesapları tekrarlanmıştır. Beşinci bölümde, sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmış ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

1. ENVANTER YÖNETİMİ

1.1. Envanter ve Envanter Yönetimi Kavramları

Envanter, bir üretim sisteminde ortaya çıkan ürün ve bu ürüne doğrudan ya da dolaylı katılan fiziksel varlıkların tümüdür. Diğer bir tanımla envanter, firmaların satışa sunmak veya üretim sisteminin herhangi bir aşamasında girdi olarak kullanmak amacıyla ellerinde tuttukları malzemelerin tamamıdır [3]. Kurum ve kuruluşlar gelecekte meydana gelebilecek talebi eksiksiz karşılayabilmek ve prosesin sorunsuz bir şekilde ilerlemesi için envanter tutmak durumundadır [4]. Envanter çeşitleri; üretime katılmayan ancak çeşitli ekonomik faaliyetler için kullanılan sarf malzemeler, üretime girdi olarak katılan malzemeler diğer bir deyişle hammaddeler, tamamlanacak veya tamamlanmış süreç içi malzemeler olan yarı mamuller ve nihai (son) ürünler olarak sıralanabilir [5].

Envanter yönetimi, işletmenin stratejik yatırım planlarından hammadde alımına ve müşteri memnuniyetine kadar olan tüm süreç için envanterin planlanması ve kontrolünün sağlanmasıdır. İşletmelerin etkin bir envanter yönetim politikası oluşturabilmeleri için, en doğru envanter yatırım miktarını planlamaları ve ellerinde en uygun envanter seviyelerini tutmaları gerekmektedir. Ek olarak, sürekli kontrollerle stoklarda ön görülemeyen gelişmeler anlık olarak tespit edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır [6].

1.2. Envanter Bulundurmanın Önemi

Günümüzdeki rekabetçi ortamda doğru envanter politikası tepe yönetim başta olmak üzere her kademeden yöneticiyi yakından ilgilendirmektedir. Etkin bir envanter sisteminde üretim planlama kontrol ve satış başta olmak üzere her departmanın rolü bulunur. Gereğinden fazla envanter bulunduran işletmeler nakit sıkıntısı ile karşı karşıya kalabilirken, yetersiz envanter durumunda da üretimin aksaması gibi durumlara rastlanabilir. Bütün bunların önlenmesi, etkin bir envanter kontrol sistemi ile mümkündür [5].

İşletmelerin envanter bulundurma nedenleri aşağıda sıralanmıştır:

• Talepteki dalgalanmalar: Bir firmanın ürünlerine olan talep her zaman düzenli olmadığından belirli bir miktarda envanter bulundurmak işletmelere güvence sağlar. Talebin arzı aşması durumunda, yok satma ile karşı karşıya kalınır ve müşteri memnuniyeti istenilen düzeyde sağlanamaz. Bu durumun önüne geçebilmek için, firmalar envanter tutarak kümülatif arzlarının kümülatif talebi karşılamasını sağlarlar.

• Tedarik ile ilgili sorunlar: Firmalar bulundurdukları envanter yardımıyla, herhangi bir hammaddenin bulunmaması veya tedarikçilerinden mal temininde aksama olması durumunda da müşterilerine verdikleri hizmeti sürdürebilirler.

• Fiyatı koruma: Uygun bir zaman dilimindeki envanter alımlarında, firma sipariş edeceği miktarı arttırarak fiyatlardaki muhtemel artışlardan minimum derecede etkilenebilir.

• Düşük sipariş maliyetleri: Düşük miktarlarda yapılan sık alım alımlar, yüksek miktarlardaki seyrek alımlara göre daha maliyetlidir.

• Miktar iskontoları: Tedarikçiler, firmalara yapacakları yüksek miktarlardaki alımlar için daha fazla indirim sağlar. Bunun nedeni, tedarikçi firma için düşen nakliye maliyetleri, sipariş maliyetleri ve birim başına düşen satın alma maliyetidir [6].

Yukarıda açıklanan etmenlerle, envanter bulundurmadan dolayı oluşacak elde bulundurma maliyetinin dengesinin doğru kurulması iyi bir envanter yönetimi ile mümkündür. Böyle bir sistemin işletme ekonomisi açısından sağlayacağı faydalar aşağıda verilmektedir [5]:

• Üretim faaliyetleri sırasında makine, malzeme ve insan kaynaklarından en etkin şekilde yararlanılır. Malzeme ve parça beklemeleri nedeniyle geçirilen boş süreler en alt düzeye iner.

• Envanterlere bağlanan para tam ihtiyaç kadar olacağından doğru bir finans yönetimi gerçekleştirilir.

• Tedarik ve satış maliyetleri düşer.

• Üretim programları daha kolay ve gerçeğe daha yakın bir biçimde hazırlanabilir.

1.3. Envanter Bulundurmanın Dezavantajları

İşletmelerin envanter bulundurmalarının avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da mevcuttur:

- Envanterlerin kapladığı fazla yer ve bu durumun getirdiği yüksek depo kirası,
- Gereğinden çok depo personeli çalıştırmadan kaynaklı maliyetler,
- Envanterlerin değer kaybetmesi, eskimesi, aşınması veya bozulması gibi durumlar,
- Yüksek sigorta masrafları.

Envanter düzeyi saptanırken, açıklanan avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurularak, işletme örgütünün tüm işlevsel bölümlerini mümkün olduğunca tatmin edebilecek bir çözüm yolu bulunmalıdır. Hangi ürün kaleminden ne zaman ve ne kadar sipariş verileceği sorularına, bilimsel ilkeler doğrultusunda yanıt aranması envanter kontrolünün temelini oluşturur [5].

1.4. Envanter Maliyetleri

İşletmelerin envanter politikalarını oluşturabilmeleri için dikkate almaları gereken en önemli faktör maliyetlerdir. Envanter maliyetleri satın alma / üretim maliyetleri, sipariş maliyetleri, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetleri olmak üzere dört grupta incelenebilir.

1.4.1. Satın alma / üretim maliyeti

Sipariş edilen mal için tedarikçiye ödenen bedeldir. Tek seferde belirli bir miktarın üzerinde verilen siparişlerde tedarikçinin sağladığı miktar iskontosundan faydalanabilmek için sipariş miktarının doğru belirlenmesi önemlidir.

1.4.2. Sipariş maliyetleri

Üretimin devamı için gereken bir malzemenin alınması sırasında yapılan harcamalardan ileri gelen maliyetlerdir. Satın alma bölümüne gönderilen talep fişinden başlayarak tedarikçiye yapılan ödemeye kadar olan süreçteki tüm maliyetleri kapsar ve verilen her sipariş için tekrarlanır. Sipariş maliyetleri, sipariş miktarına bağlı

olan ve sipariş miktarına bağlı olmayan maliyetler olarak iki grupta incelenebilir. İlk grup, taşıma ve işçilik maliyetleri gibi sipariş miktarı ile doğru orantılı olarak artan ya da azalan maliyetlerdir. İkinci grup ise sipariş miktarından etkilenmeyen ve siparişin düzenlemesinden kaynaklanan maliyetlerdir.

Sipariş maliyetlerini oluşturan kalemler, sipariş edilen malzemenin işletme içinden karşılanması veya başka bir firmadan tedarik edilmesine göre farklılık gösterir. Sipariş firma içinden karşılanacaksa; hazırlık, malzeme, işçilik ve diğer giderler gibi üretim maliyetleri söz konusu olur. Diğer yandan sipariş bir tedarikçiden karşılanacaksa; siparişin verilmesi, siparişin alınması, kabul muayenesi ve faturalama gibi gider kalemleri meydana gelir.

1.4.3. Elde bulundurma maliyetleri

Malın depoda tutulmasından kaynaklanan ve stoklama süresine bağlı olarak artan ya da azalan maliyetler olup bozulma ve fire, bakım, depolama, sigorta-vergi, eskime, nakil gibi birçok kalemden oluşur. Elde bulundurma maliyetleri aşağıda açıklanmaktadır. Stok kaleminin özelliğine göre bu maliyetlerin bir kısmı ya da tamamı ortaya çıkabilir.

a. Sermaye maliyetleri: Stok tutmak için kullanılan paranın gelir getirebilecek alternatif bir alanda kullanılamamasından dolayı oluşan maliyettir. Bu para borç olarak alındıysa faiz maliyeti de sermaye maliyetine eklenir. Değer olarak, alternatif yatırımlardan elde edilebilecek en yüksek gelire eşit kabul edilir.

b. Depolama maliyetleri: Depo firmaya ait olduğunda sigorta, vergi, aydınlatma, ısı ve nem kontrolü ile ilgili maliyetlerden söz edilebilirken; depo kiralandığında ise aydınlatma, ısı, nem kontrolü ile ilgili maliyetlerin yanında ilgili firmaya kira bedeli ödenir.

c. Hizmet maliyetleri: Stok için ödenen vergi ve yaptırılan sigorta, malzeme taşıma, depoya aktarma ile stokların dönemsel sayımı ve bekçilik için gereken işçiliğe ödenen bedellerden kaynaklanan maliyetlerdir.

d. Risk maliyetleri: Stok kalemlerinin teknolojik ömürlerinin bitmesi, çalınması, kaybolması, hasar görmesi ve bozulmasından ileri gelen maliyetlerdir. Teknolojik yenilik, müşteri talebindeki değişiklik, rakip firmaların hamleleri stokların firmanın elinde kalmasına sebep olabilir.

1.4.4. Elde bulundurmama maliyetleri

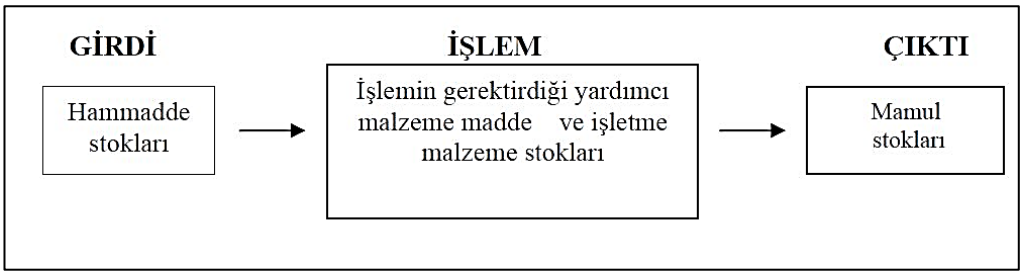
Müşteri taleplerinin karşılanamaması durumunda iki şekilde ortaya çıkan maliyetlerdir. Birinci grup, taleplerin iptal edilmesi nedeniyle oluşan haberleşme maliyeti, tazminatlar, depo ve işçi ücretleri vb. maliyetlerden oluşur. İkinci grup maliyetler ise müşterinin talebini rakip firmalardan karşılaması sonucu oluşacak fırsat kaybı maliyetleridir. Bu durum işletmenin piyasa içindeki itibarının zedelenmesine ve müşteri kayıplarına neden olabilir. İkinci grup maliyetler yüksek ve hesaplanması zor maliyetler olup [7] ceza maliyeti olarak da adlandırılırlar [8].

1.5. Stok Kavramı

Stok, üretimin herhangi bir aşamasında kullanılmak veya müşterilere satılmayı beklemek üzere bir süre için âtıl durumda tutulan, ekonomik değeri olan fiziksel varlıklar (malzeme, ürün)dır. Envanter ise, stokların yanısıra demirbaşları da içerir ve genellikle parasal olarak ifade edilir. Bu bakımdan stoktan daha geniş bir anlam taşır. Başka bir deyişle, stok hareketsiz duran malzemeyi ifade ederken, envanter insan ve parayı da içerir [9]. İşletmeler, makine arızası gibi risklerin üretimi durdurmasını engellemek, ani talep değişikliklerini karşılayabilmek ve kendilerini güvenceye almak amacıyla stok tutarlar.

1.6. Stok Çeşitleri

Üretim sürecinin her aşamasında farklı stok çeşitleri yer alır. Bir üretim sürecinde yer alan stoklar Şekil 1.1.' de basitçe gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Üretim sürecinde stoklar [10]

Bir işletmede bulunan stok çeşidi sayısı işletmenin büyüklüğüne göre değişir. Bunun yanında stok kalemlerinin hepsi aynı önem derecesine sahip olmayabilir. İyi bir stok yönetimi için, stok kontrolü bu önem dereceleri dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Malların dayanıklılıkları ve ekonomik ömürleri birbirinden farklı olduğundan, her stok çeşidine uygulanan kontrol farklı olacaktır. Stok yönetimini daha etkin duruma getirme

amacıyla stoklar çeşitli ölçütlere göre sınıflandırılmaktadır. Stok çeşitleri amaca göre; mamul stokları, hammadde stokları, yarı mamul stokları, işletme malzeme stokları, yardımcı madde stokları ve emniyet stokları olarak ayrılır.

1.6.1. Mamul stokları

Üretim sürecine dair tüm işlemlerin sona ermesinin ardından müşteriye gönderilmek üzere depolarda bekletilen stoklardır. Bu stoklar ürün siparişleri geldiğinde depolardan nakledilirler [7].

1.6.2. Hammadde stokları

Üretimin gerçekleşebilmesi için doğrudan ihtiyaç duyulan malzemeler hammadde olarak adlandırılır. Hammadde tedariği sırasında meydana gelebilecek aksaklıkların üretim prosesini durdurmasını engellemek için çeşitli hammaddelerin stoklanması gerekir.

1.6.3. Yarı mamul stokları

Üretim sürecinde bulunan ya da işlenmek üzere iki iş istasyonu arasında bekleyen fakat kullanılabilir mamul haline gelmemiş maddeler yarı mamul, bu maddeler için tutulan stoklar da yarı mamul stoklarıdır [9]. Yarı mamuller, üzerinde son işlemlerin yapılmasıyla kullanıma hazır hale getirildiklerinde mamul stoku durumuna gelirler.

1.6.4. İşletme malzeme stokları

Üretime doğrudan katılmayan ancak üretim sürecinin devam etmesi için ihtiyaç duyulan, üretim faaliyetlerinin yürütülmesine yardımcı olan malzemelerin stoklarıdır. İşletme malzemeleri işletmenin faaliyet türüne göre çeşitlilik gösterir. Büro işlemlerinde kullanılan kırtasiye malzemeleri, elektrik, su, petrol, oksijen gibi maddeler, bakım malzemeleri, hızlı tüketim malları işletme malzemelerine örnek verilebilir.

1.6.5. Yardımcı madde stokları

Üretim içinde kullanılsa da nihai ürünün temelini oluşturmayan yalnızca hammaddelerin tamamlanmasını sağlayan maddeler için tutulan stokları ifade eder [7].

1.6.6. Emniyet stokları

Müşteri taleplerini eksiksiz olarak karşılayabilmek için, talepteki belirsizliğe ve tedarik zincirinin herhangi bir kısmındaki aksaklıklara karşı elde tutulan stoklara emniyet stoku denir [11]. Talep miktarının sabit olduğu ve tedarik sürecinde ön görülemeyecek değişimlerin olmadığı üretim süreçlerinde yüksek miktarlarda emniyet stoku tutulması gerekli değildir ancak; bu şartların sağlanamadığı sistemlerde "yok satma" yı önlemek ve elde bulundurmama maliyetlerine katlanmamak için emniyet stoku tutulmalıdır. Stokların hangi seviyenin altına düşmesinin işletme için kritik olacağı belirlenerek minimum emniyet stoku miktarı tespit edilir. Emniyet stoku miktarı, firmanın katlanacağı maliyeti iki zıt şekilde etkilediğinden bu miktarın bilimsel ilkeler çerçevesinde belirlenmesi önem taşır. Emniyet stoku, stoksuzluk durumunun getireceği maliyetleri ortadan kaldırırken stok maliyetlerini arttırmaktadır [7].

Stoklar işlevlerine göre de sınıflandırılabilir. Üretim akışını kesintisiz olarak sağlamak için iş istasyonları arasında tutulan ara stok; bir üretim partisi veya satın alma miktarına karşılık gelen çevrim stoku; spesifik olarak bir mevsimde diğer mevsimlere göre daha fazla satılan ürünler için tutulan mevsimsel stok; muhtemel fiyat artışlarında rakiplere göre avantajlı duruma geçmek için bulundurulan spekülatif stok, promosyon dönemlerinde yaşanacak talep artışı için tutulan promosyon stoku ve belirli dönemde talebi olmayan ürünlerden oluşan ölü (atıl) stok bunlardan bazılarıdır [12].

1.7. Stok Modelleri

Bir probleme ait amacın, değişkenlerin ve koşullar arasındaki ilişkilerin matematiksel gösterimine model denir. Gerçek yaşama dair bir problemin bilimsel olarak incelenebilmesi için modelleme yapılır [13]. Amaç fonksiyonuna etki eden faktörlere göre farklı stok modelleri kurulabilir. İşletmeler bu modellerden kendilerine uygun olanı seçip uygulamaya koymalıdır.

Modeller farklı ölçütler doğrultusunda sınıflandırılabilir. Stok modelleri, değişkenlerin durumlarına göre deterministik (belirli) ve stokastik (belirsiz) olmak üzere ikiye ayrılır. Deterministik modellerde talep miktarı kesin olarak bellidir. Stokastik modellerde ise değişkenler tesadüfi değerler aldığından doğrudan ölçülemez, bunun yerine çeşitli istatistiksel teknikler ile belirli bir hata payı göze alınarak tahmin edilirler. Geçmiş dönem taleplerine ait veri olması durumunda, talebe dair olasılık dağılımı belirlenebilir. Gerçek problemler söz konusu olduğunda sadece deterministik ya da sadece stokastik model kurmak zordur [7].

Stok modelleri, hangi stok kaleminin ne zaman ve ne kadar sipariş edileceğine dair yol gösterir. Böylece envanterlere bağlanan sermaye azalır, stok düzeyi optimumda tutulur ve minimum maliyet ile çalışılır. Bunun yanında üretimdeki aksaklıklar azalarak üretim akışı düzgünleşeceğinden servis düzeyinde ve müşteri memnuniyetinde artış sağlanır.

1.7.1. Stok modellerinde kullanılan önemli parametreler

1.7.1.1. Talep tahmini

Etkin bir stok yönetim politikası için doğru talep tahmini hayati derecede önemlidir. Talep tahmini, firmanın üretim yönetimi sürecinde alacağı tüm stratejik kararlar için ilk basamağı oluşturur. Müşteri talebinin tahmin edilmesi ile üretilecek ürün miktarı belirlenir. Bu miktar için gereken hammadde, işgücü ve diğer üretim faktörlerinin planlanması yapılır ve sapmalara karşı önlem olarak tutulacak stok miktarı hesaplanır [14]. Talep tahminlemesi çalışmanın ikinci bölümünde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

1.7.1.2. Temin süresi

Stok kontrol modelleri için bir diğer önemli parametre temin süresidir. Bir stok kalemi için tedarikçiye verilen siparişle, siparişin firmaya ulaşması arasında geçen süre olarak tanımlanır. Temin süresi; tedarik ihtiyacının doğması, bir tedarikçinin seçilmesi, tedarikçiyle iletişime geçilmesi, gerekli dökümantasyonun yapılması ve nakliyenin gerçekleştirilmesi gibi süreçlerden oluşur. Tedarik süresi sabit ve değişken olabilir [15].

1.7.2. Deterministik stok modelleri

Talep miktarının ve dolayısıyla bir malzeme için üretim planı içindeki herhangi bir dönemde ihtiyaç duyulan miktarın kesin olarak bilindiği stok modelleridir.

Talep; zaman içinde sabit kalıyorsa model statik deterministik stok modeli, bir periyottan diğerine değişiyorsa dinamik deterministik stok modeli olarak adlandırılır. Statik modellerde, stok politikasının bir kez oluşturulması yeterli olacaktır. Dinamik modellerde ise stok kararı süreci süreklilik durumundadır. Bir kararın sonucu, diğer kararı etkileyecektir.

1.7.2.1. Ekonomik sipariş miktarı (ESM) modeli

Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) modeli, 1929 yılında Wilson tarafından geliştirilmiştir. Basit bir mantığa sahip olması sayesinde hem literatürde sıklıkla kullanılmış hem de ileride geliştirilecek daha karmaşık modeller için iyi bir temel oluşturmuştur.

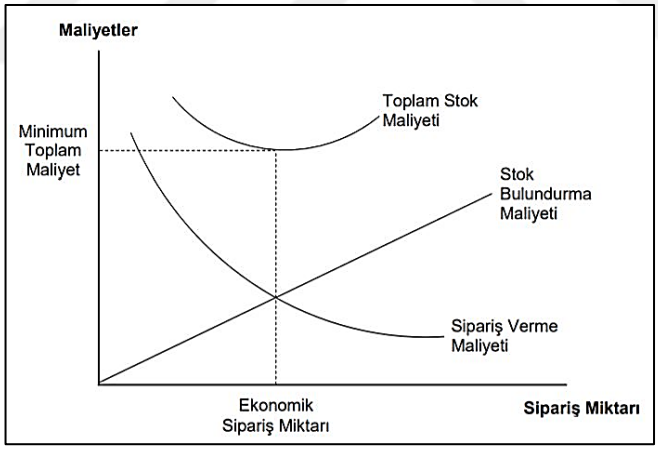
ESM modelinin stok kontrol sisteminde kullanılabilmesi için talep miktarının bilinmesi ve sabit olması gerekmektedir. Bu model, çeşitli kabullerden yola çıkmaktadır:

• Stok kalemlerinin talebi sabittir ve gelecek dönemlerde de sabit olarak devam edecektir. Talep sabit değil ise ESM modelini uygulamak güçtür.

• Q miktarda verilen sipariş, bir seferde teslim edilmektedir.

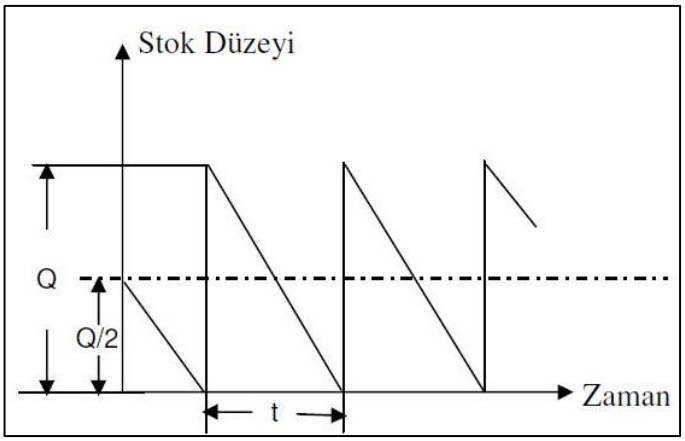
• Talep (D) belirli, tüketim hızı ve temin süresi (L) bilinmekte ve sabittir. Sipariş miktarı, tedarik zamanından bağımsızdır.

ESM, 1.4.2. ve 1.4.3. başlıklarında açıklanan sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyeti ile hesaplanır. Bu iki maliyet kalemi birbirleriyle ters orantılı olarak değişir.



Şekil 1.2. Maliyet kalemlerinin değişimi [12]

Şekil 1.2.' de gösterildiği üzere, sipariş miktarı sipariş maliyeti ile ters, elde bulundurma maliyeti ise doğru orantılı olarak değişmektedir. Dönemlik sipariş miktarı ise talep (D) ve bir birim ürünün maliyetinin çarpılması ile bulunduğundan sipariş miktarından bağımsızdır.



Şekil 1.3. Ekonomik sipariş miktarı modeli (ESM) [16]

Şekil 1.3.' te görülebileceği gibi, stok düzeyi, planlama dönemi boyunca, zamana göre düzgün bir hızla azalmaktadır.

Stok düzeyi sabit olmadığından, ortalama stokun Q/2 kadar olacağı varsayılır. Sonuç olarak, ortalama stok sipariş miktarına doğrudan bağlıdır. Sipariş miktarı, toplam talebin (D), t süresindeki miktarına eşittir. Toplam sipariş maliyeti Denklem (1.1)' de gösterilmiştir:

$$TSM=DSM+SM+EBM \tag{1.1}$$

TSM: Toplam sipariş maliyeti

DSM: Dönemsel satın alma maliyeti

SM: Sipariş maliyeti

EBM: Elde bulundurma maliyeti

D, dönemlik talep miktarı (birim); P, bir birim satın alma maliyeti; C_1 sipariş maliyeti; C_2, birim başına dönemlik elde bulundurma maliyeti ve Q sipariş miktarı (birim) olmak üzere Denklem (1.1), Denklem (1.2)' de yeniden ifade edilmiştir:

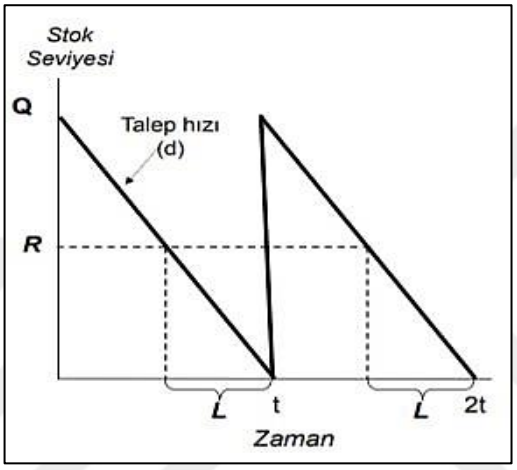
$$TSM=P.D+C_1.\frac{D}{Q}+C_2.\frac{Q}{2} \tag{1.2}$$

ESM' nin hesaplanabilmesi için, toplam maliyetin sipariş miktarına (Q) göre birinci türevi alınır ve sıfıra eşitlenir. Türevlenmiş formülden Q çekilerek ESM Denklem (1.3)' teki gibi formülize edilir [12]:

$$Q_o = \sqrt{\frac{2.C_1.D}{C_2}} \quad (1.3)$$

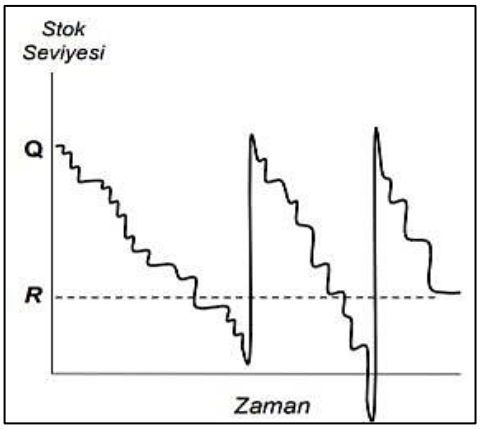
ESM'nin belirlenmesinin ardından, siparişin ne zaman yapılması gerektiğinin tespit edilmesi için temin süresi (L) kullanılarak Şekil 1.4' te gösterilen yeniden sipariş noktası (R) hesaplanabilir. ESM modelinin temel varsayımları altında, yeniden sipariş noktası Denklem (1.4)' teki gibi hesaplanabilir:

$$R = d.L \quad (1.4)$$



Şekil 1.4. Yeniden sipariş noktası (R) [17]

Şekil 1.4' te gösterilen modelde talep hızının sabit olarak değiştiği varsayılmıştır ancak; gerçek problemlerde talep matematiksel anlamda bir doğru üzerinde hareket etmez ve Şekil 1.5' te gösterildiği gibi anlık değişiklikler gösterir. Şekil 1.5' te belirsizlikleri dengeleyebilecek emniyet stoku bulundurulmadığından bir miktar siparişin karşılanamaması durumu gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Düzensiz talep durumu [17]

1.7.3. Stokastik stok modelleri

Bir ürüne ait talep miktarı uzun bir dönem için sabit olsa dahi kısa dönemlerde farklılık gösterebilir [18]. Arz ve talep sürecinde, parametrelerde bazı belirsizlikler söz konusu olabilir. Talep ve tedarik süresinin değişken olduğu durumlarda maliyetlerin minimum olduğu noktayı belirlemek amacıyla stokastik envanter modelleri kullanılır. Bu tür envanter modellerinde, geçmiş veriler yardımıyla talep ve tedarik sürelerinin olasılık dağılımları belirlenir ve bu süreler kesin veriler yerine ortalama ve standart sapma ile ifade edilir. Emniyet stoku ise bu değişkenlerin sapması durumunda tampon olarak kullanılır.

Literatürde sabit sipariş aralıklı sistem (P sistemi) ve sabit sipariş miktarlı sistem (Q sistemi) olmak üzere iki tür stokastik envanter modeli yer alır. P sisteminde siparişler sabit aralıklarla verilir ancak sipariş miktarı değişkendir. Emniyet stoku ise talebe bağlıdır. Q sisteminde ise sipariş miktarları sabit, sipariş aralıkları değişkendir. Bu sistemde emniyet stoku tedarik süresine ve siparişler arası sürenin değişimine göre belirlenir. P sisteminde Q sistemine göre daha fazla emniyet stoku tutulması gerekir ve dolayısıyla elde bulundurma maliyetleri daha yüksek olur. Q sisteminde elde bulundurma maliyetleri daha düşüktür ancak envanter düzeyi sürekli olarak gözden geçirilmelidir [7].

Müşterinin talep ettiği bir ürün istenilen zaman ve miktarda teslim edilemezse genelde iki durum söz konusu olur. Bunların ilki, müşterinin istediği ürünü beklemesi olup sadece çok sadık müşterilerin kabul edeceği bir seçenektir ve “backorder” olarak adlandırılır. Müşteri siparişi ertelemeyi göze alsa dahi firma için yeniden planlama, gönderme ve paketleme gibi ek maliyetler söz konusu olacaktır. İkinci durumda ise

müşteri siparişi iptal eder ve firma siparişin muhtemel satış kârı yanında müşteri memnuniyetini de kaybederek önemli bir yok satma maliyeti ile karşı karşıya kalır. Perakende ve özellikle hızlı tüketim mallarının satışında genelde ikinci durum söz konusu olur.

1.7.3.1. Stokastik ekonomik sipariş miktarı ve güvenlik stoku tespiti

Tedarik süresinin sabit olması her ne kadar tam olarak mümkün olmasa da çok büyük değişimlerin olmadığı durumlarda ortalama değerin sabit değer olarak alınması mümkündür.

Tüm envanter modellerinde olduğu gibi bu modelde de amaç yeniden sipariş verme noktasından itibaren, ürün tedariğine kadar elde bulunan stokun beklenen talebi minimum maliyetle karşılamasıdır.

Stokastik modellerde emniyet stoku hesaplanırken, x ortalama ve y standart sapma olmak üzere N (x, y) olarak ifade edilen talep L kadar olan bir süreye çevrilir. Böylece belirli bir süre için ortalama değer ve standart sapması tespit edilen talep miktarı ve istenen servis düzeyine göre gereken emniyet stoku hesaplanır. Gerekli formüller ortalama μ_L ve standart sapma σ_L olmak üzere Denklem (1.5) ve Denklem (1.6)' da gösterilmiştir:

$$\mu_L = D.L \tag{1.5}$$

$$\sigma_L = \sigma^2.L \tag{1.6}$$

1.7.3.2. Değişken talep ve sabit tedarik süresi için emniyet stoku tespiti

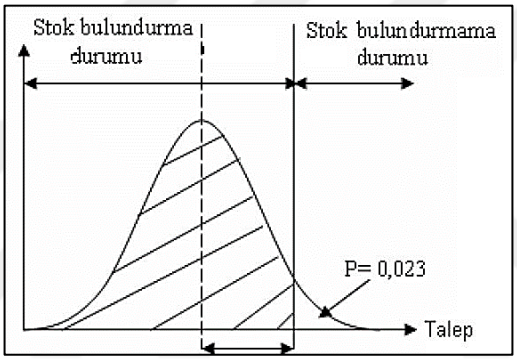
Çoğu durumda değişken talep ve sabit temin süresi gerçek yaşamda karşılaşılan problemlere büyük oranda uymaktadır. σ talebin standart sapması; L temin süresinin talep verilerinin süresine oranı; z tercih edilen servis yüzdesine göre normal dağılım tablosundan alınan sayı olmak üzere emniyet stoku miktarı Denklem (1.7) ile hesaplanabilir [18]:

$$ES = z.\sigma_d.\sqrt{L} \tag{1.7}$$

Bu durumda yeniden sipariş noktası da Denklem (1.8) ile belirlenecektir:

$$R = d.L + z.\sigma_d.\sqrt{L} \tag{1.8}$$

Denklem (1.7) ve Denklem (1.8)' de kullanılacak olan z değeri, istenen hizmet düzeyine göre seçilir. Doğru sonuçlar elde edebilmek için "z" parametresinin doğru belirlenmesi önem arz etmektedir. Müşteri hizmet düzeyi, bir işletmenin müşterilerinin taleplerini karşılama oranı olmak üzere, doğru zamanda ve doğru miktarda teslim edilen sipariş sayısının toplam sipariş sayısına bölünmesiyle bulunur. Örneğin, hizmet düzeyi %90 olduğunda, %10 olasılıkla talebin elde bulunan emniyet stoku ile karşılanamaması olasılığı vardır. Bu durumda, z değeri normal dağılım tablosunda 0,10 olasılığa karşılık gelen değerdir. Şekil 1.6' da talep geliş olasılığına göre stokların yeterlilik durumu gösterilmektedir. Şekil 1.6' ya göre siparişlerin %2,3' ü stok olmadığı için karşılanamayacaktır; bu durumda müşteri hizmet düzeyi %97,7 olarak hesaplanır [9].



Şekil 1.6. Talep dağılım fonksiyonu [9]

Tablo 1.1' de farklı hizmet düzeylerine karşılık gelen güven faktörleri gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Farklı hizmet düzeyleri için güven faktörleri

Hizmet Düzeyi	Güven Faktörü
84	1,00
85	1,04
90	1,28
95	1,65
97	1,88
98	2,05
99	2,33
99,86	3,75
99,99	3,09

1.8. Stok Kontrol Sistemleri

Stoklarla ilgili süreçleri izleme, kontrol etme ve doğru zamanda sipariş verme amacıyla stok kontrol sistemleri kullanılır. İşletmelerde iyi bir stok kontrol sistemi bulunduğunda, planlamadaki malzeme akış süreçleri düzenli seyreder ve karşılaşılan olağan dışı durumlarda gereken önlemler hızlıca alınabilir.

Birbirinden değerce ve miktarca farklı çok sayıda stok kalemi bulunduran işletmelerde stok kalemlerinin tamamını aynı politikayla izlemek uygulama açısından zor ve maliyetli olabilir. Bu karmaşayı azaltmak için basit yöntemlerden zor matematiksel modellere kadar birbirinden farklı stok kontrol sistemleri geliştirilmiştir.

1.8.1. Gözle kontrol yöntemi

Stokların belirli aralıklarla ilgili personel aracılığıyla kontrol edilmesidir. Kontrol sonucu, miktarı önceden belirlenen seviyenin altında olduğu tespit edilen stok kalemlerinin tedariği için mümkün olan en kısa sürede sipariş verilir. Belirlenecek olan sipariş verme düzeyi tamamen ilgili personelin tecrübelerine dayanır. Yetişmiş ve güvenilir bir personel mevcut olduğunda, bu yöntem uygulaması pratik ve düşük maliyetli olması sebebiyle küçük işletmelerde tercih edilebilir ancak; yöntemin bazı sakıncalarının mevcut olduğu göz ardı edilmemelidir. Kişisel tecrübelere dayandığı için, özellikle düzenli olmayan depolarda personelin hata yapma ihtimali bulunmaktadır. Bunun yanında; talep, tedarik süresi, tüketim hızı gibi parametrelerin değişmesi durumunda, bu durum fark edilene kadar hatalı uygulamalar gerçekleşebilecektir.

1.8.2. Çift kutu yöntemi

Bu yöntemde, her stok kalemi için biri asıl biri yedek olmak üzere iki kutu bulundurulur. Asıl kutudaki stok tükendiğinde, sipariş verilmekte ve temin süresi boyunca yedek kutu kullanılmaktadır. Yedek kutu emniyet stoku işlevinde olup, buradaki stok miktarı temin süresinde ihtiyaç duyulan miktara yetecek düzeyde olmalıdır. Bu yöntem stok miktarının az, stok çeşidinin nispeten fazla olduğu küçük işletmelerde işlevsel olabilir. Gözle kontrol yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de personelin dikkat ve tecrübesi oldukça önemlidir.

1.8.3. Minimum - maksimum yöntemi

Minimum - maksimum stok kontrol yöntemi, sabit sipariş miktarı ve sabit sipariş periyodu olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Sabit sipariş miktarı yönteminde, stok seviyeleri önceden belirlenen bir seviyenin altına indiğinde toplam stokun maliyetini minimize edecek ve daha önceden belirlenmiş bir miktarda sipariş verilir. Minimum stok düzeyi belirlenirken temin süresi ve talepte oluşabilecek dalgalanmalar göz önünde bulundurulur ise yöntem daha başarılı sonuçlar verebilir. Sabit sipariş periyodu yönteminde ise belirlenen periyodik dönemlerde mevcut stok düzeyi göz

önünde bulundurularak ihtiyaç duyulan miktarda siparişin verilmektedir. Stok çeşidi çok olan bir işletmede bu yöntem yeterince iyi sonuçlar vermeyebilir.

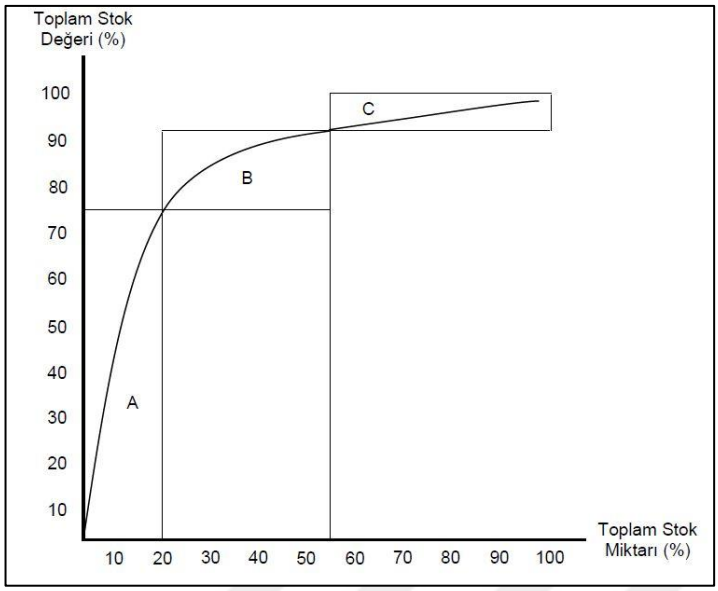
1.8.4. ABC analizi

Orta ve büyük hacimli işletmelerin yüzlerce hatta binlerce stok kalemi bulunabilir. Bu durumda firmanın bu kalemleri taşıdıkları öneme göre sınıflandırması stok kontrol sisteminin etkinliğini arttıracaktır. Böylece her bir kalem için "optimal" stok miktarına ulaşmaya çalışmak yerine değerce yüksek kalemlere odaklanmak mümkün olacaktır. ABC (Always Better Control) yöntemi, stok yönetimine yardım eden oldukça etkin bir teknik olarak sıklıkla kullanılır. Bu yöntem çıkış noktasını İtalyan ekonomist Pareto' nun kendi adını verdiği yöntemden alarak, stokta miktarca az olan kalemlerin bütün stok değerlerinin büyük bir bölümünü oluşturacağı ilkesine dayanır [19].

ABC analizine stok kontrolü yanında; lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde, üretim planlama ve kontrol, kalite, satın alma vb. alanlarda oluşan proses problemlerini tespit etmek amacıyla da başvurulur [20].

ABC analizinde genellikle stoktaki ürünlerin miktarları ile maddi değerlerinin çarpımları büyükten küçüğe doğru sıralanır. Kümülatif toplamın, genel toplama oranlanması ile kümülatif yüzde hesaplanır ve kümülatif yüzdeye göre ürünler A, B ve C olmak üzere 3' e ayrılır.

A grubu ürünler yüksek değere sahip az sayıdaki ürünlerdir. Toplam miktarın yalnızca %15-20' si olmalarına rağmen toplam değerin %70-80 gibi önemli bir kısmını oluştururlar. B grubu stok ürünleri hem değer hem miktar olarak ortalama gruptur. Toplam miktarın %30-40; toplam değerin ise %15-20' lik kısmıdır. C grubu stok ürünleri değerce düşük çok sayıdaki üründen oluşur. Toplam miktarın %40-50' sini oluşturmalarına rağmen toplam değerin sadece %5-10' luk kısmı olduklarından bu ürünlerin kontrol sistemi basit ve seyrek tutulabilir. Bu bağlamda, maliyet giderlerini düşürmek isteyen bir firmanın ekonomik anlam taşıyan A grubu ürünlere odaklanması gerektiği sonucu çıkarılabilir. B ve C gruplarının üzerindeki işlemler ise mümkün olduğunca yalınlaştırılmalıdır. Şekil 1.7' de ABC gruplandırılmasına göre toplam stok miktarı ile stok değeri arasındaki ilişki gösterilmiş ve Tablo 1.2' de çeşitli durumlara göre grupların karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 1.7. Stokların ABC metodu ile sınıflandırılması

Tablo 1.2. ABC kalemlerinin çeşitli şekilde karşılaştırılması

Stok Kalemi	Kontrol Derecesi	Kayıt Türü	Parti Büyüklüğü	Gözden Geçirme Sıklığı	Emniyet Stoku
A	Sıkı	Doğru	Küçük	Sürekli	Düşük
B	Orta	İyi	Orta	Aralıklı	Orta
C	Gevşek	Basit	Büyük	Nadiren	Yüksek

Tablo 1.2' de görüldüğü üzere, A sınıfı kalemler değerce yüksek olduklarından, stok kayıtlarının eksiksiz tutulması, sipariş miktarı ve yeniden sipariş noktalarının belirlenmesinde hata yapılmaması önemlidir. B sınıfı kalemlerin periyodik olarak gözden geçirilmesi yeterli olacaktır. C sınıfı kalemlerde ise minimum derecede kontrol uygulanmalıdır.

İşletmelerin bazıları, ABC analizindeki 3 grubu yeterli görmemekte ve çeşitli alt gruplar tanımlayarak analizleri daha hassas hâle getirmektedir. Bu çalışmanın ilerleyen kısımlarında da ABC analizi bir sonraki bölümde açıklanacak XYZ analiziyle birlikte değerlendirilmiştir [19].

1.8.5. XYZ analizi

XYZ kritik değer analizinde öğeler, talep değişkenliklerine göre X, Y ve Z sınıflarına ayrılır. Talep değişkenliği için kullanılan istatistiksel ölçü karakteristiği değişkenlik katsayısıdır. X sınıfı stok kalemlerinin talep miktarları büyük değişiklikler göstermez.

Yüksek tahmin doğruluğu sağlayan küçük periyodik dalgalanmalar şeklinde seyreder. Y sınıfı kalemlerin talep miktarlarında ortalama dalgalanmalar mevcut olsa da görece iyi tahmin doğruluğu sağlanabilir. Z sınıfında ise düşük tahmin doğruluğuna sebep olan düzensiz talebe sahip stok kalemleri yer alır [21]. Diğer bir ifadeyle, X sınıfı kalemler stoksuzluğuna izin verilemeyecek düzeyde kritik, Y sınıfı kalemler belirli miktarda stok tutulan ve belirli miktarda stoksuzluğa izin verilebilenler ve Z sınıfı ürünler ise stoksuzluğuna izin verilebilen, daha az göreli öneme sahip veya önemsiz sayılabilcek parçalar anlamına gelmektedir [22].

Değişkenlik katsayısı, iki farklı değişkenin yayılımlarının doğrudan karşılaştırılmasına imkân verir. Bu katsayı, karşılaştırılan serilere ait standart sapmaların, kendi gruplarının ortalama değerinin bir yüzdesidir ve σ standart sapma; $\overline{X}$ ortalama olmak üzere Denklem (1.9)' da ile hesaplanır [23]:

$$DK=\frac{\sigma}{\overline{X}}.100 \quad (1.9)$$

Stok kalemleri değişkenlik katsayılarına göre küçükten büyüğe doğru sıralanarak X, Y ve Z gruplarına ayrılır. Kolinska ve Cudzilo değişkenlik katsayısının Tablo 1.3' teki gibi değerlendirilmesini önermektedir. Tabloda ilgili gruplara atanan stok kalemlerinin klasik özellikleri verilmiştir [24].

Tablo 1.3. XYZ gruplamasının özellikleri [24]

Grup	Değişkenlik katsayısı değeri	Tüketim yapısı	Tedarik	Tahmin doğruluğu	Çizelgeleme kabiliyeti
X	%25' in altında	Düşük dalgalanma seviyesi ile düzenli tüketim	Üretimle senkronizasyon – eş zamanlılık	Yüksek tahmin doğruluğu	Yüksek
Y	%25-60	Değişken tüketim (mevsimsel eğilimler ve dalgalanmalar)	Depo envanter seviyesinin belirlenmesine dayalı	Ortalama tahmin doğruluğu	Orta
Z	%60' ın üstünde	Düzensiz tüketim	Bireysel, belirli sipariş tipi	Düşük tahmin doğruluğu	Düşük

1.8.6. ABC ve XYZ analizlerinin entegrasyonu

ABC analizi ve XYZ kritik değer analizi birlikte ele alınarak, dokuz farklı stok tutma politikası oluşturulabilir. Tablo 1.4' te bu dokuz sınıf gösterilmektedir. Örneğin; AX

grubu; miktarı az, envanter değeri yüksek, düzenli tedarik gerektiren ve stoksuzluğuna izin verilmeyecek stok kalemlerden oluşmaktadır [22].

Tablo 1.4. ABC-XYZ grubu entegrasyonu

Sınıf	X	Y	Z
A	AX	AY	AZ
B	BX	BY	BZ
C	CX	CY	CZ

Tablo 1.5. 9 sınıfın karakteristik özellikleri [25]

Sınıf	A	B	C
	Yüksek tüketim değeri	Orta tüketim değeri	Düşük tüketim değeri
X	Sürekli talep	Sürekli talep	Sürekli talep
	Yüksek tahmin değeri	Yüksek tahmin değeri	Yüksek tahmin değeri
	Yüksek tüketim değeri	Orta tüketim değeri	Düşük tüketim değeri
Y	Dalgalı talep	Dalgalı talep	Dalgalı talep
	Orta tahmin değeri	Orta tahmin değeri	Orta tahmin değeri
	Yüksek tüketim değeri	Orta tüketim değeri	Düşük tüketim değeri
Z	Düzensiz talep	Düzensiz talep	Düzensiz talep
	Düşük tahmin değeri	Düşük tahmin değeri	Düşük tahmin değeri

Tablo 1.5' e göre, AX, BX ve CX gruplarından AZ, BZ ve CZ gruplarına doğru gidildikçe tahmin doğruluğu düşerken emniyet stokları yükselir. AX, AY ve AZ gruplarından CX, CY ve CZ gruplarına doğru gidildikçe ise tüketim hızı düşerken, emniyet stokları yükselir [25].

2. TALEP TAHMİNİ

2.1. Talep Tahmini Kavramı ve Önemi

Alıcıların belirli bir zamanda, belirli bir fiyattan almak istediği mal miktarı talep olarak adlandırılır. İşletmelerin temel amaçlarından biri, bu isteği karşılayacak miktarda mal ve hizmet üreterek pazarlamalarını gerçekleştirmektir. Bu amaca yönelik olarak işletmeler, çeşitli pazar araştırması yöntemleriyle piyasada oluşacak talebi tahmin etmek isterler.

Bir işletmenin üreteceği ya da ürettiği mal veya hizmeti müşterilerinin satın alma miktarını önceden belirleme çalışmasına talep tahmini denir. Başka bir deyişle, geçmiş dönemlere ait verilerinin incelenmesi ile satışların gelecek dönemlerde ne olacağı konusunda bilgi sahibi olma sürecidir. Tahmin yapılırken, geçmiş dönem verileri analiz edilerek gelecek hakkında yorumlar yapılır. Hangi üründen ne zaman ve ne kadar üretileceği talep tahminlerine göre belirlendiğinden, talep tahmini üretim yönetiminde temel bir adımdır. Üretim için gerekli olan işgücü, malzeme, makine gibi araçlar da talep tahminlerine göre planlanmalıdır. Bu nedenle, günümüzdeki rekabetçi koşullarda doğru talep tahmininin işletme için hayati öneme sahip olduğu söylenebilir. Tahminlerin hatalı olması durumunda, firma fazladan elde bulundurma ya da elde bulundurmama maliyetlerine katlanmak durumunda kalacaktır [26]. Tutarsız tahminler, yanlış üretim planlarına ve bir süre sonra pazar payında kayıplara neden olacaktır [27].

2.2. Talep Tahmini İlkeleri

Talep tahminleri için geçerli başlıca ilkeler aşağıda verilmiştir:

- Talep tahmininin kapsadığı zaman aralığı uzadıkça tahminin duyarlılığı azalacaktır. Bu nedenle, talep tahminlerinin ne kadarlık bir süre için yapılacağının doğru tespit edilmesi önemlidir.

- Hiçbir tahmin tamamen doğru olamayacağından talep tahmininin ardından hata parametreleri kullanılarak sapma miktarları belirlenmeli, böylece kullanılan tahmin

yönteminin gerçeği ne kadar yansıttığı belirlenmelidir. Birden fazla yöntem ile çalışılıp sonrasında en az hatayı veren yöntemi tespit etmek faydalı olacaktır.

- Miktar ve çeşit bakımından büyük olan ürün grupları için yapılan tahminler daha duyarlı olmaktadır. Bu tür tahminlerde seçilen güven aralıklarına göre elde edilen sonuçlar farklılık gösterebileceğinden tahmin aralığını düşük tutmak daha isabetli sonuçlar alınmasını sağlayacaktır [28].

- İyi bir tahmin, gerçeğe yakın sonuçlar verir. Sağladığı fayda, maliyetinden fazladır. Sonuçları kullanacak kişilere yazılı olarak ve kolayca anlayıp yorumlayabilecekleri şekilde sunulur.

Daha iyi bir sonuç elde etmek için tahmin yöntemi seçilirken; kullanılabilecek veri sayısı, tahmin için gereken süre, yöntemin kolaylığı/zorluğu, işletmeye maliyeti, tahminin kapsayacağı süre zarfı, yöntemi uygulayacak olan personelin konuya hakimiyeti, kabul edilebilecek hata payı gibi birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır.

Talep tahminleri çok kısa, kısa, orta ve uzun süreler için yapılabilir. Günlük üretim programlarının hazırlanması için yapılan günlük ya da haftalık tahminler çok kısa süreli tahminlerdir. Bir haftadan altı aya kadar olan süreler için yapılan tahminler kısa süreli tahminlerdir. Genelde makine kapasitesi ve işgücü planlaması için yapılır. Altı ay ile beş yıllık süre arasında yapılan tahminler orta süreli tahminlerdir. Beş yıl ve daha uzun süre için yapılan tahminler ise uzun vadeli tahminlerdir. Yeni yatırım yapma, yeni pazarlara girme gibi stratejik kararlar bu tahminler doğrultusunda verilir.

2.3. Talep Tahmini Adımları

Talep tahmini yapılırken izlenmesi gereken başlıca adımlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

1. Talebi etkileyen faktörlerin belirlenmesi: Talep tahmini yapılmadan önce ülkenin ekonomik ve teknolojik durumu, piyasanın durumu, rakiplerin durumu ve muhtemel hamleleri, firmanın rakiplerine göre bulunduğu konum, ürünün özellikleri, fiyat-maliyet durumu ve rakip ürünlere göre üstün ve eksik yönleri incelenmelidir [28].

2. Verilerin toplanması: Elde edilecek sonuçların geçerliliğini doğrudan etkileyecek oldukça önemli bir adım olup titizlikle yerine getirilmelidir. Veri toplanması için en

önemli kaynak firmanın kayıt altına aldığı geçmiş dönem verileridir. Bu verilerin güvenilir bir şekilde kaydedilmiş olması oldukça önemlidir. Veri olarak daha önce yapılarak kamuyla paylaşılmış iktisadi çalışmalar ya da istatistiksel analizler de kullanılabilir. Ürün yeni bir ürün ise ya da geçmiş dönem kayıtları bulunmuyorsa pazar araştırması tekniklerinden faydalanılabilir. Bir diğer önemli husus, toplanacak veri kapsamının doğru belirlenmesidir. Gereğinden az ya da çok veri toplanması çalışmanın süresini uzatacak, sonuçların doğruluğunu olumsuz etkileyecek ve sonuç olarak maliyeti arttıracaktır. Talebi etkileyebilecek faktörlerin tamamı ile ilgili veri toplanmalı ve hiçbir değişken göz ardı edilmemelidir. Toplanan bilgilerin, objektif, doğru ve güvenilir olduğundan emin olunmalıdır [29].

3. Tahmin döneminin tespiti: Tahmini yapılacak zaman aralığının belirlenmesidir.

4.Tahmin yönteminin seçimi ve hata hesabı: Araştırmanın özelliklerine göre literatürdeki talep tahmin yöntemlerinden biri seçilmelidir. Ayrıntılı inceleme gerektiren durumlarda daha hassas metotlar tercih edilmelidir. Hiçbir tahmin yöntemi tam doğru tahminde bulunamayacağından talep tahmininden sonra hata hesabı yapılmalıdır. Gerçekleşen talep ile tahmin arasındaki fark tahmin hatasını oluşturur.

5. Tahmin sonuçlarının geçerliliğinin araştırılması: Bu adım, gerçekleşen sonuçlarla seçilen tahmin yönteminden elde edilen sonuçların sistematik biçimde karşılaştırılması ve arada büyük farklar olması durumunda nedenlerinin araştırılmasından oluşur [28].

2.4. Talep Tahmin Yöntemleri

Literatürde yer alan talep tahmin yöntemleri temelde nitel (kalitatif) yöntemler ve nicel (kantitatif) yöntemler olarak iki gruba ayrılabilir. Kişisel çıkarım ve deneyimlere dayanan talep tahminleri nitel yöntemler olarak adlandırılır. Nicel yöntemler ise istatistiksel ve matematiksel yöntemlere dayanır. Çalışmanın bu bölümünde yöntemler alt başlıklarıyla incelenmiştir.

2.4.1. Nitel (kalitatif) yöntemler

Tepe yöneticilerin ve uzmanların görüşleri, satış departmanının ön görüleri gibi subjektif yargılara dayanan yöntemlerdir. Elde yeterli ya da güvenilir veri olmadığında, pazara yeni bir ürün sunulduğunda ya da büyük teknolojik gelişmelerin yaşanması ile müşteri beklentilerinin değişmesi durumunda geçmiş veriler geleceği yeterince temsil edemeyeceğinden bu yöntemler önem kazanır. Tahmini yapan kişi alanında tecrübeli

ve yeterli bilgiye sahip ise nitel yöntemler nicel yöntemlerle beraber kullanılarak tahmin başarısı arttırılabilir. Birçok nitel talep tahmin yöntemi vardır. Bunlardan diğerlerine göre daha çok kullanılan dört yöntem aşağıda açıklanmıştır:

2.4.1.1. Delphi yöntemi

Yöntemin uygulanmasından sorumlu koordinatör, bir konu ile ilgili uzman grubuna anket soruları göndererek sorulara verilen yanıtları toplar. Anket katılımcıları, diğer katılımcılar ile ilgili bilgi sahibi değildir. Koordinatör yanıtların istatistiksel özetini çıkararak bir rapor hazırlar ve raporu gruba göndererek katılımcılardan yanıtlarını tekrar ister. Turlar, uzlaşı elde edilene kadar sürer. Geçmiş verileri istatistiksel analizler için yeterli olmayan firmalarda, yöneticiler karar vermek için ek görüşe ihtiyaç duyduklarında bu yöntemi uygulayabilirler.

2.4.1.2. Satış departmanının tahminleri

Firmanın satış departmanı personelleri tarafından düzenli aralıklarla gerçekleştirilen öngörülerden elde edilen tahminlerdir. Satış ekibi, bir firmada müşterilerin satın alabileceği mal ve hizmet çeşidiyle bunların miktarlarını en iyi tahminleyebilecek gruptur. Tahmin bir kişi yerine bir grup tarafından gerçekleştirilirse daha doğru sonuçlar elde edilebilir.

2.4.1.3. Uzman görüşü

Firmanın tepe yöneticilerinin ya da önemli müşterilerinin görüş, tecrübe ve teknik bilgileriyle yapılan tahminlemedir. Firma yeni bir pazara girmek istediğinde, teknolojik gelişmelerin etkisiyle yeni bir pazar oluştuğunda, yeni satış promosyonları geliştirildiğinde, ulusal ya da uluslararası olağan dışı durumlar söz konusu olduğunda uzman görüşü ile talep tahmini yapılabilir ya da mevcut satış tahmini düzeltilebilir.

2.4.1.4. Pazar araştırması

Pazar araştırması, müşterilerin bir ürüne olan ilgisini analiz etmek amacıyla yapılır. Bir anket tasarlanır ve anketin nasıl uygulanacağına karar verilir. Anket, potansiyel müşterileri temsil edebilecek bir örnekleme uygulanır ve sonuçlar istatistiksel hipotezler ile test edilerek yorumlanır. Pazar araştırması sözü edilen adımların doğru uygulanması durumunda firmaya önemli bilgiler sağlayacaktır [30].

2.4.2. Nicel (kalitatif) yöntemler

Nicel tahmin yöntemleri, yeterli miktarda bilginin var ve sayısallaştırılabilir olduğu durumlarda kullanılabilir. Nicel talep tahmin yöntemleri, geçmiş talep değerlerini baz alarak ve talep oluşumunda etkisi olan faktörlerin gelecek dönemlerde de aynı şekilde devam edeceği varsayımıyla, bir takım matematiksel modellere dayanan ve istatistiksel hesaplamalar içeren tahmin yöntemleridir.

Nicel yöntemler; nedensel yöntemler, zaman serileri analizi, yapay zekâ temelli yöntemler ve gri tahmin yöntemlerini içermektedir. Nedensel yöntemler talebi fiyat, rakiplerin fiyatları, ülkenin ekonomik koşulları, promosyonlar gibi çeşitli bağımsız değişkenler yardımıyla açıklar. Zaman serileri analizi ise, talep tahmini için zamanı bağımsız değişken olarak kullanan, trend doğrusu ve mevsimselliği tanımlayan istatistiksel bir yaklaşımdır. Bilgisayar teknolojilerinin çok hızlı bir şekilde geliştiği günümüz koşullarında yapay zekâ temelli yöntemler ve belirsiz durumlarda iyi sonuçlar veren gri tahminleme de son zamanlarda talep tahmininde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemler alt başlıklarla kısaca açıklanmıştır.

2.4.2.1. Nedensel yöntemler

Nedensel yöntemlerde, tahmin edilecek bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen çeşitli faktörler ve bunların etki dereceleri uygun bir matematiksel ifade ile açıklanmaya çalışılır. Bu yöntemlerde temel amaç, bir değişkenin gelecekteki değerlerini tahmin etmekten ziyade, daha çok iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Nedensel yöntemler ikiye ayrılmaktadır [31]:

a. Regresyon analizi

Regresyon analizi bağımlı değişken ile bir veya birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü matematiksel denklemlerle belirlemek amacıyla kullanılan bir analiz tekniğidir. Model bir bağımsız değişkene sahipse basit regresyon analizi, birden fazla bağımsız değişkene sahipse çoklu regresyon analizi olarak adlandırılır. Ana kütle için basit doğrusal regresyon denklemi Denklem (2.1)' deki gibidir:

$$\hat{Y}=\beta_0+\beta_1.X+\varepsilon \qquad (2.1)$$

Denklem (2.1)'de, β_0 x sıfıra eşit olduğunda regresyon doğrusunun dikey ekseni kestiği noktayı gösterir. B_1 doğrusal fonksiyonun eğimi, yani bağımsız değişken x'

deki bir birimlik değişmenin bağımlı değişkende yaratacağı değişme miktarını gösteren regresyon katsayısıdır. ε ise, rassal hata terimidir. ε Denklem (2.2) ile hesaplanır.

$$\varepsilon=\hat{Y}-Y \tag{2.2}$$

Gerçek problemlerde, β_0 ve β_1 değerleri bilinmeyebilir. Bu durumda yapılacak örnekleme ile β_0 ve β_1 yerine bunların tahmincileri olan b_0 ve b_1 kullanılarak Denklem (2.1), Denklem (2.3)' te gösterildiği gibi yeniden yazılır.

$$\hat{Y}=b_0+b_1.X+e \tag{2.3}$$

Ana kütle ve örnek için çoklu doğrusal regresyon denklemleri ise sırasıyla Denklem (2.4) ve Denklem (2.5)' te gösterilmektedir [32]:

$$\hat{Y}=\beta_0+\beta_1.X_1+\beta_2.X_2+\ldots+\beta_n.X_n+\varepsilon \tag{2.4}$$

$$\hat{Y}=b_0+b_1.X_1+b_2.X_2+\ldots+b_n.X_n+e \tag{2.5}$$

b. Korelasyon analizi

Korelasyon analizi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü ortaya koymaktadır. Bir değişkenin değeri değişirken diğer değişken de değişiyorsa aralarında bir korelasyon bulunuyor demektir. Korelasyon, regresyon yöntemiyle elde edilen doğrunun uygunluğunu ölçmektedir. İlişki ne derece güçlü ise, oluşturulan tahminler de o derece doğru olacaktır. İlişkinin gücü -1 ile +1 arasında değişen korelasyon katsayısı (r) ile ifade edilir. r, +1' e yakın ise değişkenler arasında pozitif güçlü doğrusal ilişki; r, -1' e yakın ise değişkenler arasında negatif güçlü doğrusal ilişki vardır. 1' den 0' a doğru gidildikçe ilişkinin gücü azalır.

2.4.2.2. Zaman serisi yöntemleri

Zamanın periyodik noktalarında, bir cevap değişkeni gözlenmesi ile veri elde edilmesi yöntemine zaman serisi denir [33]. Zaman serileri, bir değişkenin art arda aldığı değerlerin tespit edilmesiyle oluşturulur [34]. Zaman serileri analizi ise bir serinin özelliklerini ve yapısını ortaya koymaya çalışır. Bu analiz zaman ya da frekans boyutuna göre ele alınabilir. Diğer bir ifade ile frekans boyutunda periyodik hareketler dikkate alınırken, zaman boyutunda zamanın farklı noktalarındaki gözlemler arasında ortaya çıkan ilişkiler üzerinde durulmaktadır. Her iki boyutta yapılan analizler birbirini

tamamlar ve aynı bilgi farklı yollarla zaman serisinin niteliği hakkında bakış açısı kazandırır [35].

Zaman serileri, istatistik ve ekonomi gibi bilim dalları başta olmak üzere literatürde çok geniş bir uygulama alanına sahiptir [32].

Bir zaman serisini etkileyen beş ana faktör vardır. Bunlar; ortalama, eğilim, mevsimsel değişim, periyodik değişim ve rastgele olaylardır.

1. Ortalama: Geçmiş döneme ait veriler, ortalama bir değer etrafında şekillenir.

2. Eğilim (trend): Veriler, aynı yönde bir değişim sergiliyorsa bu eğilim trend olarak adlandırılır. Trend bir doğru ya da eğri olabilir.

3. Mevsimlik değişim: Bazı ürünler için talep mevsime bağlı olarak değişiklik gösterir. Benzer taleplere sahip aylar ardışık olarak sıralanmasa bile “mevsim” olarak tanımlanabilir.

4. Konjonktürel değişim: Geçmiş dönemlere dair verilerin, mevsimselliğe göre daha uzun zaman aralıklarında oluşan değişimleridir. Bu değişimler genellikle değişen ekonomik şartlara bağlı olup bir yıldan uzun sürelerde meydana gelir.

5. Rastgele Olaylar: Doğal afet, savaş, grev, spekülasyon gibi genellikle düzensiz ve önceden kestirilmesi zor olaylardır [28].

Zaman serisi yöntemlerinden “hareketli ortalamalar”, “üssel düzleştirme yöntemleri” ve “en küçük kareler yöntemi” aşağıda açıklanmaktadır.

a. Hareketli ortalamalar yöntemi

Hareketli ortalama yönteminde gelecek dönem tahmini için seride bulunan son n tane değerin aritmetik ortalaması hesaplanır. Aritmetik ortalamadan farkı geçmiş dönemdeki tüm değerlerin ortalaması yerine belirli bir zaman dilimindeki değerlerin ortalamasının alınmasıdır. Bu sayede seri mevsimsel ya da konjonktürel dalgalanmaların etkisinden kurtarılır. Genellikle değerleri ani düşüş veya ani yükseliş gösteren serilerde başarılı sonuçlar verir. Hareketli ortalamaya geçmişe ait kaç dönemin katılacağı deneme yanılma yöntemi ya da önceki deneyimler doğrultusunda belirlenebilir. Hareketli ortalamaya az sayıda dönem katılırsa rassallığın tahmine etkisi fazla olacaktır. Tersine, çok sayıda dönem katılırsa daha durağan bir ortalama değere ulaşılacak, talepte çeşitli eğilimler varsa fark edilmeyecek ve tahmine geç

yansıyacaktır. Hareketli ortalama yönteminin formül ile gösterimi Denklem (2.6)' daki gibidir [26]:

$$\hat{Y}_t = \frac{Y_{t-1} + Y_{t-2} + \ldots Y_{t-n}}{n} \quad (2.6)$$

b. Üssel düzleştirme yöntemleri

Üssel düzleştirme yöntemleri, tüm geçmiş dönem verilerini farklı ağırlıklarda kullanarak tahmin yapan yöntemlerdir. Verilen ağırlıklar, veriler eskidikçe üssel bir şekilde azalmaktadır. Tahminde kullanılacak verilerden yakın geçmişte olanlara yüksek, uzak geçmişte olanlara ise üssel olarak azalan ağırlıklar verilmektedir. Bu yöntemde kullanılan düzleştirme katsayıları sonuçları doğrudan etkilediğinden doğru seçilmeleri oldukça önemlidir. Bu katsayıların belirlenmesindeki temel amaç, uygulanan modelin hata kareleri ortalamalarını en küçük yapan düzleştirme katsayısına ulaşmaktır.

Üssel düzleştirme yöntemleri, uygulanması kolay ve verileri ağırlıklandırma mantığı ile tahmin gücü yüksek yöntemlerdir. İhtiyaç duyduğu veri sayısı çok yüksek olmadığından maliyeti düşüktür. Yeni dönem verileri modele kolayca dahil edilebilmekte ve yeni dönem tahminlerine katılabilmektedir.

Üssel düzleştirme yöntemlerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi düzleştirme katsayılarının değerlerini belirlemek için kesin bir kuralın olmaması, bu konuda deneme yanılma yönteminden faydalanılmasıdır. Bir diğer dezavantaj ise, uygulamada kullanılan herhangi bir üssel düzleştirme modelinin yeterli olup olmadığının test edilememesidir [31].

Çalışmanın sonraki bölümlerinde kullanılmış olan üssel düzleştirme yöntemleri aşağıda kısaca açıklanmaktadır:

- Basit üssel düzleştirme yöntemi: Brown' un basit üssel düzleştirme yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntem trend ve mevsimsel etki göstermeyen zaman serilerinde başarılı sonuçlar veren, uygulanması kolay bir yöntemdir. Basit üssel düzleştirme modeli Denklem (2.7)'de verilmiştir. $\hat{Y}_t$, t periyodundaki tahmin değeridir.

$$\hat{Y}_t = \hat{Y}_{t-1} + \alpha.\varepsilon_t \quad (2.7)$$

Burada α 0 ile 1 aralığında yer alan düzleştirme sabiti, ε_t ise t. dönemdeki tahmin hatasını temsil eder.

- Holt' un çift parametreli doğrusal üssel düzleştirme yöntemi: Ele alınan zaman serisinin trendinin doğrusal olması durumunda bu yöntem önerilir. Yöntemde trend değerleri β ile simgelenen, gözlem değerlerine uygulanan parametreden farklı bir parametre ile direkt olarak düzleştirilmektedir. Bu da yönteme önemli bir esneklik sağlamaktadır. Yöntem Denklem (2.8), (2.9) ve (2.10)' da formülize edilmiştir:

$$y'_t=\alpha.y_t+(1-\alpha).\left(y'_{t-1}+b_{t-1}\right) \quad (2.8)$$

$$b_t=\beta.\left(y'_t-y'_{t-1}\right)+(1-\beta).b_{t-1} \quad (2.9)$$

$$\hat{y}_{t+m}=y'_t+b_t.m \quad (2.10)$$

Denklem (2.8)' de y_t değerine bir önceki dönem trendi (b_{t-1}) ile bir önceki dönem düzleştirilmiş değerinin (y'_{t-1}) eklenmesiyle y'_t düzleştirilmiş değeri hesaplanmaktadır. Denklem (2.9) son iki dönem düzleştirme değerleri arasındaki farka bağlı olarak trendi güncellemektedir. Tahminde kullanılan Denklem (2.10)' da ise $\hat{y}_{t+m}$ tahmini, bir önceki dönem düzleştirilmiş değerine (y'_t) m kadar t dönem trendinin (b_t) eklenmesiyle hesaplanmaktadır. α ve β düzleştirme sabitleri ise diğer düzleştirme sabitleri gibi 0 - 1 aralığında değer alırlar. En iyi α ve β değerleri, tahmin hatalarının kareleri toplamını enküçükleyen değerlerdir. Bunu değerler çeşitli denemeler ile bulunabilir [31].

- Mevsimsel üssel düzleştirme-Winter's yöntemi: Winter's yöntemi, diğer zaman serisi yöntemlerine göre daha karmaşık bir yöntemdir. Yöntem hem verideki mevsimselliği hem de trendi ele alır. Winter's yönteminde üç düzleştirme katsayısı bulunmaktadır. Bunlardan α düzleştirme katsayısını, β trend tahmini için düzleştirme katsayısını ve γ ise mevsimsellik tahmini için düzleştirme katsayısını gösterir. Yöntemde kullanılan çarpımsal formül Denklem (2.11), (2.12), (2.13) ve (2.14)' te gösterilmiştir [36]:

$$L_t=\alpha.\left(\frac{Y_t}{S_{t-s}}\right)+(1-\alpha).(L_{t-1}+T_{t-1}) \quad (2.11)$$

$$T_t=\beta.(L_t-L_{t-1})+(1-\beta).(T_{t-1}) \quad (2.12)$$

$$S_t=\gamma.\left(\frac{Y_t}{L_t}\right)+(1-\gamma).(S_{t-s}) \quad (2.13)$$

$\hat{Y}_t=(L_{t-1}+T_{t-1}).\ S_{t-p}$ (2.14)

L_t: Serinin t dönemi için düzleştirilmiş değerini,

T_t: Serinin t dönemi için trend tahmin değerini,

S_t: Serinin t dönemi için mevsimsel tahmin değerini,

Y_t: Serinin t dönemi için gerçek değerinin,

s: Mevsim sayısını,

$\hat{Y}_t$: Serinin t dönemi için tahmin değerini göstermektedir.

Yöntemde kullanılan toplamsal formül ise aynı notasyonla Denklem (2.16), (2.17), (2.18) ve (2.19)' da verilmiştir:

$L_t=\alpha.(Y_t+S_{t-s})+(1-\alpha).(L_{t-1}+T_{t-1})$ (2.16)

$T_t=\beta.(L_t-L_{t-1})+(1-\beta).(T_{t-1})$ (2.17)

$S_t=\gamma.(Y_t-L_t)+(1-\gamma).(S_{t-s})$ (2.18)

$\hat{Y}_t=(L_{t-1}+T_{t-1})+ S_{t-p}$ (2.19)

c. En küçük kareler yöntemi (EKKY)

Eğilim (trend) metotlarından en güvenilir olanı En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY)' dir. Talepte bir eğilim söz konusuysa ve bu eğilim gözlemler sonucu fark edilirse eğilimin matematiksel olarak ifade edilmesi daha doğru tahminler yapmayı sağlayacaktır. Bu nedenle verilerin uygun olması durumunda trendin hesaplanması için en çok uygulanan yöntemdir.

En kolay olan ve sıklıkla kullanılan regresyon modeli iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi yansıtan modeldir. Modelin "basit" olarak adlandırılmasının nedeni iki değişkenden ibaret olmasıdır. Doğrusallık ise ilişkinin türünü ifade etmektedir.

EKKY' de, zaman serisi eğilimi her zaman doğrusal olmayabilir. Eğilim, bir eğri ile de temsil edilebilir. Zaman serilerinde eğilimi ortaya koymak için en sık kullanılan denklemler, Y çeşitli yıllara ait değerleri, X ise yılların sıra sayılarını ifade etmek üzere Denklem (2.20) ve Denklem (2.21)' de gösterilmiştir:

$$Y=a_0+ a_1.X \quad (2.20)$$

$$Y=a_0+a_1.X+a_2.X^2 \quad (2.21)$$

Yukarıda verilen denklemlerin hangisinin daha doğru sonuç vereceğinin tespit edilebilmesi için zaman serisini oluşturan verilerin grafiksel olarak gösterilmesi gerekmektedir. Grafik üzerinden bir kestirim yapılamadığında birden fazla yöntemi denemek faydalı olacaktır. Çalışmada yararlanılan bir diğer denklem olan üssel büyüme eğrisi denklemi ise Denklem (2.22)' de verilmiştir:

$$Y_t=a_0+a_1^X \quad (2.22)$$

d. Zaman serilerinin ayrıştırılması

Bölüm 2.3.2.2' de anlatıldığı üzere, zaman serileri; uzun dönemli genel trend (T), mevsimsel dalgalanmalar (S), konjonktür değişimleri (C) ve rasgele olaylar (I) gibi çeşitli bileşenlere sahiptir. Zaman serileri gözlenemeyen bileşenler içerdiğinden bu bileşenlerin ayrıştırılarak daha doğru analizler yapılabileceği düşüncesi literatürde kabul görmüş ve bu bileşenlerin bir ya da birkaçını barındıran uygulamalar sıklıkla kullanılmıştır. Ayrıştırma işlemi, zaman serisinin nasıl bir seyir izlediğini daha iyi anlamak, geçmiş değerler ile ilgili daha gerçekçi ve karşılaştırılabilir bilgiler elde etmek için uygulanır. İstatistiksel yönden bu ayrıştırmanın amacı sözü edilen dört elemandan her birinin, serinin aldığı değerler üzerinde ne ölçüde etkili olduğunu araştırmaktır.

Zaman serilerini ayrıştırmada kullanılan pek çok model bulunsa da en temel ve sık kullanılan modeller "Toplamsal Ayrıştırma Modeli" ve "Çarpımsal Ayrıştırma Modeli" dir. Modellerin genel gösterimi sırasıyla Denklem (2.23) ve Denklem (2.24)' te verilmektedir.

$$X_t=T_t+C_t+S_t+I_t \quad (2.24)$$

$$X_t=T_t.C_t.S_t.I_t \quad (2.25)$$

Burada;

X_t: Zaman serisinin t dönemindeki gözlem değerlerini,

T_t: Zaman serisinin t dönemindeki trend bileşenini,

C_t: Zaman serisinin t dönemindeki konjonktür bileşenini,

S_t: Zaman serisinin t dönemindeki mevsimsel bileşenini,

I_t: Zaman serisinin t dönemindeki tesadüfi (rassal) hareketler bileşenini temsil etmektedir.

Toplamsal ayrıştırma modelinde, söz konusu bileşenlerden herhangi birinin etkisi yok ise o bileşenin değeri 0 olarak kabul edilmektedir. Toplamsal modellerde mevsimsellik trendden bağımsız olduğu için dalgalanma büyüklüğü zaman içinde sabit kalmaktadır. Çarpımsal ayrıştırma modelinde ise bileşenlerden herhangi birinin etkisi yok ise o bileşenin değeri 1 olarak kabul edilmektedir. Çarpımsal modele uyan bir serinin mevsimsel dalgalanmasının büyüklüğü serinin trendine bağlı olarak zaman içinde artış ya da azalış göstermektedir.

Zaman serilerini mevsim etkisinden arındırma işlemi bahsedilen iki model için farklılık göstermektedir. Bu modellerden toplamsal ayrıştırma modelinin kullanılması durumunda mevsimsel düzleştirmesi yapılmış seriye ulaşılması için, orijinal serideki diğer bileşenlerin tahmin edilen mevsim bileşenlerinden farkı alınır. Çarpımsal ayrıştırma modelinin kullanılması durumunda ise orijinal seri tahmin edilen mevsim bileşenlerine oranlanarak mevsimsel düzleştirme yapılmaktadır. Tahmin edilen mevsim bileşenleri mevsimsel faktörler olarak adlandırılmaktadır.

Mevsimsel olarak düzleştirilmiş seri ile yapılan tahminler sonucu, mevsimsel etki barındırmayan saf bir seri elde edilecektir. Bu nedenle arındırılmış seriden elde edilen değerlere mevsimsel etki faktörleri eklenmelidir. Bu işlem toplamsal modelde kestirim değerleri ile mevsimsel faktörlerin toplanması, çarpımsal modelde ise çarpılması ile gerçekleştirilir [37].

2.4.2.3. Yapay zekâ tabanlı yöntemler

Yapay zekâ, insan gibi düşünebilen bilgisayar işlemleri geliştirme olarak tanımlanabilir. Başka bir ifadeyle, insana özgü algılama, görme, düşünme, karar verme, bilgi edinme gibi özelliklere sahip olan bilgisayarlardır. Yapay zekâ tabanlı yöntemler, genellikle karmaşık problemlerin çözümünde güçlü yöntemler olarak bilinmektedir. Talep tahmininde en sık rastlanan yapay zekâ yöntemleri; yapay sinir ağları, bulanık mantık ve genetik algoritmalardır.

2.4.2.4. Gri tahminleme

Gri Sistem Teorisi 1982'de Prof. Deng Ju-Long'un "Control Problems of Grey Systems" adlı çalışmasıyla ortaya çıkmıştır. Gri Sistem Teorisi, stokastik veya bulanık yöntemlerle çözülemeyen problemlere az sayıda veri ile çözüm getirebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Tahminlemede belirsiz birçok durumun var olması, gri tahminlemenin çeşitli alanlara uygulanarak başarılı sonuçlar vermesini sağlamıştır [38].

Gri sistem teorisi ve gri tahminleme çalışmanın üçüncü bölümünde ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.5. Tahmin Doğruluğunun Ölçülmesi

Tahmin yöntemleri ile yapılan tüm tahminlerde bir mutlak hata oluşmaktadır. Çeşitli tahmin modelleri arasından seçim yapılırken dikkat edilmesi gereken, modelin verilere uygun olması ve böylece modelin öngörü başarısının yüksek olmasıdır. Modellerin öngörü başarılarını karşılaştırmak üzere tahmin doğrulukları ölçülür. Yapılan tüm tahminlerde amaç, hata değerleri küçük tahmin modelini oluşturabilmektir.

Literatürde birçok hata parametresi tanımlanmış olup hangisinin dikkate alınması gerektiği hususunda bazı ölçütler bulunmaktadır. Bu çalışmada ele alan hata istatistikleri Denklem (2.26), (2.27) ve (2.28)' de ifade edilmiştir.

a. Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE): Hataların mutlak değerleri ortalamasının, gerçek değerlerin yüzdesi olarak gösterilmesidir.

$$MAPE=\frac{\sum\left|(Y_t-\hat{Y}_t)\right|/Y_t}{n}.100;Y_t\neq 0 \qquad (2.26)$$

b. Ortalama hata kare (MSD)

$$MSD=\frac{\sum\left|(Y_t-\hat{Y}_t)\right|^2}{n} \qquad (2.27)$$

c. Ortalama mutlak sapma (MAD)

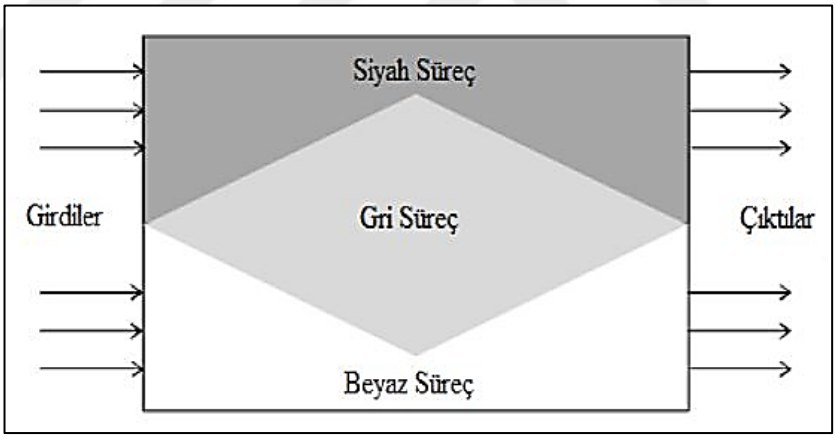
$$MAD=\frac{\sum\left|Y_t-\hat{Y}_t\right|}{n} \qquad (2.28)$$

Hata değerlerinin büyüklükleri benzer ise MSD dikkate alınabilir. Hata değerlerinin birimleri birbirinden farklıysa, örneğin bir tahmin modeli gerçek değerleri kullanıyor

iken bir başka tahmin modeli normalize edilmiş değerleri kullanıyorsa ortalama mutlak yüzde hata (MAPE)'dan yararlanılabilir. MAPE istatistiği, farklı birimlere sahip modellerin karşılaştırılabilmesine olanak sağlar. MAPE' nin öngörü hatalarını yüzde olarak ortaya koyması ve bu nedenle tek başına bir anlama sahip olması diğer kriterlere göre üstünlüğüdür. Aslay ve Özen, Lewis' in "Talep Tahminleri" kitabından yaptıkları alıntıda, MAPE değeri %10' dan küçük olan modellerin "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modellerin "iyi", %20 ile %50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" olarak sınıflandırıldığını belirtmişlerdir [39].

3. GRİ SİSTEM TEORİSİ (GST)

Gri sistem teorisi (GST) 1980'li yılların ilk yarısında, hakkında tam bilgiye ulaşmanın mümkün olmadığı ve veri sayısı az problemlerde kullanılmak üzere disiplinlerarası bir sistem yaklaşımı olarak Deng Ju-Long tarafından geliştirilmiştir. Teorinin ortaya konmasındaki temel amaç, stokastik ve bulanık yöntemlerle çözülemeyen belirsiz sistem davranışlarını, sınırlı sayıda veri ile tahminleyebilmektir. Teoriye "gri" isminin verilmesinin sebebi incelenen konuda tam bilgi sahibi olunamamasıdır [40]. GST'ye göre, bir sistemde girdi ve çıktılar arasındaki ilişkilerin bilindiği fakat davranışların bilinmediği yapı "siyah"; tüm ilişki ve davranışların bilindiği yapı "beyaz" olarak tanımlanır. Eğer var olan sistemin davranışı kısmen bilinen bir durum içeriyorsa bu yapı ise "gri" süreç olarak tanımlanır. Süreç yaklaşımına göre teorinin temel yapısı Şekil 3.1' de verildiği gibidir [41].



Şekil 3.1. Gri sistem genel yapısı [41]

Tablo 3.1' de beyaz, gri ve siyah sistemler çeşitli özellikleri itibariyle karşılaştırılmıştır [42]:

Tablo 3.1. Siyah, gri ve beyaz sistemlerin karşılaştırılması [1]

	Beyaz	Gri	Siyah
Bilgi	Biliniyor	Eksik	Bilinmiyor
Görünüm	Parlak	Gri	Karanlık
Süreç	Eski	Geçiş süreci	Başlangıç
Özellik	Düzenli	Karmaşık	Kaos

Tablo 3.1. (Devam) Siyah, gri ve beyaz sistemlerin karşılaştırılması [1]

	Beyaz	Gri	Siyah
Yöntem	Olumlu	Değişken	Olumsuz
Davranış	Katı	Tolerans	Hoşgörü
Sonuç	Tek çözüm	Birden fazla çözüm	Yok

Tablo 3.1' den anlaşılacağı üzere siyah sistemlerde karışıklıklar ve belirsizlikler; beyaz sistemlerde ise net, düzenli ve sabit durumlar mevcuttur. Siyah sistemler herhangi bir çözüme yaklaşamazken, beyaz sistemlerde tek ve özgün bir çözüm elde edilmektedir. Gri sistemler ise bu iki uç durumun arasındaki geçiş sürecidir. Eksik bilgi, değişken süreçler, değişken özellikler ve toleranslı davranışlar sonucu çoklu çözümler ortaya çıkmaktadır [43].

Aşağıda bir sistemde kısmi ya da eksik bilgiye sebep olabilecek durumlar verilmektedir [40]:

1. Parametreler ile ilgili bilgilerin eksik olması,

2. Sistemin yapısı hakkındaki bilgilerin eksik olması,

3. Sistemin sınırları hakkındaki bilgilerin eksik olması,

4. Sistemin davranışları hakkındaki bilgilerin eksik olması.

GST yaklaşık olarak 30 yıl önce ortaya konmuş ve bu süre zarfında literatürdeki birçok çalışmaya konu olmuştur. GST; sosyal, ekonomik ve ekolojik sistemlere, trafik ve çevre ile ilgili problemlere, askeri konulara, endüstrideki birçok probleme ve yönetim sistemlerine uygulanarak başarılı sonuçlar vermiştir [44].

Gri sistemler karakteristik olarak olasılık, istatistik bilimleri ve bulanık matematik yaklaşımı ile açıklanamamaktadır. Bunun sebebi, gerçeğin olasılık ve istatistik ile temsil edilebilmesi için belirli özelliklere sahip dağılımlara ve yeterli sayıda veri setine ihtiyaç duyulmasıdır. Bulanık matematik ise eskiye dair bilgiler ve üyelik fonksiyonları aracılığıyla kavramsal belirsizlik içindeki problemlere bakış açısı sunar [45]. GST ile bulanık matematik arasındaki fark; GST ile incelenen nesnelerin belirli uzantı ve belirgin olmayan içsellik karakteristiğine sahip olmasıdır. Örneğin "10 ile 20 yıl arası" ifadesi, sözü edilen aralığın gerçek değerinin kesin olarak bilinememesi ancak sınırlarının kesin olarak bilinmesi itibariyle gri bir ifadedir. Tablo 3.2' de olasılık ve

istatistik, GST ve bulanık matematik arasındaki farklılıklar özet olarak gösterilmiştir [45]:

Tablo 3.2. GST, olasılık ve istatistik ve bulanık matematiğin karşılaştırılması [45]

Değişken	Olasılık&istatistik	Gri sistem teorisi	Bulanık matematik
Çalışma alanı	İstatistiksel benzerlik	Yetersiz bilgi	Kavramsal belirsizlik
Temel küme	Kantor kümeler	Gri belirsiz kümeler	Bulanık kümeler
Yöntem	Olasılık dağılımları	Bilgi kapsamı	Üyelik fonksiyonları
Prosedür	Sıklık dağılımları	Gri serilerin oluşturulması	Marjinal örneklem
Gereksinim	Belirli dağılımlar	Herhangi bir dağılım	Tecrübe
Amaç	İstatistiksel hükümler	Gerçekçi kurallar	Kavramsal ifadeler
Karakteristik	Büyük örneklem	Küçük örneklem	Tecrübe

Tablo 3.2.' deki karşılaştırma incelendiğinde, gri teorinin küçük örneklem grupları için, herhangi bir dağılıma ihtiyaç duymadan, bilgi yetersiz veya kısmi olsa dahi iyi bir yaklaşım sunması ve çözümler getirebilmesi gibi üstün özelliklere sahip olduğu söylenebilir.

3.1. Gri Sistem Uygulama Alanları

GST' nin araştırma ve uygulama metodolojisini altı temel başlık altında incelemek mümkündür. Bu başlıklar: gri üretim, gri ilişkisel analiz, gri modelleme, gri karar verme, gri kontrol ve gri tahmindir [46].

3.1.1. Gri üretim

Sistem ihtiyaçları doğrultusunda yeni bilgilerin türetilmesi gri üretim olarak adlandırılır. Karmaşık bir veri seti içinde bulunan kuralları ortaya çıkarma ve sonrasında bu kurala dayalı olarak yeni bilgiler ortaya koymadan ibarettir. Temel amacı, tüm gri sistemlerde yer alan rassallığı azaltarak, sürecin içinde bulunan düzeni sergileyebilmektir [44].

3.1.2. Gri ilişkisel analiz

İki farklı sistem ya da bir sistemin içindeki iki alt sistem arasında, zaman içinde değişen ilişki gri ilişkisel analiz ile ölçülür.

Gri ilişki, analizi yapılan öğeler arasındaki benzer veya farklı noktaları ifade eder. Gri ilişki derecesi, serilerin verilen bir referans seriden olan uzaklıklarına göre sıralanması ile belirlenirse "sınırlandırılmış gri ilişki derecesi"; seriler arasından seçilecek herhangi

bir serinin referans seri olarak belirlenip sıralamanın öz vektör yöntemi ile yapılması durumunda da “global gri ilişki derecesi” olarak adlandırılır [47].

Veri sayısının az faktör sayısının çok olduğu durumlarda istatistiksel tabanlı regresyon analizi yöntemlerinin, kesikli iki süreç arasındaki korelasyonu belirleme başarısı sınırlıdır. Gri ilişkisel analiz ise az sayıdan oluşan veri setlerinde bulunan birden çok değişken arasındaki gerek nicel gerek nitel ilişkileri değerlendirme yeteneği bakımından güçlüdür [48].

3.1.3. Gri modelleme

Yapay bir konsept yardımıyla fark şeklindeki eşitliklerin türevlenebilir eşitliklere dönüştürülmesi sürecine gri modelleme denir. Belirsizliklerin ve bilgi eksikliğinin olduğu sistemlerde; analiz, tahmin ve karar verme ile sistemin anlaşılabilmesi ve yorumlanabilmesi temeline dayanır. Gri modelleme üç farklı şekilde yapılır:

1. GM (1,1): Tek değişkenli birinci dereceden türevlenebilir eşitliklerin yer aldığı gri zaman serisi modelidir. Bu model çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

2. GM (1,N): N değişkenli birinci dereceden türevlenebilir eşitliklerin yer aldığı model olup genelde dinamik faktör analizi için kullanılır.

3. GM (0,N): N değişkenli olup türev bilgisini gerektirmeyen eşitliklerden oluşan gri model çeşididir. Çok boyutlu korelasyon analizlerinde bu yönteme başvurulabilir.

3.1.4. Gri karar verme

Karar verme, belirli bir amaç doğrultusunda farklı sonuçlara yol açacak birden fazla alternatif arasından en iyi olanın seçilmesi sürecidir. Gri karar verme, karar sürecine gri parametrelerin ilave edilmesi veya klasik karar verme yöntemlerinin gri modellerle bütünleşik olarak kullanılması ile geleneksel karar verme yöntemlerinden ayrılır. Kısaca karar probleminin çözülmesi için gri modellerin diğer yöntemlerle bütünleşik olarak kullanılması olarak da tanımlanabilir [44].

3.1.5. Gri kontrol

Gri parametreler ile oluşturulan sistemlerin kontrolü “gri kontrol” olarak adlandırılır. Bir sisteme ait veriler analiz edilerek sistemin ilerleyen dönemlerde sergileyebileceği davranışlar ortaya çıkartılır. Geleceğe dair tahmini veriler elde edildiğinde bu veriler

geri besleme amaçlı kullanılır ve yeni kontrol mekanizmaları oluşturulmuş olur. Bu sayede sistem, sergilenmesi istenen davranışlara doğru yönlendirilir [49].

3.1.6. Gri tahmin

Gri tahmin; karmaşık, kaotik ve tam olarak belirli olmayan veri setlerinin tahminlenmesi amacıyla, az sayıda veri ile yüksek tahmin doğruluğu sağlayan modeli ile klasik tahmin yöntemlerinden ayrılan güçlü bir yöntemdir. Yapay zekâ ve diğer sezgisel yöntemlerle karşılaştırıldığında ise daha az matematiksel işlem ve optimize edilmesi gereken daha az parametre gerektirmesi ile daha kullanışlı olduğu söylenebilir [50]. Gri tahmin, çalışmanın ilerleyen kısımlarında ayrı bir başlık olarak yeniden ele alınacaktır.

3.2. Gri Sayılar

Gri sistemler; gri eşitlikler, gri matrisler ve gri sayılar ile oluşturulur. Gri sayılar, gerçek değerleri tam olarak bilinemeyen ancak hangi aralıkta değer alması gerektiği bilinen sayılardır. Uygulamada gri sayı bir aralık ya da sayılar dizisi olarak kullanılır. Aşağıda gri sayı çeşitlerine yer verilmiştir [51]:

Sadece alt sınırı olan gri sayılar: Bu tür gri sayılar $\otimes \in [\underline{a}, \infty)$ veya $\otimes(\underline{a})$ şeklinde gösterilir. $\underline{A}$, gri sayının alt limit değerini temsil etmektedir.

Sadece üst sınırı olan gri sayılar: Bu tür gri sayılar $\otimes \in (-\infty, \overline{a}]$ veya $\otimes(\overline{a})$ şeklinde gösterilir. $\overline{A}$, gri sayının üst limit değerini temsil etmektedir.

Aralıklı gri sayılar: Hem alt hem de üst sınır değerine sahip gri sayılar aralıklı gri sayılar olarak ifade edilir ve $\otimes \in [\underline{a}, \overline{a}]$ şeklinde gösterilirler.

Sürekli ve kesikli gri sayılar: Belirli bir aralıkta ya da sayılabilir sayıda değer alan gri sayılar kesikli gri sayılardır. Değer kümesi bir aralığı kapsayan gri sayılar ise sürekli gri sayılardır.

Beyaz ve siyah sayılar: $\otimes \in (-\infty, \infty)$ ise $\otimes$ üst ve alt limite sahip değildir veya $\otimes \in (\otimes_1, \otimes_2)$ ise, $\otimes$ için alt ve üst limitler gri sayılardır. Bu durumda $\otimes$ siyah sayı olarak adlandırılır. $\otimes \in [\underline{a}, \overline{a}]$ ve $\underline{a} = \overline{a}$ ise bu sayı beyaz sayıdır.

Temel ve temel olmayan gri sayılar: Kendisini temsil edebilecek beyaz bir sayının bulunamayacağı gri sayılar temel gri sayılardır. Birtakım bilgiler yardımıyla beyaz bir

sayı ile temsil edilebilecek sayılar ise temel olmayan gri sayılardır. Burada sözü edilen beyaz sayı, gri sayının beyazlaştırılması ile elde edilir.

3.3. Gri İşlemler

Gri işlemler, matematikte sayı aralıkları için yapılan işlemlere benzer şekilde gerçekleştirilmektedir. $a_1<a_2$ ve $b_1<b_2$ olmak üzere $\otimes_1 \in [a_1,a_2]$ ve $\otimes_2 \in [b_1,b_2]$ iki gri sayı olsun. Bu iki sayı arasında yapılacak olan temel dört işlem alt başlıklarda verilmiştir:

3.3.1. Toplama işlemi

Gri toplama işlemi, Denklem (3.1)' de verilmiştir:

$$\otimes_1+\otimes_2 \in [a_1+b_1, a_2+b_2] \tag{3.1}$$

3.3.2. Çıkarma işlemi

Çıkarma işlemi için, çıkarılacak ifadenin toplamaya göre tersi alınarak iki ifadeye toplama işlemi uygulanır. Aralıklı sayıların toplamaya göre tersi için sınırlar eksi işareti ile çarpılırlar. Bu durumda büyüklük – küçüklük durumları değişeceğinden sınırlar yer değiştirir.

Gri çıkarma işlemi Denklem (3.2)' de verilmiştir:

$$-\otimes_2 \in [-b_2, -b_1] \rightarrow \quad \otimes_1-\otimes_2 \in [a_1 - b_2, a_2 - b_1] \tag{3.2}$$

3.3.3. Çarpma işlemi

Aralık gri sayılarda çarpma işlemi Denklem (3.3)' te gösterildiği şekilde yapılmaktadır [51]:

$$\otimes_1 . \otimes_2 \in [\min(a_1.b_1, a_1.b_2, a_2.b_1, a_2.b_2], \text{maks}(a_1.b_1, a_1.b_2, a_2.b_1, a_2.b_2] \tag{3.3}$$

Sayı ile Çarpma: $c \in R$ olmak üzere; c sayısının negatif ya da pozitif olma durumuna göre çarpma işlemleri Denklem (3.4) ve Denklem (3.5)' te verilen denklemler ile gerçekleştirilmektedir.

$$c>0 \Rightarrow c. \otimes_1 \in [c.a_1, c.a_2] \tag{3.4}$$

$$-c>0 \Rightarrow (-c). \otimes_1 \in [-c.a_2, -c.a_1] \tag{3.5}$$

Kuvvet alma: c∈R olmak üzere; c sayısının negatif ya da pozitif olma durumuna göre kuvvet alma işlemleri Denklem (3.6) ve Denklem (3.7)' de verilen denklemler ile gerçekleştirilmektedir.

$$c>0 \Rightarrow \otimes_1^{c} \in [a_1^{c}, a_2^{c}] \tag{3.6}$$

$$-c>0 \Rightarrow \otimes_1^{-c} \in \left[\left(\frac{1}{a_2}\right)^{c}, \left(\frac{1}{a_1}\right)^{c} \right] \tag{3.7}$$

3.3.4. Bölme işlemi

Gri sayılarda bölme işlemi, bölen sayının çarpmaya göre tersinin alınarak çarpma işlemi uygulanması ile gerçekleştirilir. Aralıklı sayıların çarpmaya göre tersinin alınması içinse sınırlarının çarpmaya göre tersi alınır. Bu durumda büyüklük – küçüklük durumları değişeceğinden sınırlar yer değiştirmelidir. Burada bölen sayının sınır değerlerinin çarpmaya göre tersi alınacağından, sınır değerlerinin sıfıra eşit olmaması gerekmektedir. Gri bölme işlemi Denklem (3.8)' de verilmiştir:

$$\otimes_2^{-1} \in \left[\frac{1}{b_2}, \frac{1}{b_1}\right] \Rightarrow \otimes_1 . \otimes_2^{-1} \in [\min\left(\frac{a_1}{b_1}, \frac{a_1}{b_2}, \frac{a_2}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}\right), \text{maks}\left(\frac{a_1}{b_1}, \frac{a_1}{b_2}, \frac{a_2}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}\right)] \tag{3.8}$$

3.4. Gri Sayıların Beyazlaştırılması

Gri sayıların, beyazlaştırma fonksiyonları yardımıyla belirgin beyaz sayılara dönüştürülmesi işlemine gri sayıların beyazlaştırılması denilmektedir. Literatürde gri sayıların beyazlaştırılması için iki yöntem üzerinde durulmaktadır. İlki, belirli bir a sayısı etrafında değişen ⊗(a) gri sayısıdır. "a" sayısı etrafındaki değişim değeri ε_a olarak alınırsa; ⊗(a) gri sayısı Denklem (3.9)'daki gibi olacaktır.

$$\otimes(a)=a+\varepsilon_a \tag{3.9}$$

Burada yer alan değişim değerinin $\varepsilon_a = 0$ olarak alınması durumunda ⊗(a), beyaz sayı olacaktır. Beyazlaştırılmış gri sayı değeri $\tilde{\otimes}$ ile ifade edilmek üzere, ⊗(a) gri sayısının beyazlaştırılmış değeri aşağıda verilen Denklem (3.10) ile ifade edilebilir.

$$\tilde{\otimes}(a)=a \tag{3.10}$$

Bunun yanı sıra ikinci tip beyazlaştırma, alt ve üst sınıra sahip olan aralık gri sayılar için uygulanan beyazlaştırma işlemidir. $\otimes \in [a_1,a_2]$ bir aralık gri sayı olmak üzere beyazlaştırma değeri Denklem (3.11)' de verilen formül yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$\tilde{\otimes}=\alpha.a_1+(1-\alpha).a_2 \quad (3.11)$$

Burada yer alan α değeri 0 ile 1 arasında değerler almakta ve ağırlık değeri olarak ifade edilmektedir. Eğer ağırlık değeri α 0,5 olarak alınırsa, beyazlaştırma değeri "eşit ağırlıklı ortalama beyazlaştırma" olarak ifade edilir.

Ağırlık değeri her zaman 0,5 olmak durumunda değildir. Bazı durumlarda, veri özellikleri de dikkate alınarak farklı beyazlaştırma ağırlık fonksiyonları oluşturulmaktadır. Beyazlaştırma işleminde kullanılacak olan ağırlık değerleri de bu beyazlaştırma ağırlık fonksiyonları yardımı ile elde edilmektedir [52].

Köse [52] üzerinde çalıştığı gri fonksiyonun durulaştırılması için önce eşit ağırlıklı ortalama durulaştırma yöntemi, ardından da Mahata ve Goswami (2009) tarafından önerilen bulanık programlama yaklaşımını ele alarak; aralıklı sayıların sıralama ilişkisi ile gri fonksiyonu önce eşdeğer çok amaçlı deterministik modele dönüştürmüş, ardından çok amaçlı deterministik modelin çözümü için bulanık matematiksel programlama yöntemini kullanmıştır. Sonuç olarak, çok daha kolay bir yöntem olan eşit ağırlıklı ortalama durulaştırma yönteminin, önerilen yöntem ile aynı ve daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

3.5. Gri Tahmin

İşletmeler için kontrol edilmesi en zor belirsizliklerin başında talepte meydana gelen değişiklikler gelmektedir. Geçmiş dönem verilerinin iyi analizi ile uygulanacak doğru bir talep tahmin metodu ve etkin bir emniyet stoku politikası firmanın bu belirsiz süreci iyi yöneterek rakiplerinden bir adım öne çıkmasını sağlayabilir [41].

Tahminleme sırasında birçok belirsiz durumla karşılaşılması üzerine literatürde gri tahminleme yöntemleri geliştirilmiştir [47].

Sistem öğelerinin davranışları ile ilgili yeterli tecrübenin olmadığı ve/veya bilgiye sınırlı olarak ulaşılan durumlarda gri tahmin yöntemi, başarılı sonuçlar üretebilir. Bu yöntem gri modeller ile elde bulunan verileri kullanarak geleceğe dair tahminleme yapabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Gri tahmin modelleri çeşitli özelliklerine göre altı başlık altında incelenir [46]:

1. Seri tahmini: Bir sistemde yer alan değişkenlerin ilerleyen dönemlerde sergileyebileceği davranışları tahminlemek için genellikle GM (1,1) ile gerçekleştirilen tahminlemedir.

2. Aralık tahmini: Kaotik sistemleri tahminlemek için kullanılan klasik modellerin simülasyon sonuçları genelde kesin değerler üretecek kadar başarılı değildir. Bu tür durumlarda parametrelerin alacağı değerlerin kesin değerler yerine belirli bir aralıkta tahmin edilmesi daha doğru olacaktır. Bu amaç için geliştirilen modeller de aralık tahmin modelleri olarak adlandırılır.

3. Felaket tahmini: Bir sistemde ortaya çıkabilecek normalden farklı davranışları tahminleme ve bu davranışların ne zaman ortaya çıkabileceğinin belirlenmesi amacıyla kullanılır.

4. Dönemsel tahmin: Sistemlerin, “mevsim” olarak tanımlanan belirli dönemler içinde sergileyecekleri davranışları tahminlemek için kullanılır. Örneğin, Türkiye’ nin bir bölgesinde kış aylarında yağacak yağmur miktarının veya sonbahar aylarında gözlenecek sis miktarının tahmini dönemsel tahmin olur.

5. Stok-market tarzı tahmin: Bazı serilerde veriler büyük dalgalanmalar şeklinde seyreder. Bu tür veri setleri için tahmin modeli oluşturmak oldukça zordur. Bu gibi durumlarda aralık tahmini ile de yeterince doğru sonuçlar elde edilemiyorsa ham verilerin sergilediği dalgalı yapı göz önünde bulundurularak benzer bir seyrin oluşturulması faydalı olacaktır. Bu şekilde oluşturulan tahmin modellerine stok-market tahmin modeli denir.

6. Sistem tahmini: Birbiri ile ilişkisi bulunan birden çok faktör ve değişkenden oluşan karmaşık sistemlerin ileride sergileyebileceği seyri ortaya çıkarmak amacıyla GM (1,1) ve GM (1, N) modellerinin bir arada kullanıldığı tahminlerdir.

Son yıllarda, GST tahminleme için en az geleneksel yöntemler kadar sık tercih edilmektedir. Bunun en büyük sebebi, gri teorinin sadece dört veriye sahip problemler için bile yaklaşımda bulunabilmesidir. GST, öncelikle ilişkisel analizi kullanarak belirsiz ve eksik veri setine sahip sistemlerde modellerin oluşturulmasını; sonrasında da, tahmin ve karar verme yöntemleri ile sistemin durumunun araştırılmasını sağlar [51].

Bölüm 2’ de incelenen geleneksel tahmin yöntemleri doğru sonuçlar elde edebilmek için, çok sayıda geçmiş dönem verisine ve bu verilerin istatiksel dağılımlar ile tanımlanmasına gereksinim duyar. Bu yöntemlerden farklı olarak gri tahmin yöntemi, veri seti ile ilgili katı varsayımlara gerek duymaz. GST’ nin bu özelliği veri toplanmasında kolaylık sağlayarak, tahmin için gerek duyulan süreyi ve dolayısıyla

tahmin maliyetlerini azaltır. Tablo 3.3' te sıklıkla kullanılan klasik tahmin yöntemleri ile gri tahmin yöntemi dört temel özellik bakımından karşılaştırılmıştır [45]:

Tablo 3.3. Gri tahmin yönteminin klasik yöntemlerle karşılaştırılması [45]

	Gereken minimum gözlem	Örneklem türü	Örneklem aralığı	Matematiksel zorluk
Basit üssel fonksiyonlar	5-10	Aralık	Kısa	Temel
Regresyon analizi	10-20	Trend	Kısa	Orta
Tesadüfi regresyon	10	Herhangi bir tip	Uzun	Gelişmiş
Yapay sinir ağları	Çok sayıda	Aralık veya değil	Kısa	Gelişmiş
Gri tahmin modeli	4	Aralık	Uzun	Temel

3.5.1. Birikim oluşturma işlemi (BOİ)

Kaotik ve kompleks verilerde verinin kendine has niteliklerini ya da o verilere ait kuralları ortaya çıkarmak için birikim oluşturma işlemine (BOİ) başvurulmaktadır. BOİ süreci gri sistemlerde başvurulan bir beyazlaştırma yöntemidir. BOİ Denklem (3.12), (3.13), (3.14), (3.15), (3.16) ve (3.17)' de verilmiştir.

$X^{(0)}$ negatif olmayan bir veri serisi ve D bir dizi operatörü olmak üzere;

$$X^{(0)}=(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),\ldots,x^{(0)}(n)) \quad (3.12)$$

$$X^{(0)}D=(x^{(0)}(1)d, x^{(0)}(2)d, x^{(0)}(3)d,\ldots,x^{(0)}(n)d) \quad (3.13)$$

olur. Burada;

$$x^0(k)d=\sum_{i=1}^{k} x^0(i),\ k=1,2,\ldots,n \quad (3.14)$$

olmak üzere, D $X^{(0)}$ serisinin birinci dereceden birikim oluşturma operatörüdür ve 1-BOİ olarak gösterilir. D^r, $X^{(0)}$'ın r. dereceden operatörü ise r kez D operatörünün uygulanması ile elde edilir ve r-BOİ olarak gösterilir.

$$X^{(0)}D= X^1=(x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3),\ldots,x^{(1)}(n)) \quad (3.15)$$

$$X^{(0)}D^r = X^{(r)}=(x^{(r)}(1), x^{(r)}(2), x^{(r)}(3),\ldots,x^{(r)}(n)) \quad (3.16)$$

olur. Burada;

$$x^r(k)=\sum_{i=1}^{k} x^{(r-1)}(i),\ k=1,2,\ldots,n \text{ 'dir.} \quad (3.17)$$

3.5.2. Ters birikim oluşturma işlemi (TBOİ)

BOİ' nin ardından orijinal verilere dönmek için gereken işlemdir. Ters birikim oluşturma işlemi (TBOİ) Denklem (3.18), (3.19), (3.20), (3.21), (3.22) ve (3.23) aracılığıyla gerçekleştirilir.

$X^{(0)}$ negatif olmayan bir veri serisi ve D bir dizi operatörü olmak üzere;

$$X^{(1)}=(x^{(1)}(1), x^{(1)}(2),x^{(1)}(3),\ldots,x^{(1)}(n)) \quad (3.18)$$

ve

$$X^{(0)}\bar{D}=X^{(0)}=(x^{(1)}(1)\bar{d}, x^{(1)}(2)\bar{d}, x^{(1)}(3)\bar{d},\ldots,x^{(1)}(n)\bar{d}) \quad (3.19)$$

Burada;

$$x^{(1)}(k)\bar{d}=x^{(1)}(k)- x^{(1)}(k-1),\ k=1,2,3,\ldots,n \quad (3.20)$$

ve $\bar{D}$ $X^{(1)}$ serisinin birinci dereceden ters birikim oluşturma operatörüdür ve 1-TBOİ olarak gösterilir. $\bar{D}^r$, $X^{(r)}$' nin r. dereceden operatörü ise r kez $\bar{D}$ operatörünün uygulanması ile elde edilir ve r-TBOİ olarak gösterilir.

$$X^{(1)}\bar{D}= X^{(0)}=(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3),\ldots,x^{(0)}(n)) \quad (3.21)$$

ve

$$X^{(r)}\bar{D}= X^{(r-1)}\bar{D}^{r-1}=(x^{(r-1)}(1), x^{(r-1)}(2), x^{(r-1)}(3),\ldots,x^{(r-1)}(n)) \quad (3.22)$$

Burada

$$x^{(r-1)}(k)=x^{(r)}(k)- x^{(r)}(k-1),\ k=1,2,3,\ldots,n \text{ 'dir.} \quad (3.23)$$

3.5.3. Gri diferansiyel denklemler

Denklem (3.24)'te verilen diferansiyel denklemi ele alalım:

$$\frac{dx}{dt}+ax=b \tag{3.24}$$

x arkaplan değeri; a ve b ise diferansiyel denklemin parametreleridir.

$$x^{(0)}(k)+a.z^{(1)}=b \tag{3.25}$$

Denklem (3.26) bir gri diferansiyel denklemdir.

$$z^{(1)}(k)=0,5.x^{(1)}(k) + 0,5.x^{(1)}(k-1) \tag{3.26}$$

3.5.4. GM (n, m) modeli

Gri modeller, bir sistemin gerçek matematiksel modeline ihtiyaç duymadan sistemin gelecek dönem çıktılarını tatmin edici bir doğruluk ile tahminleyebilirler. GST'de GM (n, m), n dereceli ve m değişkenli bir diferansiyel denklemin gri modelini temsil eder.

3.5.5. GM (1,1) modeli

Birçok gri model tanımlanmasına rağmen, hesaplama kolaylığı ve yüksek etkinliği sebebiyle literatürde en çok tercih edilen model GM (1,1) modelidir. Bu gri model tek bir değişkenle oluşturulduğu ve kümülatif hesaplama operasyonu (KHO) ile elde edilen verilerin eşleştirilmesinde birinci dereceden diferansiyel denklem kullanıldığı için bu şekilde gösterilir. GM (1,1) sadece pozitif veri serilerine uygulanabilen bir zaman serisi modelidir.

Tahmin yapmak için, veriler BOİ operatörü ile kümülatif bir seriye dönüştürülür. Gerekli matematiksel işlemlerin yapılmasının ardından diferansiyel denklem çözülerek tahmin değerleri elde edilir. Bu tahmin değerleri kümülatif formda olacağından TBOİ ile normale çevrilir ve bulunan değerler serinin tahmin değerleri olarak elde edilir [54].

GM (1,1) yönteminin adımları aşağıda verilmiştir:

Adım 1. Başlangıç verileri kullanılarak aşağıda gösterilen $X^{(0)}$ ham veri seti oluşturulur.

$X^{(0)}=(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),\ldots,x^{(0)}(n))$

Adım 2. Birinci dereceden toplam üretim operatörü kullanılarak $X^{(1)}$ oluşturulur.

$$x^1(k)=\sum_{i=1}^{k} x^{(0)}(i),\ \text{İ}=1,2,\ldots,n$$

$X^{(1)}=(x^{(1)}(1), x^{(1)}(2),x^{(1)}(3),\ldots,x^{(1)}(n))$

Adım 3. Birinci dereceden ortalama değer üretim operatörü kullanılarak $Z^{(1)}$ oluşturulur.

$z^{(1)}(k)=0,5.x^{(1)}(k) + 0,5.x^{(1)}(k-1)$

$Z^{(1)}=(z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), z^{(1)}(4),\ldots,z^{(1)}(n))$

Adım 4. $x^{(0)}(k)+a.z^{(1)}=b$ eşitliğinde yer alan a ve b parametreleri tahmin edilir.

Parametre değerleri EKKY yöntemi ile aşağıda verilen Denklem (3.27), (3.28), (3.29) ve (3.30) kullanılarak hesaplanır.

$x^{(0)}(2) + a.z^{(1)}(2)=b$

$x^{(0)}(3) + a.z^{(1)}(3)=b$ (3.27)

...

$x^{(0)}(n) + a.z^{(1)}(n)=b$

Yukarıda verilen denklem sistemleri matris formuna dönüştürülmek istendiğinde Y=B.â eşitliği elde edilir. Y, B ve â değerlerinin matris karşılıkları aşağıdaki gibi olur:

$$B = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ -Z^{(1)}(4) & 1 \\ \cdots & \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (3.28)$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (3.29)$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

GM (1,1)' in parametre değerlerine karşılık gelen â vektörünü elde edebilmek için sırası ile Denklem (3.31), (3.32) ve (3.33)' te tanımlanan matris işlemleri gerçekleştirilir.

$$Y=B.\hat{a} \quad (3.31)$$

$$B^T.Y=B^T.B.\hat{a} \quad (3.32)$$

$$\hat{a}= \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} =(B^T.B)^{-1}.B^T.Y \quad (3.33)$$

Adım 5. Denklem (3.34)' te gösterilen 1. Dereceden türevlenebilir eşitlik çözülür ve tahmin modelleri Denklem (3.35) ve Denklem (3.36)' daki gibi elde edilir:

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk}+ax^{(1)}(k)=b \quad (3.34)$$

$$\widehat{x^{(1)}}\,(k+1)=\left(x^{(0)}(1)\right).e^{-ak}+\frac{b}{a}\left(1-e^{-ak}\right) \quad (3.35)$$

$$\widehat{x^{(0)}}\,(k+1)=(1-e^{a}).\left[x^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right].e^{-ak} \quad (3.36)$$

Adım 6. Adım 5' te gösterilen tahmin modelleri ile tahmin değerleri üretilir.

Adım 7. Tahmin modelinden elde edilen hata payı belirlenir ve belirlenen hata payına göre modelin gelecek tahmin değerlerini üretmek için kullanılıp kullanılamayacağı test edilir [45].

3.5.6. Yuvarlama mekanizmalı GM (1,1) modeli (RM (1,1))

GM (1,1) ile tahminde bulunmak için elde bulunan tüm veri kümesi kullanılır. Kaotik verilere sahip veri setlerinde tahminde bulunulurken tahmin doğruluğunu artırmak için yalnızca güncel verilerin kullanılması önerilmektedir. Yuvarlamalı GM (1,1) (RM (1,1))

modeli, bu yaklaşımı sağlamak için kullanılan bir yöntemdir. Sabit veri sayısını korurken tarihsel verilerin birikimini önlemek için önerilen Yuvarlamalı GM (1,1) yönteminde, k<n olmak üzere $x^{(0)}(k+1)$ tahmini $X^{(0)}=(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),\ldots,x^{(0)}(k))$ ile yapılır. Sonuç bulunduktan sonra en eski veri, veri setinden çıkarılarak $x^{(0)}(k+1)$ verinin sonuna eklenir ve işlem tekrarlanır. Bir sonraki döneme ait $x^{(0)}(k+2)$ tahmin değeri $X^{(0)}=(x^{(0)}(2), x^{(0)}(3),x^{(0)}(4),\ldots,x^{(0)}(k+1))$ kullanılarak elde edilir.

Yukarıda açıklanan gri model, birçok veri seti için başarılı sonuçlar verse de özellikle üssel büyümeye sahip veri grupları olmak üzere bazı veri setlerinde sınırlı bir uygulanabilirliğe sahiptir. Bunu önlemek için modelde aşağıdaki alt başlıklarda açıklanan üç açılım geliştirilmiştir:

3.5.6.1. Ayrık gri model (DGM)

Ayrık gri model, RM (1,1) modelinin sınırlılıklarını ortadan kaldırmak için geliştirilen ilk açılım olup Denklem (3.37)'de verilmiştir. EKKY yönteminden yola çıkılarak β_1 ve β_2 parametreleri Denklem (3.38), (3.39) ve (3.40) ile tahmin edilebilir [55].

$$\hat{x}^{(1)}(k+1)=\beta_1 x^1(k)+\beta_2 \tag{3.37}$$

$$\hat{\beta}=\begin{bmatrix}\beta_1\\ \beta_2\end{bmatrix}=\left(B^T B\right)^{-1}\left(B^T Y\right) \tag{3.38}$$

$$B=\begin{bmatrix} x^{(1)}(1) & 1\\ x^{(1)}(2) & 1\\ x^{(1)}(3) & 1\\ \ldots & \\ x^{(1)}(n-1) & 1\end{bmatrix} \tag{3.39}$$

$$Y=\begin{bmatrix}x^{(1)}(2)\\ x^{(1)}(3)\\ x^{(1)}(4)\\ \ldots\\ x^{(1)}(n)\end{bmatrix} \tag{3.40}$$

$x^{(1)}(1)=x^{(0)}(1)$ olmak üzere, (k+1). dönem Denklem (3.41) ile tahminlenir.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k) \tag{3.41}$$

3.5.6.2. Optimize ayrık gri model (ODGM)

Liu ve Lin [56]: $\hat{x}^{(1)}(1)$ başlangıç değerini analiz ederek, bu değişkendeki küçük bir değişimin çok farklı sonuçlara yol açtığını fark etmiş ve bu etkiyi ortadan kaldırmak için β_3 parametresini tanımlamıştır. RM (1,1) modelinde ikinci açılım olan başlangıç noktası sabit optimize ayrık gri model Denklem (3.42)'de gösterilmektedir:

$$\begin{cases} \hat{x}^{(1)}(k+1)=\beta_1\hat{x}^{(1)}(k)(k)+\beta_2 \\ \hat{x}^{(1)}(1)=x^{(1)}(1)+\beta_3 \end{cases} \tag{3.42}$$

Denklem (3.38)' de bulunan β_1 ve β_2 bir önceki başlıkta verilen denklemler ile hesaplanır. Hata kareleri toplamını en küçükleyecek β_3 ise Denklem (3.43) yardımıyla tahminlenir:

$$\beta_3=\frac{\sum_{k=1}^{n-1}\left[x^{(1)}(k+1)-\beta_1 x^{(1)}(1)-\left(\frac{1-\beta_1{}^{k}}{1-\beta_1{}^{k}}\right).\beta_2\right]\beta_1{}^{k}}{1+\sum_{k=1}^{n-1}(\beta_1{}^{k})^{2}} \tag{3.43}$$

Ayrık gri modele benzer olarak, $x^{(1)}(1)=x^{(0)}(1)$ olmak üzere (k+1). dönem Denklem (3.44) ile tahminlenir.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k) \tag{3.44}$$

3.5.6.3. Homojen olmayan ayrık gri model (NDGM)

k=1,2,...,n olmak üzere $x^{(0)}(k)\approx a.c^{k}$ olan seriler için RM (1,1) modelinde üçüncü açılım olan homojen olmayan ayrık gri model (NDGM) Denklem (3.45)' teki gibi önerilmiştir:

$$\begin{cases} \hat{x}^{(1)}(k+1)=\beta_1\hat{x}^{(1)}(k)+\beta_2 k+\beta_3 \\ \hat{x}^{(1)}(1)=x^{(1)}(1)+\beta_4 \end{cases} \tag{3.45}$$

β_1, β_2 ve β_3 EKKY yardımıyla Denklem (3.46) ile bulunur:

$$\hat{\beta}=[\beta_1,\beta_2,\beta_3]^{T}=(B^{T}B)^{-1}.B^{T}Y \tag{3.46}$$

Önceki modellere benzer olarak, B ve Y sırasıyla Denklem (3.47) ve Denklem (3.48)' de tanımlanmıştır:

$$B=\begin{bmatrix} x^{(1)}(1) & 1 & 1 \\ x^{(1)}(2) & 2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ x^{(1)}(n-1) & n-1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.47)$$

$$Y=\begin{bmatrix} x^{(1)}(2) \\ x^{(1)}(3) \\ x^{(1)}(4) \\ \dots \\ x^{(1)}(n) \end{bmatrix} \quad (3.48)$$

Denklem (3.45)' in optimize edilmesi ile β_4' ün tahminlenmesi gerekir. Denklem (3.49)' un çözümü Denklem (3.50)' de verildiği gibidir [55]:

$$\min \beta_4 \sum_{k=1}^{n} [\hat{x}^{(1)}(k)- x^{(1)}(k)]^2 \quad (3.49)$$

$$\beta_4=\frac{\sum_{k=1}^{n-1} [x^{(1)}(k+1)-\beta_1{}^k x^{(1)}(1)- \beta_2 \sum_{j=1}^{k} j\beta_1{}^{k-j}- \left(\frac{1-\beta_1{}^k}{1-\beta_1}\right).\beta_3]\beta_1{}^k}{1+\sum_{k=1}^{n-1} (\beta_1{}^k)^2} \quad (3.50)$$

3.5.6.4. GM (1,1) modelinde hata teriminin fourier serileri ile düzeltilmesi (FGM)

a. Bir fonksiyonun Fourier serilerine açılımı: Bir f(x) fonksiyonu periyodik ise fonksiyonun T periyodu aşağıda verilen Denklem (3.51)' i sağlayan en küçük pozitif sayıdır:

$$f(x)=f(x+T) \ (-\infty<x<\infty) \quad (3.51)$$

Fourier analizinin esas teoremine göre; periyodik bir f(x) fonksiyonu periyot içinde sonlu sayıda noktalar dışında tek değerli olarak tanımlı, sonlu sayıda ekstremum taşıyan, kendisi ve birinci türevi parça parça sürekli ise Denklem (3.52) şeklinde tanımlanan seri, düzgün olarak f(x) fonksiyonuna yakınsar. f(x) fonksiyonun bu şekildeki açılımına Fourier açılımı; a_k ve b_k katsayılarına Fourier katsayıları; seriye ise Fourier serisi adı verilir. Fourier serisi süreksizlik noktalarında fonksiyonun sağ ve sol değerlerinin ortalamasına yakınsar [57].

$$f(x)=\frac{1}{2}a_0+\sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(\omega kx) + b_k \sin(\omega kx) \quad (\omega=\frac{2\pi}{T}) \quad (3.52)$$

b. FGM modeli

Gri modellerin doğruluğunu geliştirmek için literatürde çeşitli çözümler ele alınmıştır. Fourier serileri kullanılarak gerçekleştirilen hata modifikasyonu bunlardan biridir. Bölüm 3.5.5' te açıklandığı üzere GM (1,1) modeli ile $X^{(0)}$ ham veri seti (Denklem 3.53) tahminlenerek Denklem (3.54)' te gösterilen seri elde edilir.

$$X^{(0)}=(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),\ldots,x^{(0)}(n)) \tag{3.53}$$

$$\widehat{x^{(0)}}=\left(\widehat{x^{(0)}}(2), \widehat{x^{(0)}}(3),\ldots,, \widehat{x^{(0)}}(n)\right) \tag{3.54}$$

Denklem (3.55)' de verilen formül ile hata hesabı yapılarak Denklem (3.56)' da verilen seri bulunur.

$$\varepsilon^{(0)}(k)=x^{(0)}(k) - \widehat{x^{(0)}}(k) \quad k=2,3,\ldots,n \tag{3.55}$$

$$\varepsilon^{(0)}=\left(\varepsilon^{(0)}(2),\varepsilon^{(0)}(3),\ldots,\varepsilon^{(0)}(n)\right) \tag{3.56}$$

Denklem (3.55), Fourier serisi ile Denklem (3.57)' de gösterildiği gibi ifade edilebilir:

$$\hat{\varepsilon}^{(0)}(k)\cong\frac{1}{2}a_0+\sum_{i=1}^{z}\left(a_i \cos\left(\frac{i2\pi}{T}k\right)+b_i \sin\left(\frac{i2\pi}{T}k\right)\right) \quad k=2,3,..,n \tag{3.57}$$

Denklem (3.57)' de verilen "z" ve "T" parametreleri sırasıyla Denklem (3.58) ve (3.59) yardımıya hesaplanır [58].

$$z=\left(\frac{n-1}{2}\right)-1 \tag{3.58}$$

$$T=n-1 \tag{3.59}$$

Denklem (3.58)'de verilen "z", Fourier serilerinin minimum dağılım sıklığıdır ve formülden elde edilen değerin tamsayı kısmına eşit alınır [59].

Denklem (3.57), Denklem (3.60)' ta gösterildiği gibi yeniden yazılabilir:

$$\hat{\varepsilon}^{(0)}\cong P.C \tag{3.60}$$

P ve C matrisleri sırasıyla Denklem (3.61) ve (3.62)' de gösterildiği gibi tanımlanabilir:

$$P=\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi x1}{T}2\right) & \sin\left(\frac{2\pi x1}{T}2\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi xz}{T}2\right) & \sin\left(\frac{2\pi xz}{T}2\right) \\ \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi x1}{T}3\right) & \sin\left(\frac{2\pi x1}{T}3\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi xz}{T}3\right) & \sin\left(\frac{2\pi xz}{T}3\right) \\ & & & \dots & & \\ \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi x1}{T}n\right) & \sin\left(\frac{2\pi x1}{T}n\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi xz}{T}n\right) & \sin\left(\frac{2\pi xz}{T}n\right) \end{bmatrix} \quad (3.61)$$

$$C=[a_0,a_1,b_1,a_2,b_2,\dots,a_z,b_z]^T \quad (3.62)$$

Denklem (3.60)' daki eşitlik EKKY ile çözülürse C matrisi Denklem (3.63)' te verildiği gibi hesaplanabilir:

$$C\cong\left(P^TP\right)^{-1}P^T\varepsilon^{(0)} \quad (3.63)$$

Son olarak Fourier serileri düzeltmesi aşağıdaki Denklem (3.64) yardımıyla elde edilir [59]:

$$\hat{x}_F^{(0)}(k)=\hat{x}^{(0)}(k)+\hat{\varepsilon}^{(0)}(k)\ k=2,3,\dots,n+1 \quad (3.64)$$

3.6. Literatür Özeti

Bilim ve teknolojideki hızlı gelişmelere paralel olarak 20. yüzyıldan itibaren sistem teorisi, bilgi teorisi, bulanık matematik ve dinamik sistemler gibi birçok sistem teorisi geliştirilmiştir. GST de bir sistem teorisi olarak 1982 yılında Prof. Deng Ju-Long tarafından "Control Problems of Grey Systems" (Gri Sistemler ile Kontrol Problemleri) başlıklı araştırma makalesi ile ortaya çıkmıştır. Sonrasında teori, farklı uygulama alanlarında birçok bilim insanı tarafından yapılan çalışmalarla geliştirilmiştir. GST, belirsiz durumları sayısallaştıran bir yöntem olarak özellikle Bulanık Mantık yaklaşımına alternatif bir metottur. İlk olarak Cheng (1986) tarafından parametre değerleri tam olarak bilinemeyen bir sistem için geleneksel ve entegre gri tahminleme yapan denetleyici bir sistem geliştirilmiştir. 1989 yılında Deng tarafından kaleme alınan "Gri Sistem Teorisine Giriş" (Introduction to Grey System Theory) başlıklı makale ile de GST' nin matematiksel işlemleri ile yapılan uygulamalara yoğun bir ilgi başlamıştır [47].

Bilimsel yazında gri tahminleme ile yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Hsu ve Wen [60] asya-pasifik bölgesinde uçuş pazarında yer alan on ülke çifti arasındaki havayolu yolcu trafiğini tahminlemek amacıyla GM (1,1) modelini geliştirmiştir.

GM (1,1) modeli ARIMA ve çoklu regresyondan daha iyi sonuç vermiş ve bu yöntemle 2000 yılı için büyümenin %11 oranında olacağı tahmin edilmiştir.

Lin vd. [61] yaptıkları çalışmada; Markov-Fourier açılımlı gri tahminleme modeli geliştirerek bu modelin yapay sinir ağları ve bulanık mantık temelli tahminleme modellerine göre daha yüksek doğruluğa sahip sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Hsu [62] gri tahminleme yöntemlerini geleneksel yöntemler ile karşılaştırdığı çalışmanın sonucunda, entegre devre sistemleri için talep tahminlemesinde, GST' nin kısa dönemlik tahminler için daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Yao vd. [63] elektrik enerjisi tahminlemesi konusunda yaptıkları çalışmada çok kısa dönemler için elektrik talebinin tahminlemesine yönelik gri tabanlı adaptif bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Hsu ve Chen [64], Tayvan'ın enerji talebi için geliştirdikleri gri tabanlı tahminleyici ile daha iyi tahminleme doğruluğu elde etmişlerdir. Akay ve Atak [65] tarafından yapılan çalışma ile ise Türkiye elektrik talebinin yuvarlanma (rolling) mekanizmalı gri tahminleme sistemi ile tahminlemesi gerçekleştirilmiştir.

Lin vd. [66] tarafından geliştirilen yöntemde; birinci aşamada, faktör analizi gerçekleştirilmekte ve ikinci aşamada niteliksel ölçüden niceliksel ölçüye gri ilişki derecesi kullanarak dönüşüm sağlanmaktadır. Üçüncü aşamada ise, birinci aşama sonuçlarına göre tahminleme prosedürü uygulanmaktadır. Chiou vd. [67] ise, Tayvan donanması yedek parça stoklarının kontrolü için yaptıkları çalışmada, sadece talep miktarını belirlemek için gri tahminleme modeli ile malzeme gereksinimi üzerinde bir çalışma yapmışlardır.

Trivedi ve Singh [68] tarafından yapılan çalışmada, uzun süreli su kaynakları verilerinin güvenilirliği konusunda gelişmekte olan ülkeler açısından Hindistan örneği üzerinde gri sistem teorisi uygulanmış ve diğer istatistiksel metotlara göre diferansiyel hidrolojik gri modelin daha yüksek tahmin doğruluğunda olduğu gösterilmiştir.

Wang ve Hsu [69] ise; Tayvan'da yüksek teknoloji sektöründen trendleri ve çıktıları tahminlemeye yönelik genetik algoritma kullanan bir gri sistem teorisi geliştirmişlerdir. Tahminleme hatasının minimize edilmesinin amaçlandığı çalışma, entegre devre endüstrisi üzerinde yapılan bir uygulama ile desteklenmiştir.

Huang ve Jane [70], hisse senedi tahminlemesi ve portföy seçimi için eksojen otoregresif hareketli ortalama (ARX), gri sistem ve kaba küme (RS) teorilerini

kullanarak hibrit bir model geliştirmişlerdir. Sonuçta, seçilen hisse senetlerinde geri dönüş oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kayacan vd. [71] 2005-2007 yıllarını kapsayacak şekilde Euro ve Dolar paritesini gri tabanlı zaman serisi analizi ile tahmin etmişlerdir. Sonuç olarak gri tabanlı sistemin Fourier serisine göre daha iyi tahminleme yaptığını göstermişlerdir.

Askari ve Askari [72], gri zaman serisi modeli olarak altın fiyatlarının tahminlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Fourier serisi kullanarak yapılan geliştirme, ARIMA (Box-Jenkins) modeli ile performansları değerlendirmişlerdir. Sonuçta, geliştirilen gri yöntemin daha iyi olduğunu sayısal bir örnek ile göstermişlerdir.

Üretim planlama ve kontrol sürecinde farklı bir çalışma olarak ekonomik sipariş miktarı modellerinin gri sistem teorisi ile kullanıldığı Köse vd. [73] tarafından yapılan çalışmada klasik ekonomik sipariş miktarı modelinde sipariş ile elde bulundurma maliyetleri grileştirilmiş sonrasında aynı sistem bulanık mantık ile çözümlenerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Zhao ve Guo' nun [74] gerçekleştirdikleri çalışmada yıllık elektrik yükü tahmini için yuvarlama mekanizmalı gri model (RM (1,1)) parçacık sürü optimizasyonu ile optimize edilerek hibrit bir model geliştirmiştir. Yazarların Rolling-ALO-GM (1,1) adını verdikleri model uygulamada başarılı sonuçlar vermiştir.

Ma ve Liu [75] Çin' in doğal gaz tüketimini tahminlemek için yeni bir model önererek bu yöntemin verdiği sonuçları yaygın olarak kullanılan diğer tahmin yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmıştır. Önerilen model, gri sistem teorisine dayanan TDPGM (1,1) olarak kısaltılmış zaman gecikmeli polinom gri tahmin modelidir. Elde bulunan verilerden 1995' ten 2004' e kadar olanlar tahmin modelini oluşturmak için; 2005' ten 2013' e kadar olan veriler ise modelin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmıştır. Sonu olarak TDPGM (1,1) modelinin diğer modellerden daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada son olarak, TDPGM (1,1) modeli kullanılarak 2014-2020 yılları arasında gerçekleşecek doğal gaz tüketimi tahminlenmiş ve önceki araştırma sonuçlarından farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Hu [76] önemli bir ekonomik endeks olan elektrik tüketimi ile ilgili çalışmak için nöral-ağ tabanlı GM (1,1) modeli geliştirmiş ve bu modeli NNGM (1,1) olarak adlandırmıştır. NNGM (1,1) modelini Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Asya-Pasifik

Ekonomik İşbirliği enerji veri tabanlarından alınan örnek veriler üzerinde test ederek modelin iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşmıştır.

Wang vd. [77] ABD'deki doğal gaz üretimini doğrudan etkileyen “shale” gazı çıkışını daha iyi tahmin etmek için, doğrusal olmayan bir model ile doğrusal bir modeli hibrit hale getirerek metabolik doğrusal olmayan gri ARIMA (MNGM-ARIMA) modelini geliştirmiştir. Sonuç olarak, önerilen MNGM-ARIMA tekniğinin, %2,396 ortalama mutlak yüzde hata ile güvenilir tahmin sonuçları ürettiğini göstermişlerdir. Daha sonra, aynı veri setini kullanarak, metabolik gri model (MGM), ARIMA ve doğrusal olmayan gri model (NGM) ile de tahminleme yapmışlardır. Karşılaştırma sonuçları, önerilen MNGM-ARIMA tekniğinin daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

Tran [78] çalışmasında, Gri Sistem Teorisi ve Veri Zarflama Analizi’ ni birlikte kullanarak Vietnam tarım endüstrisinde yer alan işletmeler arasında gerçekleşecek muhtemel iş birliklerinin etkinliğini ölçmüş ve en uygun stratejik ortakları bulmak için etkili bir model ortaya koymuştur.

Huang ve Wu [79] araştırmalarında son birkaç yılda Çin' deki patent geliştirme trendini incelemiştir. Çalışmada, sınırlı bilgi ile oluşturulabilen ve kısa dönemli tahminler için iyi bir yöntem olan GST kullanılmıştır. Sonuç olarak, GST’ nin sadece kısa vadeli tahminlerde değil, aynı zamanda istatistiksel verilerin artması ve trendin istikrarlı bir şekilde büyümesi durumunda da doğrusal regresyon, üssel düzleştirme ve hareketli ortalama yöntemlerine göre önemli bir doğruluğa sahip olduğunu göstermişlerdir.

Mahmoudi vd. [80] çalışmalarında Çok Amaçlı Doğrusal Programlama için yeni bir yaklaşım önermiştir. Önerilen algoritmada öncelikle her bir amaç fonksiyonu için alt ve üst sınırlar belirlenmiş, sonrasında bulanık bir yaklaşım ile foksiyonlar için üyelik değerlerleri kullanılmış ve son olarak gri doğrusal programlama ile çözüm gerçekleştirilmiştir. Gerçek problemlerdeki belirsiz durumlar nedeniyle karar modellerinin katsayıları kesin olarak bilinemediğinden önerilen model gri teori ve etkileşimli bulanık programlama yaklaşımı ile karmaşık yöntemlere göre daha kolay ve kabul edilebilir çözümler sunmaktadır.

Günümüzde küreselleşme nedeniyle tedarik zincirleri daha uzun ve karmaşık hale gelmiştir. Bu bağlamda, çeşitli risklere karşı tedarik zinciri sistemlerini güvence altına almak için proaktif yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Rajesh ve diğerleri [81] 12 risk kategorisinde 21 risk azaltma stratejisi belirleyerek bu stratejileri gri teori ve digraph-matrix metodolojilerinin bir kombinasyonu ile ölçmüştür. Önerilen model,

bir Hint elektronik imalat şirketinde örnek bir olay üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ayrıca duyarlılık analizine tabi tutulmuştur. Önerilen modelin etkin olduğu ortaya konmuştur.

Doğru stratejik ortağı bulmak birçok işletme için kritik bir başarı faktörüdür. Wang ve diğerleri [82] çalışmalarında daha iyi ortaklar seçmek için gri teori ve Veri Zarflama Analizi' ne dayanan etkili bir yaklaşım önermiştir. Çalışmada dünyanın en büyük 20 otomobil işletmesinin dört yıllık (2009-2012) gerçek verileri kullanılmıştır. Nissan Motor hedef karar verme birimi olarak seçilmiş ve ampirik sonuçlar 19 aday arasından, Renault ve Daimler'in Nissan için mümkün olan en iyi iki ortak olduğunu göstermiştir. Önerilen model yalnızca otomotiv sanayi için değil diğer imalat sanayilerinde de başarılı sonuçlar verebilir.

Zeng ve diğerleri [83], petrol sahası kuyu seçimi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi, GST ve bulanık mantık teorisinin birleşimi ile yeni bir yaklaşım öne sürmüştür. Çalışmada AHP, kuyu seçiminde yer alan ilgili kriterleri belirlemek için kullanılmıştır. Bu kriterlerin göreceli önemini belirlemek için ise GST kullanılmıştır. Daha sonra, Tip-2 bulanık mantık sistemi kullanılarak birleştirilmiş girdilerin bulanık bir şekilde işlenmesi için bulanık bir uzman sistem uygulanmıştır. Önerilen yöntem, Batı Çin'deki bir petrol sahasındaki veriler üzerinde test edilmiş ve son olarak, hidrolik kırılma için en uygun aday kuyular sıralanmıştır.

Atık bertaraf firması seçimi için literatürde AHP, Analitik Ağ Süreci (ANP), Veri Zarflama Analizi (VZA), bulanık küme teorisi ve matematiksel programlama gibi yöntemler kullanılmıştır. Ancak belirsizlik durumunda bu tekniklerin yetersiz kalması nedeniyle Thakur ve Ramesh [84] çalışmalarında uygun sağlık atık bertaraf firması seçimi için GST'ye dayanan bir Çok Kriterli Karar Verme modeli kullanmıştır.

Elektrikli araçların emniyetli çalışmasını sağlamak ve enerji ve kapasite kullanımlarını optimize etmek için, akülerinin şarj durumlarını tahmin etmek oldukça önemlidir. Chen vd. [85] çalışmalarında GM ve genetik algoritmalara dayalı yeni bir tahmin yaklaşımı geliştirmeyi amaçlamıştır. Geleneksel yöntemlerin aksine sınırlı miktarda veriye dayanan GST ile analitik bir model oluşturmuşlardır. Model, değişen işletme koşullara göre model parametrelerinin değiştirilmesine de olanak sağlamaktadır. Deneysel doğrulama için, iki tip lityum-iyon pil kullanımış ve önerilen tahmin metodu, farklı batarya boşalma koşullarında doğrulanmıştır.

Geleneksel GM (1,1) literatürde yaygın olarak kullanılmakla birlikte bazı veri setlerinde yeterli doğrulukta sonuç verememektedir. Son yıllarda GM (1,1) çeşitli modifikasyonlar ile optimize edilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen yöntemlerin çoğunda modelin temel yapısı değiştirilir. Bunlardan farklı olarak Cheng ve diğerleri [86] çalışmalarında dört yöntem ile modelin yapısını değiştirmeden modelin parametre tahminini iyileştirmeyi amaçlamıştır. Bu yöntemler; üretim katsayısını optimize etmek ve optimal üretim katsayısı durumunda modelin parametrelerini tahmin etmek, modelin parametrelerini bir bütün olarak tahmin etmek için başlangıç değerinin parametre tahmini de dahil olmak üzere polinom yaklaşımı kullanmak, modelin parametrelerini fark denklemi ile tahmin etmek için gri diferansiyel denklemi fark denklemine çevirmek ve parametre tahmininde geliştirilmiş parçacık sürü optimizasyon algoritması kullanılmaktır. Çalışmada, bu dört gelişmiş yöntem ile Çin'in endüstriyel ham petrol tüketiminin GM (1,1) modeli oluşturulmuş ve simülasyon ve tahmin sonuçları yöntemlerin hepsinin modelin tahmin doğruluğunu önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir.

Literatür incelendiğinde, GST'nin gri modelleme, gri ilişki analizi, tahminleme, gri doğrusal-doğrusal olmayan programlama, gri tamsayılı programlama, gri karar verme modelleri, gri oyun modelleri, gri kontrol sistemleri vb. uygulama alanlarının yanı sıra yapay zekâ teknikleri ve sezgisel-metasezgisel yöntemler ile birlikte kullanılabilir olması nedeniyle akademik ve endüstriyel araştırmalar için etkin bir araç olduğu görülmektedir. GST'nin özellikle uzakdoğu ülkelerinde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir [47]. Uygulama bakımından birçok avantajı bulunan GST, akademik ve endüstriyel araştırmalarda geliştirilerek kullanılmaya açık bir teoridir.

4. TEMİZLİK KAĞIDI SEKTÖRÜNDE GST TEMELLİ STOK KONTROL UYGULAMASI

4.1. Sektör ve Firma Tanıtımı

Kâğıt, M.S. 105 yılında Çinliler tarafından bulunarak, insanlık tarihinin en önemli buluşlarından biri olmuş ve o günden bugüne en çok ihtiyaç duyulan hızlı tüketim mallarından biri olarak kullanılmaya devam etmiştir. Kâğıt tüketimini arttıran unsurlardan en önemlisi nüfus artışıdır. Bunun yanında, yapılan araştırmalar gelişmişlik ve refah seviyesi yüksek ülkelerde kâğıt tüketiminin daha fazla olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, internet çağıyla birlikte gelen dijitalleşme sonucu geliştirilen elektronik kitap ve elektronik gazete, basılı kitap ve gazetelerin pazar payını ve dolayısıyla kâğıt tüketimini azaltmıştır.

Kâğıt sektörünün; “ambalaj ve etiket kâğıdı”, “yazı ve baskı kâğıdı”, “gazete kâğıdı”, “temizlik kâğıdı” ve “diğer kâğıt ve karton ürünleri” gibi alt kolları bulunur. Bu çalışmaya konu olan temizlik kâğıdı genel olarak düşük gramajlı (14-40 gr/m²) krepli kağıtlar olarak tanımlanır. Dünyada ve ülkemizde hızla gelişen bir sektör olan temizlik kâğıdı grubu genel olarak “mendil”, “peçete”, “havlu peçete” ve “tuvalet kağıtları” ürünlerinden oluşmaktadır. Son yıllarda bu ürünlere “ıslak mendil” çeşitleri de eklenmiştir.

Temizlik kağıtları, yazı ve baskı kâğıtlarından sonra en çok üretilen kâğıt türüdür. Bunun yanında, son yıllarda ambalaj ve etiket kâğıdı ile temizlik kâğıdı ürünleri sektördeki paylarını arttırırken, yazı ve baskı kâğıdı ile gazete kâğıdı üretimi ise azalmaktadır.

Türkiye’de kâğıt tüketimi artan bir eğilim göstermektedir. Ülkemiz, 2013 yılında 5,7 milyon tonluk kâğıt tüketimiyle dünyadaki en büyük dokuzuncu pazar konumuna gelmiştir. Ülkelerin gelişmişlik seviyesini yansıtan parametrelerden biri de kişi başına düşen kâğıt tüketimidir. 2013 yılı verilerine göre, gelişmiş Avrupa ülkelerinde kişi başına ortalama kâğıt tüketimi 130-160 kg civarında olmuşken, ülkemizde 75 kg olarak gerçekleşmiştir [87].

Temizlik kâğıdı sektörüne olan ilginin artarak sektördeki rekabetin ivme kazanmasının bazı nedenleri vardır. Bunların en önemlileri; kâğıt sektörünün hammaddesi olan selülozun ithalatının kolaylaşması, sektörün makine parkının yenilenmesi ve dolayısıyla verimliliğin artması ve atık kâğıt temini ile ilgili yaşanan gelişmelerdir. Atık kağıtlar temizlik kağıtları üretiminde %50' nin üzerinde oranla hammadde olarak kullanılmaktadır. Atık kâğıt kullanma oranının artması ile hem dışa bağımlı olan kâğıt sektöründe önemli miktarda döviz tasarrufu sağlanmış hem de özellikle tuvalet kâğıdı üretiminde maliyetler düşmüştür. Sektördeki rekabet artışı, kimya sanayisindeki gelişmelere de paralel olarak kalite düzeyinin yükselmesi ve ürün inovasyonları ile kendini göstermektedir.

Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri'nin 2014 sektör raporuna göre, Türkiye temizlik kâğıdı üretiminde Avrupa'nın 5., dünyanın ise 12. büyük ülkesi konumundadır. Komşu ülkelerimizdeki temizlik kâğıdı tüketiminin artış göstermesi de ülkemize olumlu bir şekilde yansımaktadır. Sektörde lider konumda olan firmanın 2000' li yılların başında İç Anadolu ve Doğu Anadolu'da gerçekleştirdiği kampanya ve tanıtımlar da son 10 yılda etkisini göstererek bu bölgelerdeki tüketimi arttırmıştır. Ayrıca bazı firmalar kâğıt fabrikalarına fason olarak ürettirdikleri temizlik ürünlerini özel markalar ve özel ambalajlar ile özellikle restoran, hastane ve otel gibi pazarlara sunmaktadır. "Ev dışı tüketim ürünleri" olarak adlandırılan bu ürünler de sektörü cazip hale getiren faktörlerden biridir.

Türkiye'de temizlik kâğıdı sektöründe faaliyet gösteren firmalar birtakım zorluklar ile de karşılaşmaktadır. Selüloz ithalatı son yıllarda kolaylaşsa da selüloz fiyatlarının euro ve dolar kurundan etkilenmesi, kurdaki artışın ürün fiyatlarına yansıtılamaması ya da yansıtıldığı takdirde iç pazarda talebin azalması firmaları zor durumda bırakmaktadır. Bir diğer sorun ise ihracattaki nakliye sorunudur. Temizlik kağıtları büyük hacimli ürünler olduğundan nakliye maliyetleri oldukça yüksektir. Temizlik kâğıdı ürün fiyatlarının oldukça arttığı son günlerde, düşük kaliteli ve ucuz ürünler üreten fason üreticiler piyasada haksız rekabete sebep olmaktadır. Bu ürünlerde genelde paketlerin üzerinde yer alan adet, rulo uzunluğu gibi özellikler olduğundan farklı gösterilmektedir. Son olarak, diğer sektörlere benzer olarak temizlik kâğıdı sektöründeki firmaları da zorlayan bir başka kalem ise gittikçe artan enerji maliyetleridir [2].

Yukarıda sıralanan zorluklara rağmen sektörde yaşanan olumlu gelişmeler ve ülkemiz ile komşu ülkelerimizde hızla artan temizlik kâğıdı tüketimi göz önüne alındığında;

genişlemeye devam eden ürün yelpazesi ile gelecek vaad eden bir sektör olarak temizlik kâğıdı sektöründe rekabetçi ortam dikkat çekmektedir. Müşterilerin beklentilerine en çabuk cevap verebilmek dolayısıyla yapılan talep tahminlerinin doğruluğu sektördeki firmalar için hayati öneme sahip hale gelmiştir.

Çalışma, Türkiye'nin önde gelen holdinglerinden birinin grup şirketinde gerçekleştirilmiştir. Firma, 2011 yılının Eylül ayında %100 saf selülozdan 12 gr/m² ile 40 gr/m² arasında temizlik kâğıdı üretimine başlamış olup Marmara Bölgesi'nde 200.000 m²'lik bir alanda kâğıt üretim ve konverting (son ürüne dönüşüm) tesislerinde faaliyet göstermektedir. Firmanın yıllık kâğıt üretim kapasitesi 140.000, konverting kapasitesi ise 120.000 tondur.

Firma, kendi markaları yanında önde gelen zincir marketler için de market markalı ürün (private label) üretimi yapmaktadır. Bunun yanında yurt içi ve dışında konverting tesisleri için tercih edilen, kaliteli bir yarı ürün tedarikçisidir.

Firmanın temel hedefleri; güncel teknolojiler ile en son uygulamaları takip etmek, yüksek müşteri hizmet düzeyi sağlayarak müşterilerine düşük fiyata en iyi kalitedeki ürünleri sunmak ve firmanın bağlı bulunduğu holdingin 4. endüstri devrimi kapsamında yürüttüğü dijital dönüşüm projelerine uyum sağlamaktır. Ancak, talep miktarları değişkenliği nedeniyle firmanın etkin bir stok politikası oluşturamamış olması ve emniyet stoku tutmaması müşteri siparişlerinin tümüne yanıt verebilmesine engel olmakta ve firmanın hedefleri ile çelişmektedir. Firmanın 7 yıllık genç bir firma olması ve firma yöneticileri ile yapılan görüşmelerde 2017 öncesi verilerin trendin değişmesi nedeniyle günümüzü tahmin edebilecek güçte olmadığının belirtilmesi sonucu, üzerinde çalışılabilecek aylık veri sayısı Ocak 2017- Nisan 2018 olmak üzere 16 olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde anlatılacağı üzere; 16 aylık veri kullanılarak 89 adet ürün kalemi için önce aykırı veri elemesi, sonrasında normallik testleri yapılmıştır. Firmanın ürün çeşitliliği yüksek olduğundan daha doğru bir analiz için, stok kontrol yöntemlerinden ABC - XYZ sınıflandırmaları yapılmış ve sonrasında bu iki analizin entegrasyonu ile ürünler 9 gruba ayrılarak incelenmiştir. Önce "klasik yöntemler" olarak adlandırılan 8 yöntemle talep tahminlemesi yapılmıştır. Klasik yöntemlerin çoğu ürün kaleminde yeterli doğrulukta sonuç vermemesi, talepteki belirsizlikler ve veri sayısının az olması nedeniyle talep tahmini 6 gri tahmin modeli ile yeniden gerçekleştirilmiştir. Her bir grup için klasik yöntemler ile gri tahmin yöntemleri

karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Firmanın tepe yöneticilerinden alınan bilgiye göre, talep değişken ancak temin süresi sabittir. Bu parametrelere uygun stok modeli ile her ürün kalemi için emniyet stoku miktarı ve yeniden sipariş noktası belirlenmiştir. Ardından, firmaya yeni bir bakış açısı sunmak amacıyla modeldeki temin süresi ve güven faktörü parametreleri grileştirilerek sonuçlar yeniden hesaplanmış ve önceki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Son olarak, kullanıcının aktaracağı veriler ile talep tahminleri yapan, kullanıcıya en iyi talep tahminini öneren, girilecek güven faktörü ve temin süresi doğrultusunda emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası hesaplaması yapan kullanıcı dostu arayüzlü bir yazılım geliştirilerek, kullanıcı kitapçığı ile birlikte firmanın kullanımına sunulmuştur.

4.2. Aykırı Değer Analizi

Bir problemin çözümü için elde bulunan verilerin bilimsel yöntemler kullanılarak değerlendirilebilmesi için bazı ön işlemlerden geçirilmesi gerekir. Verinin eksik veya tutarsız olması gibi sorunların yanı sıra aşırı veya uç değerler içermesi de istatistiksel analizlerin doğru yapılması için özellikle dikkate alınması gereken başka bir konudur. Veri setindeki diğer değerlere göre farklı olan ve bu nedenle veri setine uymadığı belirlenen uç değerler aykırı değer (outlier) olarak adlandırılır. Bir veri setindeki aykırı değer, veri girişi esnasında yapılan bir hata nedeniyle olabileceği gibi, ölçüm aletindeki hatadan ya da problemin doğası gereği oluşan özel bir nedenden ileri gelebilir. Uç değerlerin fazla olması veri setinin normal dağılımdan sapmasına ve dolayısıyla yapılacak istatistiksel analizlerin hatalı olmasına neden olacaktır. Normal olmayan bir dağılıma normal dağılıma uyan testlerin yapılması da testin güvenilirliğini azaltacaktır. Veri setinin örnek genişliği yeterince büyük olduğunda aykırı değerler pek çok araştırmacı tarafından göz ardı edilir. Örnek genişliği küçük olduğunda ise, tek bir gözlem bile analiz sonuçlarına önemli etkide bulunur. Bu nedenle aykırı değerlerin doğru tespiti ve giderilmesi küçük örneklem grupları için önem taşımaktadır. Aykırı değer tespit yöntemleri “tanımlayıcı istatistik” ve “teste dayalı yöntemler” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tanımlayıcı istatistik yöntemleri; “standart sapma yöntemi” ve “Box-Plot yöntemi” dir. Teste dayalı yöntemler ise verinin dağılım şekline göre parametrik ve parametrik olmayan test yöntemleri olarak iki şekilde incelenmektedir. Eğer veri normal dağılıma uyumlu ise aykırı olduğundan şüphelenilen değer; “Dixon”, “Grubbs t”, “Rosner”, “Discordance”, “Tietjen-Moore”, “Nalimov” ve “Weisberg t” testleri ile değerlendirilir. Normal dağılıma uyumlu olmayan veri setinde ise “Walsh testi” ile aykırı değer tespiti yapılmaktadır. Çalışmada aykırı

değer elemesi, hızlı sonuç veren duyarlı bir yöntem olan Box-Plot yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

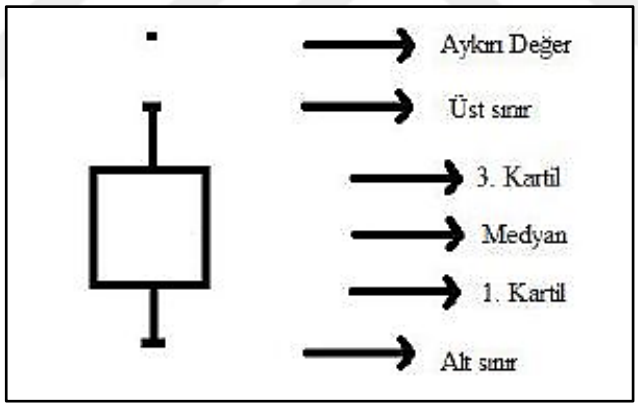
Box-Plot yönteminde değerler küçükten büyüğe sıralanır. 1. kartil değerlerin %25' inin başladığı sınır, 3. kartil değerlerin %75'inin başladığı sınır olmak üzere kartiller arası genişlik değeri (IQR) Denklem (4.1) ile hesaplanır. Bu değer kullanılarak alt kontrol sınırı (AKS) ve üst kontrol sınırı (ÜST) sırasıyla Denklem (4.2) ve Denklem (4.3) kullanılarak belirlenir.

$$IQR=3.kartil-1.kartil \tag{4.1}$$

$$ÜKS=3.kartil+\frac{3}{2}xIQR \tag{4.2}$$

$$AKS=1.kartil-\frac{3}{2}xIQR \tag{4.3}$$

Bu sınırların dışında kalan değerler aykırı olarak belirlenir. Aykırı değerler Box-plot grafiği ile Şekil 4.1' deki gibi görünür [88]:



Şekil 4.1. Box-plot grafiği [88]

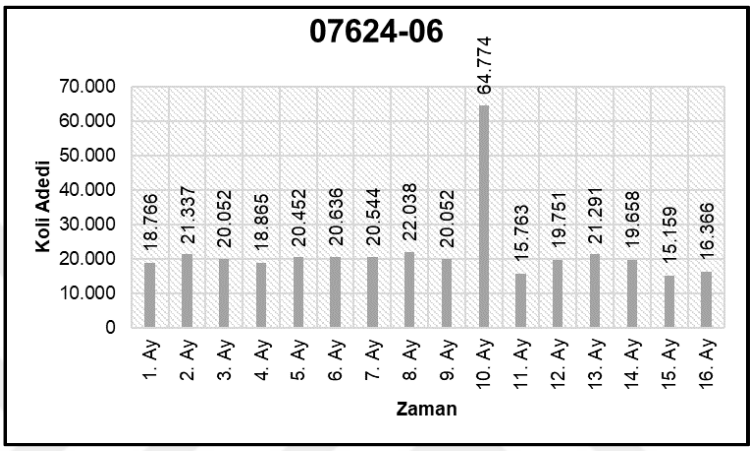
Firmanın 41 ürün kaleminde aykırı değer tespit edilmiş olup bunların arasından rassal olarak seçilen 3 tanesi için yapılan analizler açıklanmıştır.

Tablo 4.1. 07624-06 kodlu ürüne ait veriler

Zaman	Talep Miktarı (Koli)	Zaman	Talep Miktarı (Koli)
Ocak/2017 (1)	18.766	Eylül/2017 (9)	20.052
Şubat/2017 (2)	21.337	Ekim/2017 (10)	64.774
Mart/2017 (3)	20.052	Kasım/2017 (11)	15.763

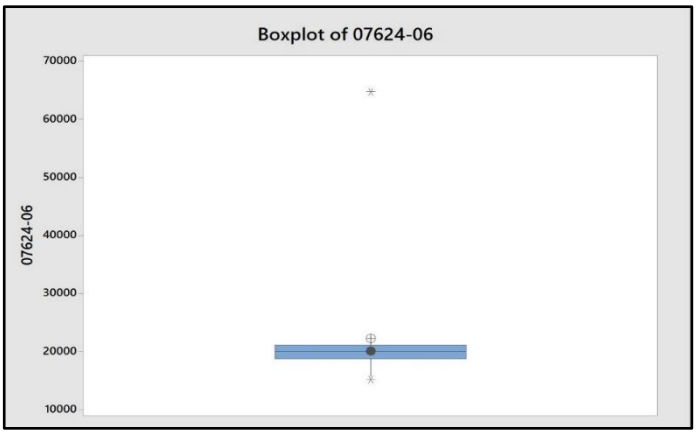
Tablo 4.1.(Devam) 07624-06 kodlu ürüne ait veriler

Zaman	Talep Miktarı (Koli)	Zaman	Talep Miktarı (Koli)
Nisan/2017 (4)	18.865	Aralık/2017 (12)	19.751
Mayıs/2017 (5)	20.452	Ocak/2018 (13)	21.291
Haziran/2017 (6)	20.636	Şubat/2018 (14)	19.658
Temmuz/2017(7)	20.544	Mart/2018 (15)	15.159
Ağustos/2017 (8)	22.038	Nisan/2018 (16)	16.366



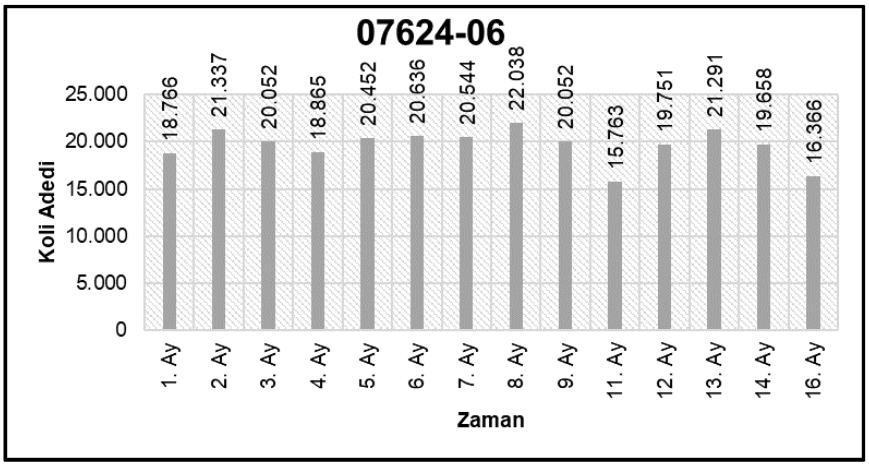
Şekil 4.2. 07624-06 kodlu ürüne ait ham verilerin gösterimi

07624-06 kodlu ürüne ait veriler Tablo 4.1 ve Şekil 4.2' de gösterilmiştir. MINITAB 17.0 paket programı ile yapılan analiz sonucu, 10. ay verisi ÜKS' nin üzerinde; 15. ay verisi AKS' nin altında olduğundan aykırı değer olarak tespit edilmiştir. Program çıktısı Şekil 4.3' te verilmiştir.



Şekil 4.3. 07624-06 kodlu ürün için aykırı değer analizi

Aykırı değerlerin elenmesinin ardından veri setinin standart sapması 11.524' ten 1.435' e düşmüş olup ürüne ait yeni sütun grafiği Şekil 4.4' te verilmiştir.

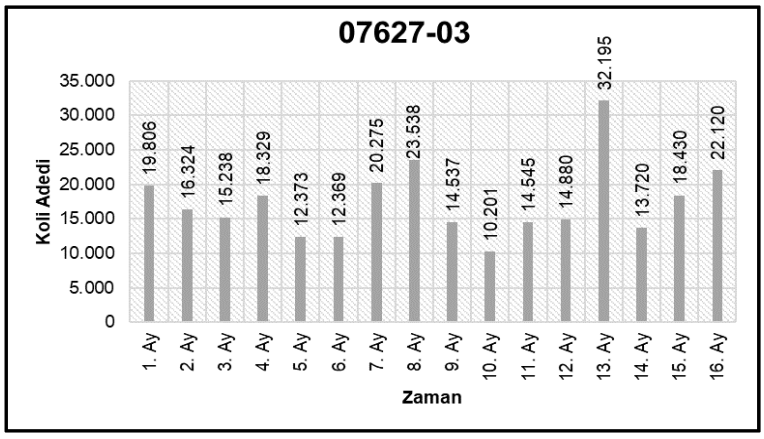


Şekil 4.4. 07624-06 kodlu ürüne ait işlenmiş verilerin gösterimi

07627-03 kodlu ürüne ait veriler ise Tablo 4.2 ve Şekil 4.5' te gösterildiği gibidir:

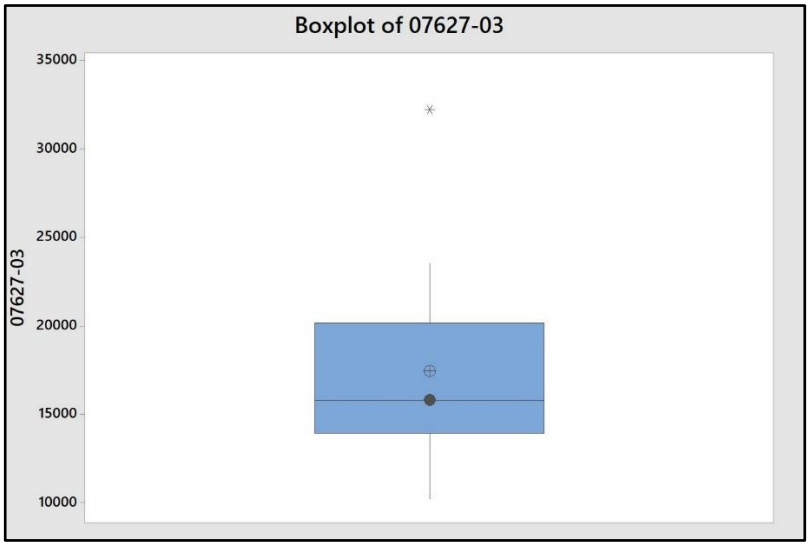
Tablo 4.2. 07627-03 kodlu ürüne ait veriler

Zaman	Talep Miktarı (Koli)	Zaman	Talep Miktarı (Koli)
Ocak/2017 (1)	19.806	Eylül/2017 (9)	14.537
Şubat/2017 (2)	16.324	Ekim/2017 (10)	10.201
Mart/2017 (3)	15.238	Kasım/2017 (11)	14.545
Nisan/2017 (4)	18.329	Aralık/2017 (12)	14.880
Mayıs/2017 (5)	12.373	Ocak/2018 (13)	13.720
Haziran/2017 (6)	12.369	Şubat/2018 (14)	18.430
Temmuz/2017(7)	20.275	Mart/2018 (15)	22.120
Ağustos/2017 (8)	23.538	Nisan/2018 (16)	14.537



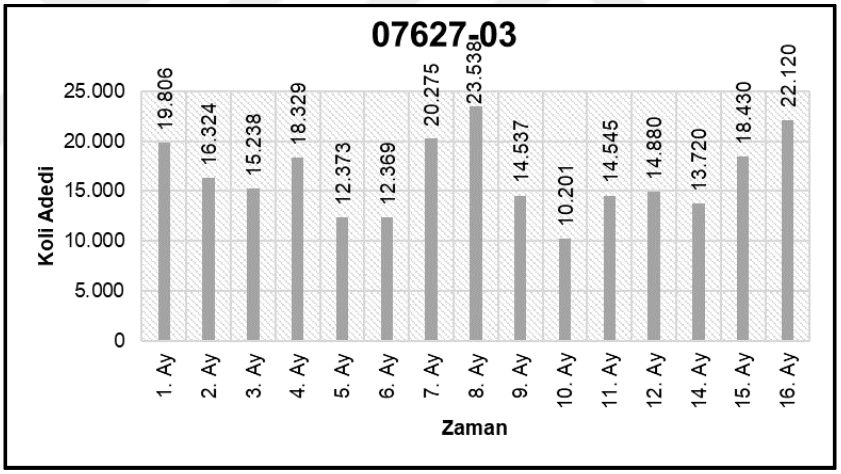
Şekil 4.5. 07627-06 kodlu ürüne ait ham verilerin gösterimi

Box-plot analizi sonucu, 13. ay verisi ÜKS' nin üzerinde olduğundan aykırı değer olarak tespit edilmiştir. Program çıktısı Şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.6. 07627-03 kodlu ürün için aykırı değer analizi

Aykırı değerin elenmesinin ardından veri setinin standart sapması 5.411' den 3.842' ye düşmüş olup ürüne ait yeni sütun grafiği Şekil 4.7' de gösterilmiştir.

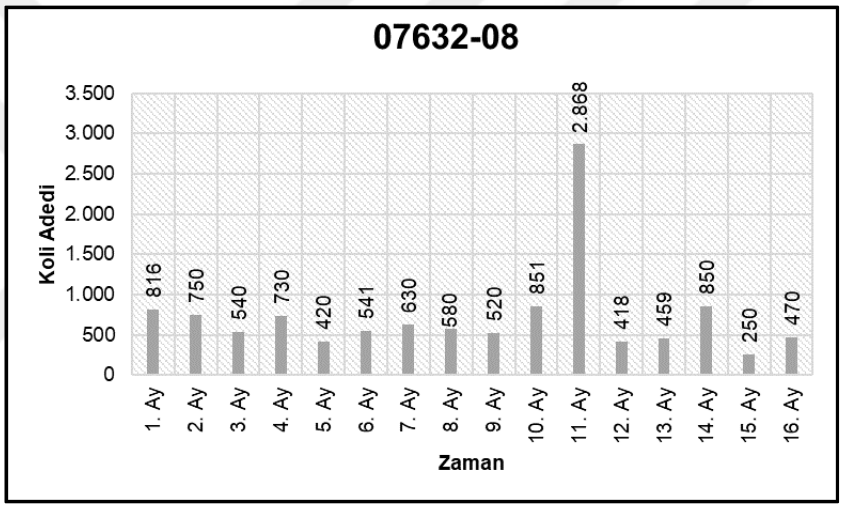


Şekil 4.7. 07624-06 kodlu ürüne ait işlenmiş verilerin gösterimi

Son olarak 07632-08 kodlu ürüne ait veriler Tablo 4.3 ve Şekil 4.8’ de verilmektedir:

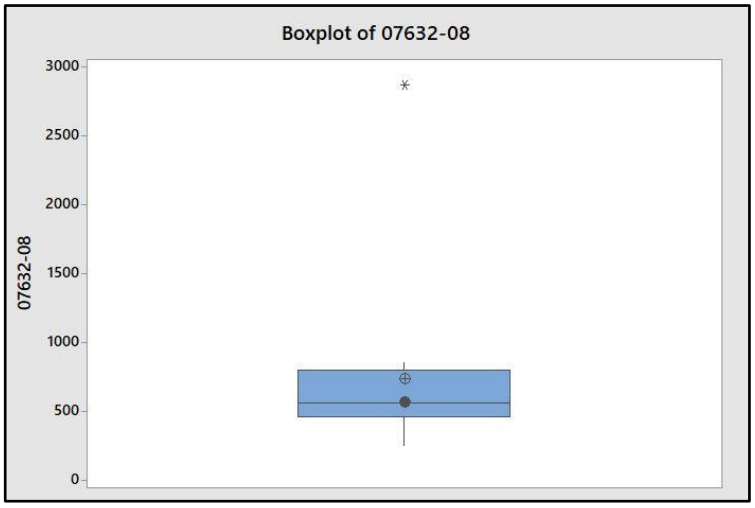
Tablo 4.3. 07632-08 kodlu ürüne ait veriler

Zaman	Talep Miktarı (Koli)	Zaman	Talep Miktarı (Koli)
Ocak/2017 (1)	816	Eylül/2017 (9)	520
Şubat/2017 (2)	750	Ekim/2017 (10)	851
Mart/2017 (3)	540	Kasım/2017 (11)	2.868
Nisan/2017 (4)	730	Aralık/2017 (12)	418
Mayıs/2017 (5)	420	Ocak/2018 (13)	459
Haziran/2017 (6)	541	Şubat/2018 (14)	850
Temmuz/2017(7)	630	Mart/2018 (15)	250
Ağustos/2017 (8)	580	Nisan/2018 (16)	470



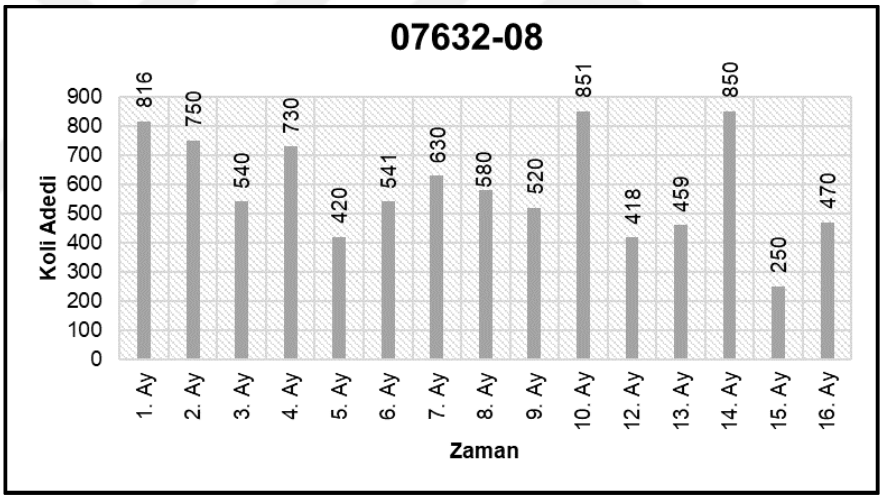
Şekil 4.8. 07632-08 kodlu ürüne ait ham verilerin gösterimi

Box-plot analizi sonucu, 11. ay verisi ÜKS’ nin üzerinde olduğundan aykırı değer olarak tespit edilmiştir. Program çıktısı Şekil 4.9’ da verilmiştir.



Şekil 4.9. 07632-08 kodlu ürün için aykırı değer analizi

Aykırı değerin elenmesinin ardından veri setinin standart sapması 595’ ten 179’ a düşmüş olup ürüne ait yeni sütun grafiği Şekil 4.10’ da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. 07624-06 kodlu ürüne ait işlenmiş verilerin gösterimi

4.3. ABC Analizi

Stoktaki malzemelerin belirli bir dönemdeki kullanım miktarı ve maliyet değerine göre sınıflandırılmasını sağlayan ABC analizi aşağıdaki adımlar ile gerçekleştirilir:

1. Belirli bir dönem için stok kalemlerinin kullanım miktarı belirlenir.

2. Stok kalemlerinin güncel birim maliyeti tespit edilir.

3. Malzemeler, dönemlik tüketim miktarı ve değerlerinin çarpımına göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak kategorize edilirler [89].

Firmanın stok kalemlerine uygulanan ABC sınıflandırması Tablo 4.4' te verilmektedir:

Tablo 4.4. ABC analizi

No	Stok Kodu	Miktar(koli)	Değer (para birimi)	Kümülatif Toplam	Kümülatif Yüzde	Sınıf
1	07635-00	9.337.475	19	173.677.035	24	A
2	07627-06	4.707.086	22	276.056.156	38	A
3	07623-04	4.619.920	17	353.670.812	49	A
4	07626-05	1.564.860	23	389.537.391	54	A
5	07624-09	1.276.659	27	423.496.507	59	A
6	07623-02	1.157.648	28	456.003.263	63	A
7	07625-08	1.538.055	18	484.241.953	67	A
8	07620-05	644.461	38	508.731.471	70	A
9	07621-01	433.537	54	532.107.759	74	A
10	07628-06	279.103	64	550.026.156	76	A
11	07626-04	569.897	28	565.994.677	78	A
12	07621-06	295.728	49	580.508.982	80	A
13	07620-09	238.513	43	590.877.128	82	B
14	07627-04	379.131	24	600.158.264	83	B
15	07623-00	270.713	30	608.409.581	84	B
16	07631-04	187.754	38	615.544.214	85	B
17	07627-03	278.879	26	622.672.368	86	B
18	07625-01	197.083	36	629.796.918	87	B
19	07624-06	355.501	19	636.551.444	88	B
20	07632-00	94.455	61	642.286.739	89	B
21	07628-03	87.771	64	647.903.205	90	B
22	07622-02	135.602	32	652.296.710	90	B
23	07621-07	120.085	36	656.629.390	91	B
24	07620-03	101.747	35	660.173.238	91	B
25	07631-01	212.950	15	663.337.675	92	B
26	07625-02	91.372	35	666.495.488	92	B
27	07620-04	67.004	47	669.619.199	93	B
28	07623-08	97.289	32	672.742.177	93	B
29	07620-01	72.459	39	675.559.383	94	B
30	07621-04	97.909	28	678.285.176	94	B
31	07621-02	91.296	30	680.980.245	94	B
32	07631-05	170.668	14	683.357.650	95	B
33	07631-08	164.177	13	685.470.608	95	B
34	07637-02	86.643	24	687.550.040	95	B
35	07632-01	34.750	54	689.422.388	95	B
36	07634-09	55.548	34	691.287.135	96	C
37	07636-03	50.814	36	693.101.183	96	C
38	07622-03	44.012	31	694.479.623	96	C
39	07634-00	110.345	12	695.853.418	96	C
40	07632-09	34.440	39	697.191.068	97	C
41	07624-07	71.278	18	698.445.568	97	C
42	07632-04	32.882	38	699.692.770	97	C
43	07628-02	20.837	60	700.932.999	97	C
44	07633-05	114.323	11	702.153.969	97	C
45	07627-07	77.264	14	703.220.212	97	C
46	07633-01	68.256	14	704.200.368	97	C
47	02096-08	27.931	33	705.113.712	98	C
48	07632-07	27.088	32	705.969.953	98	C
49	07634-02	32.818	25	706.803.202	98	C

Tablo 4.4. (Devam) ABC analizi

No	Stok Kodu	Miktar(koli)	Değer (para birimi)	Kümülatif Toplam	Kümülatif Yüzde	Sınıf
50	02094-02	42.935	19	707.618.967	98	C
51	02094-03	31.871	25	708.418.292	98	C
52	02096-07	24.631	30	709.157.236	98	C
53	07633-02	33.949	22	709.888.158	98	C
54	02096-06	28.529	25	710.598.533	98	C
55	07632-08	11.693	50	711.178.857	98	C
56	07631-02	33.237	17	711.744.218	99	C
57	07632-06	18.876	29	712.297.474	99	C
58	07634-08	20.725	26	712.833.422	99	C
59	02094-01	27.707	19	713.363.180	99	C
60	07636-02	21.734	24	713.882.394	99	C
61	02096-00	17.198	29	714.385.958	99	C
62	07632-05	18.307	27	714.886.106	99	C
63	07633-08	27.560	18	715.380.532	99	C
64	02096-01	16.258	29	715.852.672	99	C
65	07627-05	8.457	52	716.292.436	99	C
66	07632-10	18.010	24	716.719.633	99	C
67	07633-04	16.337	25	717.130.998	99	C
68	07633-03	27.073	15	717.538.992	99	C
69	07632-12	22.888	18	717.943.881	99	C
70	07635-04	20.755	19	718.333.245	99	C
71	07632-03	9.435	41	718.720.363	100	C
72	07632-11	22.576	16	719.080.450	100	C
73	07635-05	12.874	28	719.434.614	100	C
74	07635-02	10.849	29	719.748.801	100	C
75	07632-13	13.416	23	720.051.455	100	C
76	07633-07	13.263	22	720.345.495	100	C
77	07637-01	14.111	18	720.593.849	100	C
78	07635-06	9.317	22	720.798.625	100	C
79	07634-06	5.375	35	720.986.787	100	C
80	07633-06	8.431	22	721.173.702	100	C
81	07632-14	6.757	25	721.345.790	100	C
82	07635-03	8.296	18	721.496.860	100	C
83	07632-22	5.748	26	721.645.440	100	C
84	07632-15	6.026	24	721.792.522	100	C
85	07635-09	5.456	24	721.925.048	100	C
86	07634-07	4.915	25	722.049.889	100	C
87	07633-09	4.715	22	722.151.780	100	C
88	07636-01	4.926	14	722.222.166	100	C
89	07634-05	1.604	41	722.287.384	100	C

Tablo 4.4’ ten görüleceği üzere, 89 stok kaleminden 12 tanesi A grubuna, 23 tanesi B grubuna ve 54 tanesi C grubuna dahil olmuştur. A grubu ürünler toplam ürünlerin %13’ ünü, B grubu ürünler %26’ sını ve son olarak C grubu ürünler ise %61’ ini oluşturmaktadır.

4.4. XYZ Analizi

Firmanın stok kalemleri için uygulanan XYZ sınıflandırması Tablo 4.5' te verilmektedir. Değişkenlik katsayısı %0-25 arasında olan kalemler X, %25-60 arasında olanlar Y ve %60 üzerinde olanlar Z sınıfına dahil edilmiştir.

Tablo 4.5. XYZ analizi

No	Stok Kodu	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)	Sınıf
1	07624-06	19.985	1.435	7,18	X
2	07623-04	288.745	24.775	8,58	X
3	07624-09	79.012	7.479	9,47	X
4	07627-06	294.193	30.942	10,52	X
5	07623-02	72.353	9.246	12,78	X
6	07624-07	4.355	603	13,85	X
7	07634-09	3.471	797	22,97	X
8	02096-06	1.783	416	23,34	X
9	07627-03	16.446	3.843	23,37	X
10	07632-09	1.972	481	24,41	X
11	07621-07	7.505	2.112	28,15	Y
12	07632-06	1.180	334	28,35	Y
13	07623-00	16.920	4.822	28,50	Y
14	07621-02	5.706	1.643	28,79	Y
15	07621-01	25.490	7.455	29,25	Y
16	07632-04	2.055	601	29,25	Y
17	07628-06	17.444	5.178	29,68	Y
18	07621-06	18.483	5.593	30,26	Y
19	07620-05	40.279	12.204	30,30	Y
20	07632-08	588	179	30,44	Y
21	02096-08	1.746	567	32,45	Y
22	02096-00	1.075	354	32,94	Y
23	07628-03	5.486	1.911	34,83	Y
24	07620-03	6.359	2.221	34,92	Y
25	07620-01	4.200	1.483	35,31	Y
26	07627-04	23.696	8.606	36,32	Y
27	02096-07	1.189	437	36,74	Y
28	07625-01	12.318	4.670	37,91	Y
29	07623-08	6.081	2.361	38,83	Y
30	07636-03	2.957	1.186	40,12	Y
31	07628-02	1.302	526	40,38	Y
32	02096-01	1.016	417	41,01	Y
33	07621-04	6.119	2.510	41,02	Y
34	07632-00	5.903	2.485	42,09	Y
35	07632-15	377	162	42,99	Y
36	07625-08	96.128	41.903	43,59	Y
37	07626-05	97.804	43.060	44,03	Y
38	07635-03	336	152	45,16	Y
39	07626-04	35.619	16.402	46,05	Y
40	07633-05	6.050	2.839	46,93	Y
41	07632-03	506	240	47,37	Y
42	07632-01	2.172	1.032	47,53	Y
43	07631-08	8.857	4.321	48,78	Y
44	07632-11	1.258	617	49,03	Y
45	07632-22	317	155	49,05	Y
46	07632-07	1.693	840	49,62	Y

Tablo 4.5. (Devam) XYZ analizi

No	Stok Kodu	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)	Sınıf
47	07625-02	5.711	2.858	50,04	Y
48	07632-14	341	173	50,80	Y
49	02094-02	1.695	862	50,86	Y
50	07637-01	794	413	52,03	Y
51	07631-04	11.735	6.107	52,05	Y
52	07635-02	678	359	52,92	Y
53	07637-02	5.415	2.894	53,45	Y
54	07633-02	2.122	1.138	53,61	Y
55	07620-04	4.188	2.269	54,19	Y
56	02094-01	1.732	963	55,61	Y
57	07632-05	1.144	647	56,52	Y
58	07634-00	4.551	2.611	57,38	Y
59	07633-04	743	429	57,74	Y
60	07634-08	1.295	759	58,59	Y
61	07631-01	10.172	6.034	59,32	Y
62	07633-03	1.334	802	60,11	Z
63	07635-00	5.093	3.158	62,02	Z
64	07620-09	14.907	9.379	62,91	Z
65	07633-08	1.723	1.096	63,65	Z
66	07633-01	3.644	2.328	63,88	Z
67	07634-05	68	44	64,06	Z
68	07622-03	2.556	1.649	64,54	Z
69	07627-05	529	345	65,19	Z
70	07633-07	656	429	65,34	Z
71	07634-02	2.051	1.351	65,85	Z
72	07631-05	8.629	5.686	65,89	Z
73	07632-10	1.126	743	66,02	Z
74	02094-03	1.992	1.325	66,50	Z
75	07635-04	1.297	864	66,60	Z
76	07631-02	1.833	1.234	67,32	Z
77	07632-13	532	362	68,18	Z
78	07636-01	255	175	68,69	Z
79	07635-05	805	566	70,35	Z
80	07636-02	584	415	71,13	Z
81	07627-07	2.384	1.798	75,44	Z
82	07634-06	336	256	76,23	Z
83	07634-07	307	236	76,76	Z
84	07635-09	101	78	77,13	Z
85	07633-06	527	417	79,06	Z
86	07635-06	582	463	79,59	Z
87	07632-12	1.431	1.180	82,46	Z
88	07633-09	219	195	88,95	Z
89	07622-02	8.475	7.670	90,50	Z

Tablo 5.5’ e göre, 89 stok kaleminden 10 tanesi X grubuna, 51 tanesi Y grubuna ve 28 tanesi Z grubuna dahildir. Ürünlerin çoğunun değişkenliği orta ve yüksek olarak tespit edilmiştir. Z grubu ürünlerin 11 tanesinde DK %70 ve üzerindedir. Bu değerler, standart sapmaların ortalama ne kadar yakın ve dolayısıyla talep belirsizliğinin ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

4.5. ABC & XYZ Analizi

Ürünlerle ilgili daha hassas değerlendirmeler yapabilmek amacıyla ABC ve XYZ analizleri birleştirilerek, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7' de görüldüğü üzere 9 farklı sınıf altında toplanmıştır.

Tablo 4.6. ABC & XYZ analizi

No	Stok Kodu	ABC Sınıfı	XYZ Sınıfı	ABC&XYZ Sınıfı
1	07623-02	A	X	AX
2	07623-04	A	X	AX
3	07624-09	A	X	AX
4	07627-06	A	X	AX
5	07620-05	A	Y	AY
6	07621-01	A	Y	AY
7	07621-06	A	Y	AY
8	07625-08	A	Y	AY
9	07626-04	A	Y	AY
10	07626-05	A	Y	AY
11	07628-06	A	Y	AY
12	07635-00	A	Z	AZ
13	07624-06	B	X	BX
14	07627-03	B	X	BX
15	07620-01	B	Y	BY
16	07620-03	B	Y	BY
17	07620-04	B	Y	BY
18	07621-02	B	Y	BY
19	07621-04	B	Y	BY
20	07621-07	B	Y	BY
21	07623-00	B	Y	BY
22	07623-08	B	Y	BY
23	07625-01	B	Y	BY
24	07625-02	B	Y	BY
25	07627-04	B	Y	BY
26	07628-03	B	Y	BY
27	07631-01	B	Y	BY
28	07631-04	B	Y	BY
29	07631-08	B	Y	BY
30	07632-00	B	Y	BY
31	07632-01	B	Y	BY
32	07637-02	B	Y	BY
33	07620-09	B	Z	BZ
34	07622-02	B	Z	BZ
35	07631-05	B	Z	BZ
36	02096-06	C	X	CX
37	07632-09	C	X	CX
38	07624-07	C	X	CX
39	07634-09	C	X	CX
40	02094-01	C	Y	CY
41	02096-00	C	Y	CY
42	02096-01	C	Y	CY
43	02096-08	C	Y	CY
44	07628-02	C	Y	CY
45	07632-03	C	Y	CY
46	07632-04	C	Y	CY

Tablo 4.6. (Devam) ABC & XYZ analizi

No	Stok Kodu	ABC Sınıfı	XYZ Sınıfı	ABC&XYZ Sınıfı
47	07632-05	C	Y	CY
48	07632-06	C	Y	CY
49	07632-07	C	Y	CY
50	07632-08	C	Y	CY
51	07632-15	C	Y	CY
52	07633-02	C	Y	CY
53	07633-05	C	Y	CY
54	07634-08	C	Y	CY
55	07635-02	C	Y	CY
56	07636-03	C	Y	CY
57	02094-02	C	Y	CY
58	02096-07	C	Y	CY
59	07632-11	C	Y	CY
60	07632-14	C	Y	CY
61	07632-22	C	Y	CY
62	07633-04	C	Y	CY
63	07634-00	C	Y	CY
64	07635-03	C	Y	CY
65	07637-01	C	Y	CY
66	02094-03	C	Z	CZ
67	07622-03	C	Z	CZ
68	07627-05	C	Z	CZ
69	07627-07	C	Z	CZ
70	07631-02	C	Z	CZ
71	07632-10	C	Z	CZ
72	07632-12	C	Z	CZ
73	07632-13	C	Z	CZ
74	07633-01	C	Z	CZ
75	07633-03	C	Z	CZ
76	07633-06	C	Z	CZ
77	07633-07	C	Z	CZ
78	07633-08	C	Z	CZ
79	07633-09	C	Z	CZ
80	07634-02	C	Z	CZ
81	07634-05	C	Z	CZ
82	07634-06	C	Z	CZ
83	07634-07	C	Z	CZ
84	07635-04	C	Z	CZ
85	07635-05	C	Z	CZ
86	07635-06	C	Z	CZ
87	07635-09	C	Z	CZ
88	07636-01	C	Z	CZ
89	07636-02	C	Z	CZ

Tablo 4.6’ ya göre; "AX" grubuna dahil stok kalemi sayısı 4, "AY" grubuna dahil stok kalemi sayısı 7, "AZ" grubuna dahil stok kalemi sayısı 1, "BX" grubuna dahil stok kalemi sayısı 2, "BY" grubuna dahil stok kalemi sayısı 18, "BZ" grubuna dahil stok kalemi sayısı 3, "CX" grubuna dahil stok kalemi sayısı 4, "CY" grubuna dahil stok kalemi sayısı 26 ve "CZ" grubuna dahil stok kalemi sayısı 24’ tür.

Tablo 4.7. Değer ve değişkenlik ölçülerine göre stok kalemleri

	X DK<25	Y DK≤25≤60	Z DK>60
A Değer: %80	07623-02 07623-04 07624-09 07627-06	07620-05 07621-01 07621-06 07625-08 07626-04 07626-05 07628-06	07635-00
B Değer: %15	07624-06 07627-03	07620-01 07620-03 07620-04 07621-02 07621-04 07621-07 07623-00 07623-08 07625-01 07625-02 07627-04 07628-03 07631-01 07631-04 07631-08 07632-00 07632-01 07637-02	07620-09 07622-02 07631-05
C Değer: %5	02096-06 07632-09 07624-07 07634-09	02094-01 02096-00 02096-01 02096-07 02096-08 07628-02 07632-03 07632-04 07632-05 07632-06 07632-07 07632-08 07632-15 07633-02 07633-05 07634-08 07635-02 07636-03 02094-02 02096-07 07632-11 07632-14 07632-22 07633-04 07634-00 07635-03 07637-01	02094-03 07622-03 07627-05 07627-07 07631-02 07632-10 07632-12 07632-13 07633-01 07633-03 07633-06 07633-07 07633-08 07633-09 07634-02 07634-05 07634-06 07634-07 07635-04 07635-05 07635-06 07635-09 07636-01 07636-02

4.6. Talep Tahminlemesi

Talep tahminlemesi önce klasik yöntemler olarak adlandırılan; hareketli ortalama, basit üssel düzleştirme, Holt çift doğrusal üssel düzleştirme, toplamsal ayrıştırma, çarpımsal ayrıştırma, doğrusal trend analizi, karesel trend analizi ve üssel büyüme eğrisi ile gerçekleştirilmiştir. Hareketli ortalamalar için gelecek dönem tahmininde kullanılacak veri sayısı "n" ve üssel düzleştirme yöntemleri için gereken parametreler MINITAB 17.0 paket programında yapılan denemeler sonucu belirlenmiştir. Sonrasında, aynı ürünler gri tahmin yöntemlerinden; GM (1,1), RM (1,1), DGM, ODGM, NDGM ve FGM ile tahminlenmiştir.

4.6.1. Klasik yöntemler ile talep tahminlemesi

Tablo 4.8' de AX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri (MAPE, MAD ve MSD) gösterilmektedir.

Tablo 4.8. AX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07623-02	07623-04	07624-09	07627-06
Hareketli Ortalama	MAPE 8 MAD 5039 MSD 49413682	MAPE 7 MAD 20125 MSD 613721820	MAPE 9 MAD 7124 MSD 71844106	MAPE 8 MAD 23151 MSD 731779111
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 9 MAD 6144 MSD 62428507	MAPE 7 MAD 19239 MSD 584106800	MAPE 8 MAD 6407 MSD 63381744	MAPE 9 MAD 26289 MSD 1080105671
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 8 MAD 6148 MSD 49040649	MAPE 6 MAD 17234 MSD 513729830	MAPE 9 MAD 7090 MSD 71241635	MAPE 9 MAD 26135 MSD 1095197560
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 9 MAD 6557 MSD 61100554	MAPE 7 MAD 20365 MSD 595666102	MAPE 8 MAD 6740 MSD 84502631	MAPE 10 MAD 27819 MSD 1041139749
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 9 MAD 6462 MSD 61854760	MAPE 7 MAD 20355 MSD 587398214	MAPE 8 MAD 6811 MSD 83648783	MAPE 10 MAD 27884 MSD 1047957802
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 7 MAD 4833 MSD 37683717	MAPE 6 MAD 16350 MSD 445835662	MAPE 7 MAD 5665 MSD 51935155	MAPE 8 MAD 23453 MSD 882450771
Karesel Trend Analizi	MAPE 6 MAD 4725 MSD 35939348	MAPE 5 MAD 15117 MSD 338710962	MAPE 7 MAD 5665 MSD 51935154	MAPE 8 MAD 23076 MSD 880604814
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 7 MAD 4814 MSD 37207048	MAPE 6 MAD 16340 MSD 450828417	MAPE 7 MAD 5691 MSD 52081182	MAPE 8 MAD 23610 MSD 886268022

Tablo 4.8 incelendiğinde, hesaplanan tüm MAPE değerlerinin %10 ve altında olduğu görülmektedir. AX grubu ürünler için, klasik yöntemlerin tamamının “çok iyi” sonuç verdiği söylenebilir. En iyi yöntem seçilirken önce MAPE değerleri, MAPE değerlerinin birbirine %1’ den daha yakın olması durumunda ise sırasıyla MAD ve MSD değerleri dikkate alınmıştır. AX grubu tüm ürünler için en iyi sonucu veren yöntem karesel trend analizi olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.9’ da AY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.9. AY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07620-05	07621-01	07621-06	07625-08	07626-04	07626-05	07628-06
Hareketli Ortalama	MAPE 24 MAD 9570 MSD 146462038	MAPE 45 MAD 7617 MSD 79037523	MAPE 27 MAD 4269 MSD 28141950	MAPE 45 MAD 27195 MSD 1477411019	MAPE 44 MAD 9026 MSD 147723782	MAPE 47 MAD 31222 MSD 1690572331	MAPE 37 MAD 4727 MSD 38283814
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 24 MAD 9175 MSD 127984792	MAPE 36 MAD 5777 MSD 57061424	MAPE 28 MAD 4028 MSD 29533338	MAPE 49 MAD 27308 MSD 1414333695	MAPE 47 MAD 9342 MSD 120750306	MAPE 50 MAD 32045 MSD 1608643779	MAPE 36 MAD 6416 MSD 65611525
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 24 MAD 9422 MSD 132676196	MAPE 35 MAD 6159 MSD 56181352	MAPE 29 MAD 4237 MSD 30573409	MAPE 45 MAD 29285 MSD 1621829017	MAPE 50 MAD 8525 MSD 101121428	MAPE 49 MAD 30267 MSD 1575907837	MAPE 34 MAD 6296 MSD 62103171
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 26 MAD 10440 MSD 163156136	MAPE 37 MAD 9830 MSD 168621215	MAPE 41 MAD 7464 MSD 71014333	MAPE 47 MAD 30200 MSD 1752728973	MAPE 44 MAD 8225 MSD 139746414	MAPE 47 MAD 32883 MSD 1788225157	MAPE 51 MAD 10035 MSD 150049679
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 25 MAD 10380 MSD 162535191	MAPE 36 MAD 9420 MSD 159856919	MAPE 40 MAD 7303 MSD 70058305	MAPE 48 MAD 30734 MSD 1796850615	MAPE 47 MAD 9306 MSD 118351729	MAPE 50 MAD 3158 MSD 1840791046	MAPE 50 MAD 9594 MSD 141175486
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 26 MAD 8834 MSD 102434908	MAPE 33 MAD 5564 MSD 51699692	MAPE 26 MAD 3881 MSD 26919115	MAPE 43 MAD 27615 MSD 1260142835	MAPE 48 MAD 8877 MSD 15049585	MAPE 54 MAD 27609 MSD 1223631174	MAPE 32 MAD 4392 MSD 25028113
Karesel Trend Analizi	MAPE 21 MAD 7421 MSD 76970281	MAPE 30 MAD 5166 MSD 40289347	MAPE 20 MAD 2806 MSD 14067098	MAPE 39 MAD 21361 MSD 864966263	MAPE 45 MAD 5898 MSD 12927772	MAPE 47 MAD 34460 MSD 1442191580	MAPE 30 MAD 4260 MSD 23466594
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 24 MAD 8506 MSD 101412881	MAPE 33 MAD 5900 MSD 53769158	MAPE 26 MAD 4025 MSD 27163674	MAPE 39 MAD 28725 MSD 1456804396	MAPE 43 MAD 5973 MSD 103734496	MAPE 47 MAD 30086 MSD 1518620389	MAPE 30 MAD 4414 MSD 25834774

Tablo 4.9. incelendiğinde AY grubu ürünler için MAPE değerlerinin genel olarak %21 ile %50 arasında değiştiği görülebilir. Klasik yöntemler AY grubu ürünler için, AX grubu ürünlerde olduğu kadar iyi sonuç vermese de istatistiksel açıdan kullanılabilir

oldukları tespit edilmiştir. 07620-05, 07621-01, 07621-06, 07625-08 ve 07628-06 kodlu ürünler için en iyi sonuç veren yöntem karesel trend analizi olmuştur. 07626-04 ve 07626-05 kodlu ürünler ise en iyi üssel büyüme eğrisi ile tahminlenmiştir.

Tablo 4.10' da AZ grubunda bulunan 07635-00 kodlu ürünün klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.10. AZ grubu ürünün klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu	07635-00
Yöntemler	
Hareketli Ortalama	MAPE 47 MAD 1790 MSD 5065772
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 53 MAD 2185 MSD 7919241
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 60 MAD 2068 MSD 7341374
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 56 MAD 2187 MSD 7088989
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 72 MAD 2243 MSD 6804235
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 61 MAD 1976 MSD 5182630
Karesel Trend Analizi	MAPE 52 MAD 1757 MSD 4705932
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 57 MAD 2305 MSD 6791043

Tablo 4.10 incelendiğinde, kullanılan 8 yöntem içerisinden 7 yöntemin MAPE değerinin %50' nin üzerinde olduğu görülebilir. Bu yöntemlerin tahminlemede kullanılması önerilmemektedir. Hareketli ortalama yöntemi ise %47 MAPE değerine sahip olduğundan tahminde kullanılabilir ve diğerleri ile karşılaştırıldığında daha iyi bir yöntem olduğu söylenebilir.

Tablo 4.11’de BX grubunda bulunan iki ürünün klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.11. BX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07624-06	07627-03
Hareketli Ortalama	MAPE 7 MAD 1243 MSD 2543943	MAPE 27 MAD 4286 MSD 24438795
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 5 MAD 1053 MSD 1967843	MAPE 21 MAD 3035 MSD 16117495
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 8 MAD 1623 MSD 4646150	MAPE 26 MAD 3913 MSD 21376582
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 6 MAD 1068 MSD 1963678	MAPE 18 MAD 3113 MSD 15639585
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 6 MAD 1087 MSD 1952996	MAPE 18 MAD 3118 MSD 16070131
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 5 MAD 993 MSD 1810933	MAPE 20 MAD 3175 MSD 13779275
Karesel Trend Analizi	MAPE 4 MAD 849 MSD 1121569	MAPE 17 MAD 2767 MSD 12089133
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 5 MAD 1024 MSD 1818969	MAPE 20 MAD 3129 MSD 13960144

Tablo 4.11’ e göre, 07624-06 kodlu ürün için karesel trend analizi başta olmak üzere tüm yöntemler “çok iyi” sonuç vermiştir, 07627-03 kodlu üründe ise toplamsal ayrıştırma, çarpımsal ayrıştırma, doğrusal trend analizi, karesel trend analizi ve üssel büyüme eğrisi “iyi” sonuçlar vermiştir. Bunlar arasından en iyi yöntem ise karesel trend analizi olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.12’de BY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.12. BY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07620-01	07620-03	07620-04	07621-02	07621-04	07621-07	07623-00	07623-08	07625-01
Hareketli Ortalama	MAPE 44	MAPE 26	MAPE 68	MAPE 29	MAPE 26	MAPE 30	MAPE 40	MAPE 61	MAPE 49
	MAD 1518	MAD 1481	MAD 1880	MAD 1606	MAD 1714	MAD 1781	MAD 4828	MAD 1658	MAD 4123
	MSD 4424158	MSD 3335336	MSD 5673523	MSD 3459544	MSD 1139379	MSD 5056586	MSD 38046745	MSD 5719213	MSD 25490124
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 46	MAPE 37	MAPE 76	MAPE 28	MAPE 63	MAPE 23	MAPE 26	MAPE 58	MAPE 39
	MAD 1580	MAD 1894	MAD 1755	MAD 1285	MAD 2070	MAD 1595	MAD 3611	MAD 1954	MAD 3362
	MSD 4299444	MSD 5395361	MSD 5268954	MSD 2638536	MSD 4001437	MSD 4422784	MSD 24873924	MSD 5780931	MSD 19522097
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 45	MAPE 34	MAPE 78	MAPE 30	MAPE 61	MAPE 26	MAPE 27	MAPE 60	MAPE 38
	MAD 1594	MAD 1878	MAD 2028	MAD 1483	MAD 2081	MAD 1738	MAD 3983	MAD 1938	MAD 3279
	MSD 4401135	MSD 5339167	MSD 6274089	MSD 2872622	MSD 3959119	MSD 4688965	MSD 32170180	MSD 7354577	MSD 19132874
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 34	MAPE 40	MAPE 96	MAPE 40	MAPE 80	MAPE 49	MAPE 28	MAPE 104	MAPE 45
	MAD 1354	MAD 2344	MAD 2130	MAD 2385	MAD 2350	MAD 3701	MAD 4182	MAD 3902	MAD 3832
	MSD 2881420	MSD 8408840	MSD 7131786	MSD 8103617	MSD 5688823	MSD 19931765	MSD 28804295	MSD 22244788	MSD 21437456
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 35	MAPE 41	MAPE 94	MAPE 39	MAPE 87	MAPE 47	MAPE 27	MAPE 109	MAPE 44
	MAD 1399	MAD 2361	MAD 2064	MAD 2288	MAD 2350	MAD 3496	MAD 3939	MAD 3953	MAD 3726
	MSD 2948247	MSD 8732785	MSD 6686426	MSD 7588838	MSD 51218647	MSD 17433871	MSD 26786990	MSD 21735775	MSD 21457070
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 43	MAPE 33	MAPE 76	MAPE 27	MAPE 88	MAPE 24	MAPE 26	MAPE 59	MAPE 30
	MAD 1398	MAD 1744	MAD 1795	MAD 1256	MAD 1875	MAD 1579	MAD 3177	MAD 1865	MAD 3089
	MSD 3482629	MSD 4476424	MSD 4380521	MSD 2299924	MSD 4829382	MSD 4073640	MSD 20425955	MSD 5206741	MSD 15207216
Karesel Trend Analizi	MAPE 43	MAPE 29	MAPE 66	MAPE 27	MAPE 57	MAPE 23	MAPE 26	MAPE 58	MAPE 22
	MAD 1410	MAD 1482	MAD 1611	MAD 1275	MAD 1696	MAD 1537	MAD 3281	MAD 1820	MAD 2481
	MSD 3424631	MSD 3647056	MSD 3711919	MSD 2131511	MSD 4982884	MSD 3472169	MSD 19943329	MSD 5187064	MSD 10194503
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 40	MAPE 32	MAPE 66	MAPE 26	MAPE 68	MAPE 23	MAPE 26	MAPE 55	MAPE 28
	MAD 1432	MAD 1780	MAD 1846	MAD 1291	MAD 1640	MAD 1559	MAD 3346	MAD 2035	MAD 3225
	MSD 3651596	MSD 4652535	MSD 4705893	MSD 2347333	MSD 8160682	MSD 4141818	MSD 21141640	MSD 5617898	MSD 17718376

Tablo 4.12. (Devam) BY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu	07625-02	07627-04	07628-03	07631-01	07631-04	07631-08	07632-00	07632-01	07637-02
Yöntemler									
Hareketli Ortalama	MAPE 118 MAD 3044 MSD 13717017	MAPE 37 MAD 6122 MSD 66273649	MAPE 32 MAD 1548 MSD 4493001	MAPE 100 MAD 6202 MSD 56388767	MAPE 78 MAD 5248 MSD 36138451	MAPE 81 MAD 4026 MSD 26031304	MAPE 46 MAD 1825 MSD 6253233	MAPE 83 MAD 974 MSD 1348884	MAPE 91 MAD 2991 MSD 11552624
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 60 MAD 888 MSD 5018611	MAPE 72 MAD 30045 MSD 1608643779	MAPE 32 MAD 1396 MSD 3652106	MAPE 58 MAD 4334 MSD 32337804	MAPE 154 MAD 5168 MSD 36573543	MAPE 92 MAD 3623 MSD 18525577	MAPE 34 MAD 1547 MSD 4406344	MAPE 64 MAD 820 MSD 1035085	MAPE 77 MAD 2547 MSD 8858063
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 64 MAD 1973 MSD 5540955	MAPE 34 MAD 6296 MSD 62103171	MAPE 31 MAD 1491 MSD 3601600	MAPE 90 MAD 4992 MSD 42651627	MAPE 110 MAD 5866 MSD 43758107	MAPE 70 MAD 3414 MSD 20354134	MAPE 35 MAD 1736 MSD 4831400	MAPE 62 MAD 936 MSD 1144896	MAPE 81 MAD 2694 MSD 9757911
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 113 MAD 2816 MSD 14449118	MAPE 55 MAD 10035 MSD 150049679	MAPE 32 MAD 1904 MSD 7690755	MAPE 102 MAD 5741 MSD 54667817	MAPE 120 MAD 4458 MSD 39528261	MAPE 70 MAD 3404 MSD 17316069	MAPE 50 MAD 2163 MSD 7962277	MAPE 101 MAD 1042 MSD 2470915	MAPE 113 MAD 3446 MSD 16438788
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 112 MAD 2731 MSD 14222273	MAPE 54 MAD 9594 MSD 141175486	MAPE 32 MAD 1891 MSD 7440421	MAPE 113 MAD 5414 MSD 53897923	MAPE 116 MAD 4811 MSD 38717448	MAPE 65 MAD 3341 MSD 16775811	MAPE 50 MAD 2110 MSD 7842141	MAPE 101 MAD 1042 MSD 2487259	MAPE 114 MAD 3345 MSD 15044378
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 63 MAD 2152 MSD 6634837	MAPE 30 MAD 5582 MSD 55282815	MAPE 32 MAD 1427 MSD 3156083	MAPE 90 MAD 5270 MSD 33351159	MAPE 113 MAD 4661 MSD 29918311	MAPE 99 MAD 2924 MSD 13376890	MAPE 36 MAD 1706 MSD 4010482	MAPE 53 MAD 739 MSD 821983	MAPE 72 MAD 2234 MSD 7638707
Karesel Trend Analizi	MAPE 58 MAD 1880 MSD 5669392	MAPE 23 MAD 4419 MSD 33314218	MAPE 24 MAD 1103 MSD 2450541	MAPE 93 MAD 4195 MSD 28136941	MAPE 123 MAD 4276 MSD 27242371	MAPE 100 MAD 2908 MSD 13374812	MAPE 24 MAD 1321 MSD 2481972	MAPE 46 MAD 700 MSD 730108	MAPE 70 MAD 2285 MSD 7544331
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 51 MAD 2155 MSD 7657240	MAPE 30 MAD 5936 MSD 60636876	MAPE 30 MAD 1396 MSD 3222491	MAPE 81 MAD 5510 MSD 40793467	MAPE 102 MAD 5458 MSD 46960289	MAPE 61 MAD 3632 MSD 17348751	MAPE 33 MAD 1714 MSD 4003996	MAPE 47 MAD 725 MSD 869864	MAPE 60 MAD 2223 MSD 8358360

Tablo 4.12 incelendiğinde, 18 adet BY grubu stok kaleminden 7 tanesinde tahmin yöntemlerinin hiçbirinin yeterli olmadığı görülmüştür. 07620-04 kodlu üründe MAPE değeri %66, 07623-08 kodlu üründe %55, 07625-02 kodlu üründe %51, 07631-01 kodlu üründe %58, 07631-04 kodlu üründe %78, 07631-08 kodlu üründe %61 ve 07637-02 kodlu üründe %60 olarak hesaplanmıştır. Tahmin yöntemlerinin geçerli olduğu 11 üründen 6 tanesinde en iyi yöntem karesel trend analizi olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.13' te BZ grubunda yer alan 3 ürünün klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.13. BZ grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07620-09	07622-02	07631-05
Hareketli Ortalama	MAPE 46 MAD 5502 MSD 75365505	MAPE 105 MAD 4316 MSD 31837246	MAPE 68 MAD 4917 MSD 32504814
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 46 MAD 5277 MSD 50702147	MAPE 124 MAD 2401 MSD 9058901	MAPE 83 MAD 3958 MSD 23937676
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 49 MAD 5595 MSD 58966716	MAPE 134 MAD 3470 MSD 22127352	MAPE 92 MAD 3632 MSD 20435600
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 66 MAD 10204 MSD 209863538	MAPE 145 MAD 5429 MSD 39677604	MAPE 71 MAD 3180 MSD 18662173
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 74 MAD 7019 MSD 102005518	MAPE 119 MAD 4817 MSD 37571156	MAPE 78 MAD 3472 MSD 17835166
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 77 MAD 4980 MSD 39837180	MAPE 93 MAD 3037 MSD 13005626	MAPE 65 MAD 2799 MSD 15044554
Karesel Trend Analizi	MAPE 75 MAD 4994 MSD 39626544	MAPE 73 MAD 3038 MSD 13005310	MAPE 80 MAD 2815 MSD 13598743
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 57 MAD 5055 MSD 46119816	MAPE 108 MAD 7075 MSD 140607609	MAPE 66 MAD 3163 MSD 14504215

Tablo 4.13 incelendiğinde, BZ grubu 3 kalemden 2 tanesinde yöntemlerin yeterli doğrulukta sonuç vermediği görülmektedir. 07622-02 kodlu ürün için MAPE değeri %73, 07631-05 kodlu ürün içinse MAPE değeri %65' tir. 07620-09 kodlu üründe en iyi sonucu veren yöntem basit üssel düzleştirme yöntemi olmuştur.

Tablo 4.14' te ise CX grubuna dahil ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri verilmektedir.

Tablo 4.14. CX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	02096-06	07624-07	07632-09	07634-09
Hareketli Ortalama	MAPE 28 MAD 440 MSD 250085	MAPE 15 MAD 613 MSD 636517	MAPE 23 MAD 473 MSD 333340	MAPE 25 MAD 858 MSD 941215
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 24 MAD 367 MSD 183975	MAPE 11 MAD 456 MSD 395226	MAPE 20 MAD 388 MSD 237319	MAPE 21 MAD 715 MSD 644771
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 25 MAD 403 MSD 212087	MAPE 13 MAD 515 MSD 466422	MAPE 22 MAD 421 MSD 253127	MAPE 23 MAD 757 MSD 731200
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 18 MAD 315 MSD 152943	MAPE 12 MAD 482 MSD 394103	MAPE 31 MAD 559 MSD 430111	MAPE 24 MAD 755 MSD 853863
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 17 MAD 308 MSD 149662	MAPE 12 MAD 476 MSD 400274	MAPE 31 MAD 558 MSD 425301	MAPE 24 MAD 758 MSD 843070
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 22 MAD 342 MSD 162204	MAPE 10 MAD 414 MSD 329658	MAPE 18 MAD 358 MSD 202634	MAPE 19 MAD 627 MSD 543359
Karesel Trend Analizi	MAPE 21 MAD 340 MSD 160785	MAPE 10 MAD 401 MSD 303147	MAPE 18 MAD 351 MSD 188236	MAPE 19 MAD 648 MSD 532426
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 21 MAD 344 MSD 164958	MAPE 10 MAD 413 MSD 332622	MAPE 17 MAD 350 MSD 205507	MAPE 18 MAD 629 MSD 605817

Tablo 4.14' te verilen sonuçlara göre 07624-07 kodlu ürün için karesel trend analizi "çok iyi"; 02096-06 kodlu ürün için çarpımsal ayrıştırma, 07632-09 ve 07634-09 kodlu ürünler için ise üssel büyüme eğrisi "iyi" sonuçlar vermektedir. Diğer yöntemlerin verdiği sonuçlar incelendiğinde de en yüksek MAPE değerinin %31 olduğu görüldüğünden CX grubu ürünler için tüm yöntemlerin kullanılabilir olduğu söylenebilir.

Tablo 4.15 CY grubuna dahil 26 ürünün; Tablo 4.16 ise CZ grubunda yer alan 24 ürünün talep tahminlerinin klasik yöntemler ile gerçekleştirilmesi sonucu elde edilen hata parametrelerini göstermektedir.

Tablo 4.15. CY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	02094-01	02094-02	02096-00	02096-01	02096-07	02096-08	07628-02	07632-03	07632-04
Hareketli Ortalama	MAPE 35	MAPE 28	MAPE 19	MAPE 24	MAPE 67	MAPE 19	MAPE 76	MAPE 66	MAPE 39
	MAD 277	MAD 625	MAD 241	MAD 300	MAD 374	MAD 387	MAD 583	MAD 196	MAD 548
	MSD 148833	MSD 930312	MSD 79841	MSD 143943	MSD 248542	MSD 247226	MSD 481828	MSD 67568	MSD 505466
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 66	MAPE 57	MAPE 19	MAPE 27	MAPE 59	MAPE 21	MAPE 49	MAPE 58	MAPE 31
	MAD 342	MAD 584	MAD 199	MAD 265	MAD 350	MAD 361	MAD 414	MAD 200	MAD 462
	MSD 227734	MSD 664210	MSD 59871	MSD 116801	MSD 190124	MSD 214263	MSD 293360	MSD 60158	MSD 342049
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 69	MAPE 44	MAPE 19	MAPE 34	MAPE 62	MAPE 23	MAPE 49	MAPE 56	MAPE 25
	MAD 364	MAD 467	MAD 180	MAD 263	MAD 306	MAD 373	MAD 448	MAD 214	MAD 417
	MSD 214327	MSD 521063	MSD 51399	MSD 103880	MSD 189911	MSD 180151	MSD 326666	MSD 70125	MSD 370768
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 66	MAPE 40	MAPE 16	MAPE 26	MAPE 40	MAPE 22	MAPE 51	MAPE 91	MAPE 30
	MAD 413	MAD 572	MAD 181	MAD 273	MAD 347	MAD 390	MAD 515	MAD 259	MAD 548
	MSD 251692	MSD 698338	MSD 61666	MSD 117602	MSD 199101	MSD 248029	MSD 464498	MSD 125420	MSD 500257
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 62	MAPE 42	MAPE 19	MAPE 24	MAPE 37	MAPE 26	MAPE 48	MAPE 89	MAPE 30
	MAD 383	MAD 519	MAD 194	MAD 268	MAD 309	MAD 414	MAD 490	MAD 262	MAD 537
	MSD 225029	MSD 606454	MSD 63713	MSD 122573	MSD 168275	MSD 241098	MSD 434214	MSD 117499	MSD 482701
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 62	MAPE 45	MAPE 16	MAPE 24	MAPE 52	MAPE 19	MAPE 55	MAPE 49	MAPE 24
	MAD 315	MAD 442	MAD 151	MAD 211	MAD 263	MAD 295	MAD 385	MAD 185	MAD 378
	MSD 168683	MSD 401735	MSD 36870	MSD 66671	MSD 140536	MSD 126780	MSD 251656	MSD 52118	MSD 247327
Karesel Trend Analizi	MAPE 59	MAPE 34	MAPE 15	MAPE 24	MAPE 52	MAPE 20	MAPE 54	MAPE 46	MAPE 25
	MAD 310	MAD 403	MAD 146	MAD 207	MAD 263	MAD 69	MAD 378	MAD 177	MAD 387
	MSD 167145	MSD 341866	MSD 30244	MSD 65143	MSD 140534	MSD 126657	MSD 250313	MSD 45829	MSD 242138
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 46	MAPE 38	MAPE 17	MAPE 23	MAPE 49	MAPE 19	MAPE 51	MAPE 43	MAPE 24
	MAD 324	MAD 510	MAD 172	MAD 220	MAD 290	MAD 292	MAD 410	MAD 180	MAD 385
	MSD 201613	MSD 569363	MSD 46848	MSD 75054	MSD 151831	MSD 132289	MSD 269708	MSD 55167	MSD 250677

Tablo 4.15. (Devam) CY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07632-05	07632-06	07632-07	07632-08	07632-11	07632-14	07632-15	07632-22	07633-02
Hareketli Ortalama	MAPE 63	MAPE 34	MAPE 93	MAPE 37	MAPE 21	MAPE 121	MAPE 39	MAPE 105	MAPE 89
	MAD 558	MAD 370	MAD 732	MAD 164	MAD 331	MAD 203	MAD 139	MAD 142	MAD 1301
	MSD 546348	MSD 175546	MSD 735688	MSD 43891	MSD 182228	MSD 79232	MSD 32801	MSD 31603	MSD 2180788
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 66	MAPE 30	MAPE 81	MAPE 31	MAPE 33	MAPE 98	MAPE 35	MAPE 88	MAPE 93
	MAD 584	MAD 309	MAD 679	MAD 15	MAD 337	MAD 174	MAD 123	MAD 131	MAD 978
	MSD 434074	MSD 117703	MSD 656492	MSD 33149	MSD 149015	MSD 49326	MSD 24719	MSD 26503	MSD 1434832
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 55	MAPE 34	MAPE 95	MAPE 30	MAPE 37	MAPE 99	MAPE 36	MAPE 85	MAPE 123
	MAD 542	MAD 358	MAD 705	MAD 153	MAD 284	MAD 172	MAD 111	MAD 143	MAD 1098
	MSD 445166	MSD 155071	MSD 652322	MSD 37049	MSD 123621	MSD 56455	MSD 24445	MSD 26730	MSD 1735023
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 43	MAPE 30	MAPE 95	MAPE 28	MAPE 26	MAPE 105	MAPE 41	MAPE 50	MAPE 75
	MAD 529	MAD 343	MAD 107	MAD 145	MAD 267	MAD 165	MAD 123	MAD 157	MAD 1351
	MSD 574956	MSD 180544	MSD 488958	MSD 39482	MSD 98790	MSD 56072	MSD 26938	MSD 47372	MSD 2648404
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 50	MAPE 29	MAPE 93	MAPE 28	MAPE 25	MAPE 105	MAPE 42	MAPE 47	MAPE 77
	MAD 566	MAD 344	MAD 508	MAD 147	MAD 255	MAD 164	MAD 123	MAD 139	MAD 1335
	MSD 571723	MSD 183699	MSD 498560	MSD 40522	MSD 103936	MSD 54496	MSD 25593	MSD 41950	MSD 2603125
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 59	MAPE 26	MAPE 108	MAPE 23	MAPE 25	MAPE 89	MAPE 30	MAPE 73	MAPE 104
	MAD 531	MAD 281	MAD 566	MAD 122	MAD 238	MAD 137	MAD 93	MAD 126	MAD 1010
	MSD 387712	MSD 103942	MSD 499392	MSD 25221	MSD 71106	MSD 38685	MSD 16918	MSD 20572	MSD 1507020
Karesel Trend Analizi	MAPE 50	MAPE 25	MAPE 60	MAPE 23	MAPE 25	MAPE 86	MAPE 30	MAPE 73	MAPE 73
	MAD 429	MAD 275	MAD 518	MAD 121	MAD 238	MAD 133	MAD 95	MAD 125	MAD 126
	MSD 247587	MSD 95101	MSD 382874	MSD 25134	MSD 70434	MSD 38485	MSD 16810	MSD 20540	MSD 20572
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 47	MAPE 24	MAPE 75	MAPE 22	MAPE 24	MAPE 77	MAPE 29	MAPE 65	MAPE 73
	MAD 494	MAD 270	MAD 662	MAD 119	MAD 259	MAD 153	MAD 96	MAD 135	MAD 125
	MSD 409193	MSD 106513	MSD 748061	MSD 25763	MSD 85481	MSD 43350	MSD 17714	MSD 22442	MSD 20540

Tablo 4.15. (Devam) CY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07633-04	07633-05	07634-00	07634-08	07635-02	07635-03	07636-03	07637-01
Hareketli Ortalama	MAPE 99	MAPE 47	MAPE 67	MAPE 73	MAPE 123	MAPE 79	MAPE 45	MAPE 127
	MAD 488	MAD 2901	MAD 2242	MAD 769	MAD 387	MAD 135	MAD 1122	MAD 455
	MSD 288717	MSD 11233425	MSD 9025402	MSD 891064	MSD 187288	MSD 30821	MSD 1642884	MSD 331812
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 77	MAPE 39	MAPE 65	MAPE 69	MAPE 90	MAPE 72	MAPE 33	MAPE 100
	MAD 392	MAD 2275	MAD 2000	MAD 625	MAD 292	MAD 124	MAD 858	MAD 346
	MSD 184352	MSD 7725600	MSD 7086206	MSD 596906	MSD 131517	MSD 23145	MSD 1212461	MSD 194027
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 87	MAPE 38	MAPE 70	MAPE 63	MAPE 105	MAPE 84	MAPE 34	MAPE 107
	MAD 440	MAD 2004	MAD 2192	MAD 595	MAD 122	MAD 140	MAD 925	MAD 376
	MSD 230164	MSD 7356445	MSD 8478168	MSD 603244	MSD 163826	MSD 28917	MSD 1359847	MSD 227554
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 74	MAPE 47	MAPE 43	MAPE 77	MAPE 99	MAPE 49	MAPE 39	MAPE 91
	MAD 330	MAD 2184	MAD 1561	MAD 639	MAD 292	MAD 113	MAD 876	MAD 362
	MSD 179099	MSD 8688477	MSD 3878800	MSD 631641	MSD 129087	MSD 20988	MSD 1303508	MSD 260461
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 80	MAPE 49	MAPE 47	MAPE 78	MAPE 107	MAPE 42	MAPE 40	MAPE 76
	MAD 363	MAD 2240	MAD 1644	MAD 641	MAD 317	MAD 108	MAD 912	MAD 361
	MSD 200772	MSD 8588567	MSD 4453566	MSD 592789	MSD 140581	MSD 19772	MSD 1395099	MSD 260309
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 66	MAPE 32	MAPE 58	MAPE 70	MAPE 77	MAPE 67	MAPE 29	MAPE 93
	MAD 369	MAD 1730	MAD 1773	MAD 544	MAD 273	MAD 103	MAD 800	MAD 306
	MSD 169881	MSD 5307574	MSD 5720803	MSD 483731	MSD 119831	MSD 17756	MSD 1104007	MSD 155743
Karesel Trend Analizi	MAPE 59	MAPE 32	MAPE 58	MAPE 70	MAPE 70	MAPE 68	MAPE 25	MAPE 94
	MAD 315	MAD 1733	MAD 1766	MAD 543	MAD 242	MAD 100	MAD 681	MAD 307
	MSD 136515	MSD 5259072	MSD 5719684	MSD 483571	MSD 101605	MSD 17603	MSD 706623	MSD 155548
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 54	MAPE 32	MAPE 50	MAPE 59	MAPE 62	MAPE 60	MAPE 27	MAPE 71
	MAD 355	MAD 1835	MAD 1768	MAD 570	MAD 293	MAD 108	MAD 803	MAD 334
	MSD 183054	MSD 5546559	MSD 6121785	MSD 545792	MSD 137915	MSD 19508	MSD 1201859	MSD 174817

Tablo 4.16. CZ grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	02094-03	07627-05	07627-07	07631-02	07632-10	07632-12	07632-13	07633-01	07633-03
Hareketli Ortalama	MAPE 45	MAPE 155	MAPE 125	MAPE 67	MAPE 102	MAPE 106	MAPE 104	MAPE 44	MAPE 122
	MAD 735	MAD 338	MAD 1541	MAD 1137	MAD 669	MAD 1058	MAD 322	MAD 1781	MAD 787
	MSD 755237	MSD 177432	MSD 4212185	MSD 1826314	MSD 616685	MSD 1740333	MSD 140138	MSD 4844506	MSD 959161
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 59	MAPE 163	MAPE 100	MAPE 116	MAPE 109	MAPE 136	MAPE 135	MAPE 62	MAPE 75
	MAD 572	MAD 288	MAD 1431	MAD 1083	MAD 503	MAD 679	MAD 288	MAD 1615	MAD 605
	MSD 540462	MSD 124859	MSD 3180117	MSD 1674363	MSD 389580	MSD 865353	MSD 115887	MSD 4012587	MSD 639365
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 58	MAPE 109	MAPE 106	MAPE 153	MAPE 109	MAPE 150	MAPE 169	MAPE 80	MAPE 86
	MAD 416	MAD 309	MAD 1592	MAD 1093	MAD 582	MAD 769	MAD 259	MAD 1586	MAD 625
	MSD 375688	MSD 148643	MSD 3822968	MSD 1828070	MSD 497015	MSD 934668	MSD 107414	MSD 3553548	MSD 702498
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 43	MAPE 213	MAPE 94	MAPE 120	MAPE 107	MAPE 109	MAPE 109	MAPE 63	MAPE 85
	MAD 444	MAD 352	MAD 3537	MAD 1386	MAD 642	MAD 826	MAD 403	MAD 2276	MAD 606
	MSD 365109	MSD 194595	MSD 23261108	MSD 2401078	MSD 785468	MSD 1164230	MSD 226333	MSD 8157455	MSD 535159
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 91	MAPE 136	MAPE 103	MAPE 120	MAPE 107	MAPE 160	MAPE 108	MAPE 74	MAPE 98
	MAD 518	MAD 355	MAD 2710	MAD 1358	MAD 566	MAD 841	MAD 301	MAD 2171	MAD 667
	MSD 408330	MSD 189199	MSD 10562152	MSD 2278661	MSD 559211	MSD 1284391	MSD 147334	MSD 7174996	MSD 670008
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 44	MAPE 142	MAPE 117	MAPE 113	MAPE 115	MAPE 104	MAPE 184	MAPE 63	MAPE 55
	MAD 386	MAD 269	MAD 1332	MAD 938	MAD 539	MAD 769	MAD 227	MAD 1323	MAD 482
	MSD 303133	MSD 103938	MSD 2973390	MSD 1408802	MSD 456775	MSD 921794	MSD 76100	MSD 2460919	MSD 540868
Karesel Trend Analizi	MAPE 78	MAPE 124	MAPE 116	MAPE 97	MAPE 101	MAPE 116	MAPE 108	MAPE 63	MAPE 63
	MAD 399	MAD 255	MAD 1296	MAD 845	MAD 471	MAD 584	MAD 197	MAD 1347	MAD 489
	MSD 284979	MSD 102592	MSD 2462833	MSD 1271953	MSD 307840	MSD 568466	MSD 64867	MSD 2440034	MSD 464562
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 56	MAPE 105	MAPE 92	MAPE 83	MAPE 95	MAPE 101	MAPE 135	MAPE 53	MAPE 44
	MAD 482	MAD 328	MAD 1405	MAD 980	MAD 668	MAD 977	MAD 350	MAD 1381	MAD 470
	MSD 807091	MSD 165573	MSD 3735072	MSD 1610047	MSD 581341	MSD 1753678	MSD 187013	MSD 2685586	MSD 599778

Tablo 4.16. (Devam) CZ grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07633-06	07633-07	07633-08	07633-09	07622-03	07634-02	07634-05	07634-06	07634-07
Hareketli Ortalama	MAPE 110 MAD 391 MSD 209617	MAPE 92 MAD 415 MSD 254066	MAPE 74 MAD 854 MSD 1236312	MAPE 98 MAD 176 MSD 53716	MAPE 93 MAD 1255 MSD 2255415	MAPE 72 MAD 1116 MSD 2047594	MAPE 129 MAD 49 MSD 3287	MAPE 132 MAD 272 MSD 93366	MAPE 92 MAD 188 MSD 53330
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 107 MAD 351 MSD 174393	MAPE 117 MAD 358 MSD 192401	MAPE 73 MAD 763 MSD 1048784	MAPE 94 MAD 137 MSD 34365	MAPE 86 MAD 1114 MSD 2087413	MAPE 61 MAD 929 MSD 1519864	MAPE 137 MAD 38 MSD 2156	MAPE 186 MAD 232 MSD 68373	MAPE 83 MAD 166 MSD 45982
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 129 MAD 346 MSD 212509	MAPE 187 MAD 404 MSD 248292	MAPE 80 MAD 684 MSD 931430	MAPE 129 MAD 158 MSD 40373	MAPE 103 MAD 1188 MSD 2180061	MAPE 60 MAD 859 MSD 1639999	MAPE 132 MAD 40 MSD 2296	MAPE 156 MAD 250 MSD 82255	MAPE 121 MAD 169 MSD 42505
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 175 MAD 390 MSD 232682	MAPE 106 MAD 369 MSD 207929	MAPE 54 MAD 549 MSD 536841	MAPE 111 MAD 174 MSD 47202	MAPE 107 MAD 1672 MSD 4148039	MAPE 86 MAD 1104 MSD 2555061	MAPE 161 MAD 52 MSD 4063	MAPE 146 MAD 269 MSD 109362	MAPE 108 MAD 147 MSD 33506
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 95 MAD 386 MSD 217917	MAPE 109 MAD 381 MSD 224976	MAPE 67 MAD 644 MSD 737150	MAPE 127 MAD 164 MSD 42305	MAPE 130 MAD 1657 MSD 4319349	MAPE 101 MAD 1169 MSD 2664411	MAPE 162 MAD 51 MSD 3900	MAPE 119 MAD 274 MSD 112159	MAPE 124 MAD 15 MSD 33946
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 104 MAD 321 MSD 149730	MAPE 124 MAD 327 MSD 155119	MAPE 63 MAD 601 MSD 693844	MAPE 99 MAD 141 MSD 31078	MAPE 99 MAD 824 MSD 1229640	MAPE 81 MAD 1071 MSD 1687634	MAPE 112 MAD 34 MSD 1790	MAPE 136 MAD 216 MSD 60246	MAPE 88 MAD 135 MSD 29156
Karesel Trend Analizi	MAPE 130 MAD 282 MSD 117419	MAPE 93 MAD 287 MSD 128124	MAPE 61 MAD 569 MSD 665937	MAPE 103 MAD 142 MSD 30936	MAPE 104 MAD 808 MSD 1219417	MAPE 43 MAD 630 MSD 798693	MAPE 103 MAD 31 MSD 1618	MAPE 1122 MAD 203 MSD 55530	MAPE 93 MAD 136 MSD 28990
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 88 MAD 344 MSD 196602	MAPE 95 MAD 358 MSD 185733	MAPE 58 MAD 649 MSD 799116	MAPE 83 MAD 139 MSD 36784	MAPE 73 MAD 911 MSD 1413493	MAPE 64 MAD 1040 MSD 1858083	MAPE 82 MAD 33 MSD 2064	MAPE 90 MAD 201 MSD 77814	MAPE 71 MAD 141 MSD 34484

Tablo 4.16. (Devam) CZ grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07635-04	07635-05	07635-06	07635-09	07636-01	07636-02
Hareketli Ortalama	MAPE 102 MAD 865 MSD 1187549	MAPE 120 MAD 507 MSD 438914	MAPE 97 MAD 509 MSD 335611	MAPE 247 MAD 75 MSD 7594	MAPE 182 MAD 150 MSD 32940	MAPE 102 MAD 384 MSD 225962
Basit Üssel Düzleştirme	MAPE 81 MAD 702 MSD 783750	MAPE 115 MAD 463 MSD 325728	MAPE 109 MAD 416 MSD 237351	MAPE 176 MAD 68 MSD 6044	MAPE 161 MAD 150 MSD 31199	MAPE 93 MAD 305 MSD 157442
Holt Çift Doğrusal Üssel Düzleştirme	MAPE 75 MAD 741 MSD 897468	MAPE 145 MAD 453 MSD 403433	MAPE 115 MAD 453 MSD 403433	MAPE 148 MAD 64 MSD 5903	MAPE 156 MAD 159 MSD 33530	MAPE 105 MAD 285 MSD 141754
Toplamsal Ayrıştırma	MAPE 64 MAD 753 MSD 1071930	MAPE 76 MAD 371 MSD 236315	MAPE 127 MAD 526 MSD 419502	MAPE 360 MAD 108 MSD 19432	MAPE 78 MAD 195 MSD 69823	MAPE 65 MAD 314 MSD 160217
Çarpımsal Ayrıştırma	MAPE 68 MAD 791 MSD 1109971	MAPE 97 MAD 443 MSD 252927	MAPE 156 MAD 524 MSD 451178	MAPE 368 MAD 111 MSD 19613	MAPE 137 MAD 190 MSD 57161	MAPE 71 MAD 343 MSD 195981
Doğrusal Trend Analizi	MAPE 80 MAD 662 MSD 654181	MAPE 103 MAD 400 MSD 271775	MAPE 100 MAD 360 MSD 199728	MAPE 110 MAD 54 MSD 4484	MAPE 108 MAD 124 MSD 24503	MAPE 94 MAD 261 MSD 101111
Karesel Trend Analizi	MAPE 75 MAD 648 MSD 607882	MAPE 107 MAD 396 MSD 254076	MAPE 124 MAD 332 MSD 168346	MAPE 116 MAD 55 MSD 4355	MAPE 87 MAD 119 MSD 22801	MAPE 90 MAD 256 MSD 99599
Üssel Büyüme Eğrisi	MAPE 62 MAD 620 MSD 723714	MAPE 81 MAD 410 MSD 307917	MAPE 98 MAD 367 MSD 232809	MAPE 77 MAD 53 MSD 5183	MAPE 76 MAD 133 MSD 29499	MAPE 76 MAD 264 MSD 114385

Tablo 4.15 incelendiğinde, CY grubuna dahil 26 ürünün 1' inde tahmin yöntemlerinin "iyi" 18' inde "kabul edilebilir" sonuçlar verdiği görülebilir. Ürünlerin 3' ünde hareketli ortalama, 1 tanesinde toplamsal ayrıştırma, 4 tanesinde çarpımsal ayrıştırma, 1' inde doğrusal trend analizi, 2' sinde karesel trend analizi ve 8 tanesinde de üssel büyüme eğrisi diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. 07632-07, 07632-14, 07633-02, 07633-04, 07634-08, 07635-02 ve 07637-01 kodlu ürünlerin ise klasik yöntemlerle tahminlenemeyeceği görülmektedir.

Tablo 4.16 ise, CZ grubuna dahil 24 üründen yalnızca 4 tanesinde MAPE değerlerinin %50' nin altında olduğunu göstermektedir. Bu ürünler 02094-03, 07633-01, 07633-04 ve 07634-02 kodlu ürünler olup MAPE değerleri sırasıyla %43, 44, 44 ve 43' tür. Klasik talep tahmin yöntemleri ile 24 üründen 20'sine uygun bir model bulunamamıştır. Bazı ürünler için en iyi MAPE değeri dahi %100' ün üzerinde hesaplanmıştır.

Tablo 4.17' de klasik modeller ile tahminleme sonunda her grupta seçilen yöntemlerden elde edilen en iyi ve en kötü MAPE değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.17. En iyi ve en kötü MAPE değerleri (klasik yöntemler)

	X		Y		Z	
A	%5	%8	%20	%47	%47	
B	%4	%17	%22	%78	%46	%73
C	%10	%18	%15	%77	%43	%105

4.6.2. Gri modeller ile talep tahminlemesi

Bu bölümde öncelikle rassal olarak seçilen bir ürün üzerinden çalışmada kullanılan gri modellerin işlemleri açıklanacak, sonrasında tüm ürünler için modellerden elde edilen hata parametreleri tablolar halinde verilecektir.

4.6.2.1. GM (1,1) ile talep tahmini

07627-06 kodlu ürüne dair ham veri setini ifade eden $X^{(0)}$ serisi $X^{(0)}=(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),\ldots,x^{(0)}(n))$ Tablo 4.18' de verilmiştir.

Tablo 4.18. $X^{(0)}$ serisi

$X^{(0)}_1$	344.971
$X^{(0)}_2$	223.750
$X^{(0)}_3$	308.697
$X^{(0)}_4$	315.118
$X^{(0)}_5$	310.900
$X^{(0)}_6$	290.729
$X^{(0)}_7$	290.137
$X^{(0)}_8$	343.993
$X^{(0)}_9$	263.659
$X^{(0)}_{10}$	274.530
$X^{(0)}_{11}$	265.761
$X^{(0)}_{12}$	280.941
$X^{(0)}_{13}$	314.627
$X^{(0)}_{14}$	301.885
$X^{(0)}_{15}$	305.199
$X^{(0)}_{16}$	272.189

$X^{(0)}$ serisi, birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton artan $X^{(1)}$ serisine dönüştürülür. $X^{(1)}$ serisi Tablo 4.19' da verilmiştir.

$X^{(1)}=(x^{(1)}(1), x^{(1)}(2),x^{(1)}(3),\ldots,x^{(1)}(n))$

Tablo 4.19. $X^{(1)}$ serisi

$X^{(1)}_1$	344.971
$X^{(1)}_2$	568.721
$X^{(1)}_3$	877.418
$X^{(1)}_4$	1.192.536
$X^{(1)}_5$	1.503.436
$X^{(1)}_6$	1.794.165
$X^{(1)}_7$	2.084.302
$X^{(1)}_8$	2.428.295
$X^{(1)}_9$	2.691.954
$X^{(1)}_{10}$	2.966.484
$X^{(1)}_{11}$	3.232.245
$X^{(1)}_{12}$	3.513.186
$X^{(1)}_{13}$	3.827.813
$X^{(1)}_{14}$	4.129.698
$X^{(1)}_{15}$	4.434.897
$X^{(1)}_{16}$	4.707.086

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi Tablo 4.20' de verilmiştir. $Z^{(1)}$ dizisi, ardışık $X^{(1)}$ birikim değerlerinin ortalaması ile oluşturulmuş bir dizidir.

$Z^{(1)}=(z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), z^{(1)}(4),\ldots,z^{(1)}(n))$

Tablo 4.20. $Z^{(1)}$ serisi

$Z^{(1)}_2$	456.846
$Z^{(1)}_3$	723.070
$Z^{(1)}_4$	1.034.977
$Z^{(1)}_5$	1.347.986
$Z^{(1)}_6$	1.648.801
$Z^{(1)}_7$	1.939.234
$Z^{(1)}_8$	2.256.299
$Z^{(1)}_9$	2.560.125
$Z^{(1)}_{10}$	2.829.219
$Z^{(1)}_{11}$	3.099.365
$Z^{(1)}_{12}$	3.372.716
$Z^{(1)}_{13}$	3.670.500
$Z^{(1)}_{14}$	3.978.756
$Z^{(1)}_{15}$	4.282.298
$Z^{(1)}_{16}$	4.570.992

Gri diferansiyel denklem için EKKY tahmin dizisi, GM (1,1) için aşağıda tanımlandığı gibi olmaktadır:

$x^{(0)}(k) + a.z^{(1)}=b$

a ve b katsayılarını hesaplamak için kullanılacak B ve Y matrisleri aşağıda tanımlanmıştır:

B matrisi Tablo 4.21, Y matrisi ise Tablo 4.22' de gösterilmiştir:

Tablo 4.21. B matrisi

-456.846	1
-723.070	1
-1.034.977	1
-1.347.986	1
-1.648.801	1
-1.939.234	1
-2.256.299	1
-2.560.125	1
-2.829.219	1
-3.099.365	1
-3.372.716	1
-3.670.500	1
-3.978.756	1
-4.282.298	1
-4.570.992	1

Tablo 4.22. Y matrisi

223.750
308.697
315.118
310.900
290.729
290.137
343.993
263.659
274.530
265.761
280.941
314.627
301.885
305.199
272.189

Denklem 3.29 ile a (-0,0014); b (287192,4146) olarak hesaplanır. Son olarak Denklem (3.32) kullanılarak tahmin değerleri Tablo 4.23' te verildiği gibi hesaplanır:

Tablo 4.23. $\hat{X}^{(0)}$ serisi

$\hat{X}^{(0)}_2$	287.894
$\hat{X}^{(0)}_3$	288.308
$\hat{X}^{(0)}_4$	288.722
$\hat{X}^{(0)}_5$	289.137
$\hat{X}^{(0)}_6$	289.552
$\hat{X}^{(0)}_7$	289.968
$\hat{X}^{(0)}_8$	290.385
$\hat{X}^{(0)}_9$	290.802
$\hat{X}^{(0)}_{10}$	291.220
$\hat{X}^{(0)}_{11}$	291.638
$\hat{X}^{(0)}_{12}$	292.057
$\hat{X}^{(0)}_{13}$	292.477
$\hat{X}^{(0)}_{14}$	292.897
$\hat{X}^{(0)}_{15}$	293.318
$\hat{X}^{(0)}_{16}$	293.740

Hata parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan veriler GM (1,1) için Tablo 4.24' te ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Diğer modeller için sonuçlar doğrudan verilecektir.

Tablo 4.24. Hata paremetrelerinin hesabı

Zaman	Gerçek	Tahmin	Hata	Mutlak Hata	Hata^2	Mutlak Hata/ Gerçek
1	344.971	-	-	-	-	-
2	223.750	287.894	-64.144	64.144	4.114.493.017	0,29
3	308.697	288.308	20.389	20.389	415.713.521	0,07
4	315.118	288.722	26.396	26.396	696.739.715	0,08
5	310.900	289.137	21.763	21.763	473.628.435	0,07
6	290.729	289.552	1.177	1.177	1.384.361	0,00
7	290.137	289.968	169	169	28.417	0,00
8	343.993	290.385	53.608	53.608	2.873.813.617	0,16
9	263.659	290.802	-27.143	27.143	736.755.932	0,10
10	274.530	291.220	-16.690	16.690	278.558.049	0,06
11	265.761	291.638	-25.877	25.877	669.643.388	0,10
12	280.941	292.057	-11.116	11.116	123.576.132	0,04
13	314.627	292.477	22.150	22.150	490.618.349	0,07
14	301.885	292.897	8.988	8.988	80.778.570	0,03
15	305.199	293.318	11.881	11.881	141.155.068	0,04
16	272.189	293.740	-21.551	21.551	464.426.417	0,08

Bölüm 2.4' te verilen formüller yardımıyla, MAPE %7,91 MAD 22.203 ve MSD 770.754.199 olarak hesaplanır.

4.6.2.2. RM (1,1) ile talep tahmini

RM (1,1) yönteminde k<n olmak üzere bir k seçilerek $x^{(0)}(k+1)$ tahmini $X^{(0)}=(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),\ldots,x^{(0)}(k))$ ile gerçekleştirilir. Sonrasında en eski veri, veri setinden çıkarılarak $x^{(0)}(k+1)$ verinin sonuna eklenir ve işlem tekrarlanır. Çalışmada veri sayısı dikkate alınarak k, 6 olarak belirlenmiştir. $X^{(0)}$ serisi Tablo 4.25' te verilmiştir. $X^{(1)}$ serisi ise Tablo 4.26' da verilmiştir.

Tablo 4.25. $X^{(0)}$ serisi

$X^{(0)}_1$	344.971
$X^{(0)}_2$	223.750
$X^{(0)}_3$	308.697
$X^{(0)}_4$	315.118
$X^{(0)}_5$	310.900
$X^{(0)}_6$	290.729

Tablo 4.26. $X^{(1)}$ serisi

$X^{(1)}_1$	344.971
$X^{(1)}_2$	568.721
$X^{(1)}_3$	877.418
$X^{(1)}_4$	1.192.536
$X^{(1)}_5$	1.503.436
$X^{(1)}_6$	1.794.165

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi Tablo 4.27'de gösterildiği gibidir:

Tablo 4.27. $Z^{(1)}$ serisi

$Z^{(1)}_2$	456.846
$Z^{(1)}_3$	723.070
$Z^{(1)}_4$	1.034.977
$Z^{(1)}_5$	1.347.986
$Z^{(1)}_6$	1.648.801

a ve b katsayılarını hesaplamak için kullanılacak B matrisi Tablo 4.28' de, Y matrisi ise Tablo 4.29' da gösterilmiştir:

Tablo 4.28. B matrisi

-456.846	1
-723.070	1
-1.034.977	1
-1.347.986	1
-1.648.801	1

Tablo 4.29. Y matrisi

223.750
308.697
315.118
310.900
290.729
290.137

Denklem (3.29) ile a (-0,04356); b (24435,6) olarak hesaplanır. Son olarak Denklem (3.32) kullanılarak 7. dönem tahmini 329.727 olarak bulunur.

RM (1,1) algoritmasına göre bir sonraki $X^{(0)}$ serisi aşağıda verildiği gibi olacak ve aynı işlemler tekrarlanacaktır.

$X^{(0)}$=(223.750, 308.697, 315.118, 310.900, 290.729, 290.137)

11 adet $X^{(0)}$ serisi için yapılan işlemler sonrası hesaplanan 10 tahmin değeri Tablo 4.30' da verildiği gibidir:

Tablo 4.30. $\hat{X}^{(0)}$ serisi

$\hat{X}^{(0)}_7$	329.727
$\hat{X}^{(0)}_8$	285.267
$\hat{X}^{(0)}_9$	321.932
$\hat{X}^{(0)}_{10}$	287.974
$\hat{X}^{(0)}_{11}$	254.226
$\hat{X}^{(0)}_{12}$	248.251
$\hat{X}^{(0)}_{13}$	314.713
$\hat{X}^{(0)}_{14}$	320.001
$\hat{X}^{(0)}_{15}$	324.045
$\hat{X}^{(0)}_{16}$	287.281

Tahminleme sonucu hesaplanan MAPE değeri %9,14; MAD 26.640 ve MSD 1.070.548.496'dır.

4.6.2.3. DGM ile talep tahmini

$X^{(0)}$ ve $X^{(1)}$ serisi GM (1,1) yönteminde açıklandığı gibi oluşturulur.

β_1 ve β_2 katsayılarını hesaplamak için kullanılacak B ve Y matrisleri Tablo 4.31 ve Tablo 4.32' de verilmiştir:

Tablo 4.31. B matrisi

344.971	1
568.721	1
877.418	1
1.192.536	1
1.503.436	1
1.794.165	1
2.084.302	1
2.428.295	1
2.691.954	1
2.966.484	1
3.232.245	1
3.513.186	1
3.827.813	1
4.129.698	1
4.434.897	1

Tablo 4.32. Y matrisi

568.721
877.418
1.192.536
1.503.436
1.794.165
2.084.302
2.428.295
2.691.954
2.966.484
3.232.245
3.513.186
3.827.813
4.129.698
4.434.897
4.707.086

Denklem (3.34) yardımıyla β_1 (1,001197); β_2 (287967,7) olarak belirlenir. Son olarak Denklem (3.37) kullanılarak tahmin değerleri Tablo 4.32' de verildiği gibi hesaplanır:

Tablo 4.33. $\hat{X}^{(0)}$ serisi

$\hat{X}^{(0)}_3$	224.018
$\hat{X}^{(0)}_4$	309.066
$\hat{X}^{(0)}_5$	315.495
$\hat{X}^{(0)}_6$	311.272
$\hat{X}^{(0)}_7$	291.077
$\hat{X}^{(0)}_8$	290.484
$\hat{X}^{(0)}_9$	344.405
$\hat{X}^{(0)}_{10}$	263.975
$\hat{X}^{(0)}_{11}$	274.859
$\hat{X}^{(0)}_{12}$	266.079
$\hat{X}^{(0)}_{13}$	281.277
$\hat{X}^{(0)}_{14}$	315.004
$\hat{X}^{(0)}_{15}$	302.246
$\hat{X}^{(0)}_{16}$	305.564

Tahminleme sonucu hesaplanan MAPE değeri %8,94; MAD 26.312 ve MSD 1.418.303.751' dir.

4.6.2.4. ODGM ile talep tahmini

$X^{(0)}$ ve $X^{(1)}$ serisi GM (1,1) yönteminde açıklandığı gibi oluşturulur. β_1 ve β_2 katsayıları ise DGM yöntemi ile hesaplanır. Hata kareleri toplamını en küçükleyecek β_3, Denklem

(3.39) yardımıyla tahminlenir. Denklem (3.40) ile hesaplanan tahmin değerleri Tablo 4.34'te sunulmuştur:

Tablo 4.34. $\hat{X}^{(0)}$ serisi

$\hat{X}^{(0)}_2$	288.382
$\hat{X}^{(0)}_3$	288.727
$\hat{X}^{(0)}_4$	289.073
$\hat{X}^{(0)}_5$	289.419
$\hat{X}^{(0)}_6$	289.765
$\hat{X}^{(0)}_7$	290.112
$\hat{X}^{(0)}_8$	290.459
$\hat{X}^{(0)}_9$	290.807
$\hat{X}^{(0)}_{10}$	291.155
$\hat{X}^{(0)}_{11}$	291.503
$\hat{X}^{(0)}_{12}$	291.852
$\hat{X}^{(0)}_{13}$	292.202
$\hat{X}^{(0)}_{14}$	292.551
$\hat{X}^{(0)}_{15}$	292.902
$\hat{X}^{(0)}_{16}$	293.252

Tahminleme sonucu hesaplanan MAPE değeri %7,89; MAD 22.146 ve MSD 770.846.980'dir.

4.6.2.5. NDGM ile talep tahmini

$X^{(0)}$ ve $X^{(1)}$ serisi GM (1,1) yöntemindekine benzer şekilde oluşturulur.

β_1, β_2 ve β_3 katsayılarını hesaplamak için kullanılacak B matrisi Tablo 4.35 ve Y matrisi Tablo 4.36' da gösterilmiştir.

Tablo 4.35. B matrisi

344.971	1	1
568.721	2	1
877.418	3	1
1.192.536	4	1
1.503.436	5	1
1.794.165	6	1
2.084.302	7	1
2.428.295	8	1
2.691.954	9	1
2.966.484	10	1
3.232.245	11	1

Tablo 4.35. (Devam) B matrisi

3.513.186	12	1
3.827.813	13	1
4.129.698	14	1
4.434.897	15	1

Tablo 4.36. Y matrisi

223.750
308.697
315.118
310.900
290.729
290.137
343.993
263.659
274.530
265.761
280.941
314.627
301.885
305.199
272.189

Denklem (3.42) ile β_1, β_2 ve β_3 sırasıyla (0,33374), (195946,2) ve (304056,7) olarak bulunur. Tahmin sonuçlarını gösteren matris Tablo 4.37' de sunulmuştur:

Tablo 4.37. $\hat{X}^{(0)}$ serisi

$\hat{X}^{(0)}_2$	278.313
$\hat{X}^{(0)}_3$	288.830
$\hat{X}^{(0)}_4$	292.340
$\hat{X}^{(0)}_5$	293.512
$\hat{X}^{(0)}_6$	293.903
$\hat{X}^{(0)}_7$	294.033
$\hat{X}^{(0)}_8$	294.077
$\hat{X}^{(0)}_9$	294.091

Tablo 4.37. (Devam) $\hat{X}^{(0)}$ serisi

$\hat{X}^{(0)}_{10}$	294.096
$\hat{X}^{(0)}_{11}$	294.098
$\hat{X}^{(0)}_{12}$	294.098
$\hat{X}^{(0)}_{13}$	294.099
$\hat{X}^{(0)}_{14}$	294.099
$\hat{X}^{(0)}_{15}$	294.099
$\hat{X}^{(0)}_{16}$	294.099

Tahminleme sonucu hesaplanan MAPE değeri %7,69; MAD 21.627 ve MSD 672.015.620' dir.

4.6.2.6. FGM ile talep tahmini

Denklem (3.52)' de verilen $\varepsilon^{(0)}$ serisi Tablo 4.38' de gösterildiği şekilde oluşturulur:

Tablo 4.38. $\hat{\varepsilon}^{(0)}$serisi

$\varepsilon^{(0)}(2)$	-64.144
$\varepsilon^{(0)}(3)$	20.389
$\varepsilon^{(0)}(4)$	26.396
$\varepsilon^{(0)}(5)$	21.763
$\varepsilon^{(0)}(6)$	1.177
$\varepsilon^{(0)}(7)$	169
$\varepsilon^{(0)}(8)$	53.608
$\varepsilon^{(0)}(9)$	-27.143
$\varepsilon^{(0)}(10)$	-16.690
$\varepsilon^{(0)}(11)$	-25.877
$\varepsilon^{(0)}(12)$	-11.116
$\varepsilon^{(0)}(13)$	22.150
$\varepsilon^{(0)}(14)$	8.988
$\varepsilon^{(0)}(15)$	11.881
$\varepsilon^{(0)}(16)$	-21.551

Denklem (3.53)' te verilen "z" ve "T" parametreleri sırasıyla 6 ve 15 olarak bulunur. Denklem (3.57)' de verilen P ve Denklem (3.58)' de ifade edilen C matrisleri sırasıyla Tablo 4.39 ve Tablo 4.40' da verildiği gibidir:

Tablo 4.39. P matrisi

0,50	0,67	0,74	-0,10	0,99	-0,81	0,59	-0,98	-0,21	-0,50	-0,87	0,31	-0,95
0,50	0,31	0,95	-0,81	0,59	-0,81	-0,59	0,31	-0,95	1,00	0,00	0,31	0,95
0,50	-0,10	0,99	-0,98	-0,21	0,31	-0,95	0,91	0,41	-0,50	0,87	-0,81	-0,59
0,50	-0,50	0,87	-0,50	-0,87	1,00	0,00	-0,50	0,87	-0,50	-0,87	1,00	0,00
0,50	-0,81	0,59	0,31	-0,95	0,31	0,95	-0,81	-0,59	1,00	0,00	-0,81	0,59
0,50	-0,98	0,21	0,91	-0,41	-0,81	0,59	0,67	-0,74	-0,50	0,87	0,31	-0,95
0,50	-0,98	-0,21	0,91	0,41	-0,81	-0,59	0,67	0,74	-0,50	-0,87	0,31	0,95
0,50	-0,81	-0,59	0,31	0,95	0,31	-0,95	-0,81	0,59	1,00	0,00	-0,81	-0,59
0,50	-0,50	-0,87	-0,50	0,87	1,00	0,00	-0,50	-0,87	-0,50	0,87	1,00	0,00
0,50	-0,10	-0,99	-0,98	0,21	0,31	0,95	0,91	-0,41	-0,50	-0,87	-0,81	0,59
0,50	0,31	-0,95	-0,81	-0,59	-0,81	0,59	0,31	0,95	1,00	0,00	0,31	-0,95
0,50	0,67	-0,74	-0,10	-0,99	-0,81	-0,59	-0,98	0,21	-0,50	0,87	0,31	0,95
0,50	0,91	-0,41	0,67	-0,74	0,31	-0,95	-0,10	-0,99	-0,50	-0,87	-0,81	-0,59
0,50	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
0,50	0,91	0,41	0,67	0,74	0,31	0,95	-0,10	0,99	-0,50	0,87	-0,81	0,59

Tablo 4.40. C matrisi

-0,3528
-7868,6423
5898,2659
5122,9706
-18581,9880
-1576,7855
-20330,2044
14941,8966
4698,2798
-962,4669
1863,3194
7228,2343
17443,8243

Son olarak, Denklem (3.60)' da verildiği üzere, Fourier serileri düzeltmesi ile elde edilen tahmin serisi Tablo 4.41' de gösterilmiştir.

Tablo 4.41. $\hat{X}^{(0)}$ serisi

$\hat{X}^{(0)}_2$	226.241
$\hat{X}^{(0)}_3$	307.655
$\hat{X}^{(0)}_4$	314.666
$\hat{X}^{(0)}_5$	312.827
$\hat{X}^{(0)}_6$	287.411
$\hat{X}^{(0)}_7$	294.700
$\hat{X}^{(0)}_8$	338.384
$\hat{X}^{(0)}_9$	270.069
$\hat{X}^{(0)}_{10}$	267.599
$\hat{X}^{(0)}_{11}$	272.910
$\hat{X}^{(0)}_{12}$	273.886
$\hat{X}^{(0)}_{13}$	321.279
$\hat{X}^{(0)}_{14}$	295.927
$\hat{X}^{(0)}_{15}$	310.203
$\hat{X}^{(0)}_{16}$	268.358

Tahminleme sonucu hesaplanan MAPE değeri %1,59; MAD 4.560 ve MSD 25.598.984' tür.

Tablo 4.42' de AX grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri (MAPE, MAD ve MSD) gösterilmektedir.

Tablo 4.42. AX grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07623-02	07623-04	07624-09	07627-06
GM (1,1)	MAPE 5,8 MAD 4156 MSD 29996353	MAPE 6,04 MAD 17325 MSD 479179633	MAPE 6,73 MAD 5260 MSD 47062447	MAPE 7,91 MAD 22202 MSD 770754199
RM (1,1)	MAPE 9 MAD 6261 MSD 57610538	MAPE 5,82 MAD 17686 MSD 654713250	MAPE 5,75 MAD 4552 MSD 31220045	MAPE 9,14 MAD 26640 MSD 1070548496
DGM	MAPE 8,13 MAD 5807 MSD 55263858	MAPE 7,59 MAD 22406 MSD 785545366	MAPE 8,99 MAD 6915 MSD 78733236	MAPE 8,94 MAD 26312 MSD 1418303751

Tablo 4.42. (Devam) AX grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07623-02	07623-04	07624-09	07627-06
ODGM	MAPE 5,81 MAD 4157 MSD 30013869	MAPE 6,05 MAD 17329 MSD 479227967	MAPE 6,71 MAD 5296 MSD 47685909	MAPE 7,89 MAD 22146 MSD 770846980
NDGM	MAPE 5,96 MAD 4284 MSD 31015182	MAPE 6,05 MAD 17329 MSD 479227967	MAPE 12,47 MAD 9829 MSD 182858620	MAPE 7,69 MAD 21627 MSD 672015620
FGM	MAPE 0,7 MAD 496 MSD 302885	MAPE 1,76 MAD 4929 MSD 29864678	MAPE 9,20 MAD 7262 MSD 81989823	MAPE 1,59 MAD 4560 MSD 25598984

Tablo 4.42 genel olarak incelendiğinde, bir tahmin hariç hesaplanan tüm MAPE değerlerinin %10 ve altında olduğu görülmektedir. AX grubu ürünler için, klasik yöntemler gibi gri tahmin modellerin de tamamı “çok iyi” sonuç vermiştir. 07623-02, 07623-04 ve 07627-06 kodlu ürünlerde en düşük MAPE değerlerini FGM vermiştir. 3 ürün için MAPE değerinin %2’ nin altında olması modelin verileri çok iyi temsil ettiğini göstermektedir. 07624-09 kodlu ürün içinse en iyi tahmin modeli RM (1,1)’ dir.

Tablo 4.43’ te AY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.43. AY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07620-05	07621-01	07621-06	07625-08	07626-04	07626-05	07628-06
GM (1,1)	MAPE 22,82 MAD 7931 MSD 85351851	MAPE 32,67 MAD 5278 MSD 46913083	MAPE 23,82 MAD 3489 MSD 22266555	MAPE 46,40 MAD 28663 MSD 1332748541	MAPE 64,92 MAD 7459 MSD 100267899	MAPE 57,65 MAD 27933 MSD 1278243493	MAPE 29,74 MAD 4090 MSD 22591294
RM (1,1)	MAPE 27,06 MAD 10075 MSD 159234188	MAPE 51 MAD 9081 MSD 125691080	MAPE 27,88 MAD 3459 MSD 23463479	MAPE 40,51 MAD 33624 MSD 1815847941	MAPE 52,29 MAD 9511 MSD 117124411	MAPE 63,32 MAD 36149 MSD 2109022216	MAPE 45,32 MAD 5437 MSD 47882159
DGM	MAPE 35,49 MAD 13194 MSD 225021963	MAPE 42,21 MAD 7845 MSD 89179543	MAPE 34,26 MAD 4619 MSD 39016313	MAPE 51,20 MAD 32587 MSD 1759658426	MAPE 54 MAD 9226 MSD 141585046	MAPE 63 MAD 41697 MSD 2603111825	MAPE 31,29 MAD 4590 MSD 29602931
ODGM	MAPE 23,53 MAD 7996 MSD 86046178	MAPE 32,72 MAD 5309 MSD 47135481	MAPE 24,54 MAD 3545 MSD 22335809	MAPE 46,26 MAD 28662 MSD 1335253729	MAPE 65,35 MAD 7397 MSD 101291345	MAPE 57,46 MAD 28006 MSD 1281662336	MAPE 29,94 MAD 4109 MSD 22616188
NDGM	MAPE 23 MAD 7997 MSD 88096913	MAPE 59,76 MAD 7714 MSD 95099472	MAPE 23,22 MAD 3383 MSD 21259041	MAPE 41,83 MAD 26408 MSD 1194416282	MAPE 57,19 MAD 6467 MSD 81303833	MAPE 53,31 MAD 26339 MSD 1182671845	MAPE 29,44 MAD 4048 MSD 22461292

Tablo 4.43. (Devam) AY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07620-05	07621-01	07621-06	07625-08	07626-04	07626-05	07628-06
FGM	MAPE 8,96 MAD 2997 MSD 11072494	MAPE 13,25 MAD 3829 MSD 39386287	MAPE 5,88 MAD 887 MSD 971037	MAPE 5,84 MAD 4164 MSD 21479261	MAPE 8,53 MAD 1932 MSD 4591493	MAPE 15,44 MAD 10697 MSD 141301302	MAPE 4,85 MAD 720 MSD 644917

Tablo 4.43. incelendiğinde AY grubu ürünler için gri tahmin modellerinin genel olarak "iyi" ve "kabul edilebilir" sonuçlar verdiği söylenebilir. FGM, tüm ürünler için diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. FGM; 07620-05, 07621-06, 07625-08, 07626-04 ve 07628-06 kodlu ürünler için "çok iyi", 07621-01 ve 07626-05 kodlu ürünler için ise "iyi" sonuçlar vermiştir.

Tablo 4.44' te AZ grubunda bulunan 07635-00 kodlu ürünün gri modeller ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.44. AZ grubu ürünün gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler		07635-00
GM (1,1)	MAPE	83
	MAD	2348
	MSD	6504903
RM (1,1)	MAPE	61,84
	MAD	3643
	MSD	23881811
DGM	MAPE	55,87
	MAD	12883016
	MSD	2746
ODGM	MAPE	79
	MAD	2199
	MSD	5984133
NDGM	MAPE	67,39
	MAD	2055
	MSD	6432174
FGM	MAPE	30
	MAD	1683
	MSD	8431027

Tablo 4.44 incelendiğinde, kullanılan 6 yöntem içerisinden 5 yöntemin MAPE değerinin %50' nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu yöntemlerin tahminlemede kullanılması önerilmemektedir. FGM ise %30 MAPE değerine sahip olduğundan

tahminde kullanılabilir ve diğerler yöntemler ile karşılaştırıldığında çok daha iyi bir yöntem olduğu söylenebilir.

Tablo 4.45' te BX grubunda bulunan iki ürünün gri modeller ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.45. BX grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07624-06		07627-03	
GM (1,1)	MAPE	4,46	MAPE	20,12
	MAD	919	MAD	3117
	MSD	1431520	MSD	13557123
RM (1,1)	MAPE	10	MAPE	39,64
	MAD	1836	MAD	5994
	MSD	4063234	MSD	54105837
DGM	MAPE	6,67	MAPE	24,13
	MAD	2397750	MAD	3758
	MSD	1292	MSD	21213982
ODGM	MAPE	4,6	MAPE	20,07
	MAD	884	MAD	3122
	MSD	1641034	MSD	13635407
NDGM	MAPE	4,81	MAPE	34,40
	MAD	941	MAD	3936
	MSD	1590450	MSD	27288634
FGM	MAPE	2,91	MAPE	5,93
	MAD	598	MAD	1372
	MSD	1699110	MSD	5054606

Tablo 4.45' e göre, 07624-06 kodlu ürün için tüm yöntemler "çok iyi" sonuç vermiştir; ancak FGM %3' ün altındaki MAPE değeri ile tüm yöntemler arasından en iyi yöntem olarak belirlenmiştir. 07627-03 kodlu üründe ise GM (1,1) ve ODGM "iyi", RM (1,1), DGM ve NDGM ise "kabul edilebilir" sonuçlar vermiştir. FGM ise %5,93 MAPE değeri ile diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında çok daha iyi bir sonuç vermiştir.

Tablo 4.46' de BY grubu ürünlerin klasik yöntemler ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.46. BY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07620-01	07620-03	07620-04	07621-02	07621-04	07621-07	07623-00	07623-08	07625-01
GM (1,1)	MAPE 42,26	MAPE 30,83	MAPE 75,44	MAPE 27,21	MAPE 51	MAPE 22,29	MAPE 26,5	MAPE 49,66	MAPE 32,27
	MAD 1357	MAD 1581	MAD 1849	MAD 1280	MAD 1531	MAD 1373	MAD 3192	MAD 1559	MAD 3245
	MSD 3388765	MSD 3297766	MSD 4428984	MSD 2192965	MSD 4272541	MSD 2887113	MSD 19233590	MSD 4367748	MSD 15991767
RM (1,1)	MAPE 34,38	MAPE 20,41	MAPE 79,24	MAPE 29,54	MAPE 26,45	MAPE 22,25	MAPE 31	MAPE 65	MAPE 33,79
	MAD 1301	MAD 1114	MAD 1773	MAD 1447	MAD 1398	MAD 1379	MAD 4869	MAD 1418	MAD 3427
	MSD 2269650	MSD 1658116	MSD 4041317	MSD 2927398	MSD 3253270	MSD 2399746	MSD 44512288	MSD 4782144	MSD 27163032
DGM	MAPE 71,67	MAPE 48,80	MAPE 61,10	MAPE 35,09	MAPE 69	MAPE 38,04	MAPE 25,06	MAPE 66	MAPE 43,35
	MAD 2496	MAD 2590	MAD 2924	MAD 1609	MAD 2736	MAD 2213	MAD 3394	MAD 2483	MAD 4339
	MSD 11343010	MSD 9909407	MSD 11403341	MSD 4313805	MSD 13522387	MSD 7622024	MSD 24171170	MSD 10805204	MSD 35565616
ODGM	MAPE 42,09	MAPE 30,88	MAPE 48,02	MAPE 27	MAPE 52	MAPE 22,18	MAPE 26	MAPE 49,23	MAPE 32
	MAD 1343	MAD 1579	MAD 1838	MAD 1261	MAD 1521	MAD 1368	MAD 3144	MAD 1541	MAD 3292
	MSD 3396870	MSD 3302022	MSD 4452182	MSD 2196058	MSD 4285124	MSD 2889352	MSD 19251186	MSD 4374242	MSD 16018650
NDGM	MAPE 47	MAPE 29,62	MAPE 37,89	MAPE 29	MAPE 57	MAPE 22,15	MAPE 27	MAPE 51	MAPE 26,98
	MAD 1505	MAD 1539	MAD 1943	MAD 1371	MAD 1814	MAD 1391	MAD 3322	MAD 1686	MAD 2970
	MSD 3926315	MSD 3226852	MSD 4960970	MSD 2623188	MSD 5190705	MSD 3020523	MSD 19320686	MSD 4629793	MSD 13112801
FGM	MAPE 23,37	MAPE 7,78	MAPE 36,58	MAPE 11,94	MAPE 51,19	MAPE 7,8	MAPE 4,99	MAPE 17,56	MAPE 14,43
	MAD 839	MAD 419	MAD 1053	MAD 612	MAD 1116	MAD 524	MAD 704	MAD 1040	MAD 1387
	MSD 875099	MSD 216083	MSD 1363278	MSD 462688	MSD 1534015	MSD 338394	MSD 609734	MSD 1333950	MSD 2379315

Tablo 4.46. (Devam) BY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07625-02	07627-04	07628-03	07631-01	07631-04	07631-08	07632-00	07632-01	07637-02
GM (1,1)	MAPE 65,73	MAPE 23,12	MAPE 29,40	MAPE 88,03	MAPE 111	MAPE 88	MAPE 35,5	MAPE 36,29	MAPE 76,43
	MAD 2164	MAD 4627	MAD 1312	MAD 5293	MAD 4725	MAD 3065	MAD 1694	MAD 784	MAD 2384
	MSD 6804439	MSD 37758329	MSD 2936434	MSD 34680628	MSD 30649476	MSD 14493629	MSD 3884095	MSD 845773	MSD 8159540
RM (1,1)	MAPE 62,45	MAPE 26,84	MAPE 35,62	MAPE 68,06	MAPE 46	MAPE 64	MAPE 30,05	MAPE 49	MAPE 42
	MAD 2610	MAD 5199	MAD 1646	MAD 5802	MAD 6078	MAD 6251	MAD 1144	MAD 676	MAD 1583
	MSD 9174345	MSD 41610139	MSD 3425052	MSD 53401783	MSD 50891570	MSD 75946881	MSD 2282991	MSD 680257	MSD 4173119
DGM	MAPE 64	MAPE 34,45	MAPE 46,98	MAPE 79	MAPE 142	MAPE 69	MAPE 40	MAPE 37	MAPE 79
	MAD 2254	MAD 6580	MAD 2027	MAD 5016	MAD 7853	MAD 3786	MAD 2006	MAD 1101	MAD 3830
	MSD 6745589	MSD 71698349	MSD 6936678	MSD 37298375	MSD 86004639	MSD 25445034	MSD 5904830	MSD 1806175	MSD 21623015
ODGM	MAPE 65,05	MAPE 23,10	MAPE 30,20	MAPE 90	MAPE 75	MAPE 87	MAPE 36,58	MAPE 27,63	MAPE 76
	MAD 2165	MAD 4652	MAD 1332	MAD 5232	MAD 6332	MAD 3041	MAD 1717	MAD 794	MAD 2375
	MSD 6819790	MSD 37798793	MSD 2943334	MSD 34677123	MSD 57251908	MSD 14020947	MSD 3901429	MSD 848945	MSD 8188319
NDGM	MAPE 67	MAPE 18,28	MAPE 31,30	MAPE 78,97	MAPE 101	MAPE 61	MAPE 28,36	MAPE 49	MAPE 57
	MAD 2199	MAD 3844	MAD 1414	MAD 5703	MAD 5256	MAD 3364	MAD 1511	MAD 737	MAD 2509
	MSD 7072246	MSD 30558635	MSD 3248646	MSD 43905926	MSD 35724657	MSD 17543881	MSD 3127342	MSD 825876	MSD 9013686
FGM	MAPE 19,76	MAPE 12,73	MAPE 13,29	MAPE 43,81	MAPE 57	MAPE 57,48	MAPE 10,65	MAPE 15,22	MAPE 27,23
	MAD 314	MAD 1945	MAD 443	MAD 6550	MAD 2214	MAD 4506	MAD 464	MAD 74	MAD 994
	MSD 121462	MSD 4653833	MSD 241738	MSD 59282560	MSD 6034515	MSD 32031189	MSD 264923	MSD 6659	MSD 1215645

Tablo 4.46 incelendiğinde, 18 adet BY grubu stok kaleminden sadece 1 tanesinde tahmin yöntemlerinin yeterli olmadığı görülmüştür. 07631-08 kodlu stok kaleminde en iyi MAPE değeri FGM modelinden elde edilmiş ve %57,48 olarak hesaplanmıştır. Tahmin yöntemlerinin geçerli olduğu 17 stok kaleminin 15' inde en iyi MAPE değerini veren yöntem FGM olmuştur. Hesaplanan MAPE değerlerine bakıldığında, 3 ürün için değerlerin %10' un altında ve 8 ürün içinse %10 ve %20 arasında olduğu görülmektedir. 07621-04 ve 07631-04 kodlu ürünlerde ise en iyi MAPE değerini veren yöntem RM (1,1) modelidir.

Tablo 4.47' de BZ grubunda yer alan 3 ürünün gri modeller ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 4.47. BZ grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler		07620-09		07622-02		07631-05
GM (1,1)	MAPE	80,53	MAPE	56,93	MAPE	57,41
	MAD	5328	MAD	2384	MAD	2818
	MSD	41351265	MSD	8159540	MSD	15532339
RM (1,1)	MAPE	77,98	MAPE	42	MAPE	67
	MAD	18200	MAD	1583	MAD	5811
	MSD	1232945188	MSD	4173119	MSD	62019747
DGM	MAPE	48,19	MAPE	58,81	MAPE	52,1
	MAD	57358348	MAD	3830	MAD	3496
	MSD	5684	MSD	21623015	MSD	24471030
ODGM	MAPE	87	MAPE	66,36	MAPE	53,4
	MAD	5548	MAD	2375	MAD	2908
	MSD	42817983	MSD	8188319	MSD	14169457
NDGM	MAPE	37	MAPE	57,24	MAPE	60,92
	MAD	4623	MAD	2509	MAD	3237
	MSD	34673598	MSD	9013686	MSD	18237209
FGM	MAPE	33,35	MAPE	32,23	MAPE	22,30
	MAD	824	MAD	994	MAD	2353
	MSD	840865	MSD	1215645	MSD	18581002

Tablo 4.47 incelendiğinde, BZ grubu 3 kalemin tamamında en iyi MAPE değerini veren yöntemin FGM olduğu görülmektedir. 07620-09 kodlu üründe FGM dışında kabul edilebilir sonuç veren tek yöntem %37 MAPE değeri ile NDGM; 07622-02 kodlu üründe ise RM (1,1)' dir. 07631-05 kodlu üründe ise tahmin sonuçları geçerli tek yöntem FGM olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.48' de ise CX grubuna dahil ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi sonucu hesaplanan hata parametreleri verilmektedir.

Tablo 4.48. CX grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	02096-06		07624-07		07632-09		07634-09	
GM (1,1)	MAPE	21,65	MAPE	10,25	MAPE	18,22	MAPE	19,36
	MAD	340	MAD	430	MAD	362	MAD	651
	MSD	167691	MSD	341617	MSD	209669	MSD	562545
RM (1,1)	MAPE	31	MAPE	25	MAPE	37	MAPE	40,32
	MAD	464	MAD	965	MAD	750	MAD	1361
	MSD	265841	MSD	1358265	MSD	776979	MSD	2039159
DGM	MAPE	35,51	MAPE	19,42	MAPE	29,92	MAPE	29,41
	MAD	583	MAD	802	MAD	634	MAD	1013
	MSD	446841	MSD	1057031	MSD	550585	MSD	1498878
ODGM	MAPE	21,74	MAPE	10,67	MAPE	17,9	MAPE	18,41
	MAD	342	MAD	441	MAD	356	MAD	646
	MSD	167812	MSD	355096	MSD	207902	MSD	589751
NDGM	MAPE	21,97	MAPE	11,59	MAPE	29,61	MAPE	42,84
	MAD	346	MAD	481	MAD	778	MAD	1396
	MSD	168090	MSD	364130	MSD	1807416	MSD	2654061
FGM	MAPE	12,46	MAPE	14,59	MAPE	10,53	MAPE	16,49
	MAD	211	MAD	609	MAD	274	MAD	571
	MSD	55014	MSD	842725	MSD	185023	MSD	606946

Tablo 4.48’ de verilen sonuçlara göre 07624-07 kodlu ürün için GM (1,1) ve 07632-09 kodlu ürün için FGM “çok iyi” sonuçlar vermiştir. FGM modeli, 02096-06 ve 07634-09 kodlu ürünler içinse “iyi” sonuçlar vermiştir. Diğer yöntemlerin verdiği sonuçlar incelendiğinde de en yüksek MAPE değerinin %43 olduğu görüldüğünden CX grubu ürünler için tüm gri tahmin modellerinin kullanılabilir olduğu söylenebilir.

Tablo 4.49 CY grubuna dahil 26 ürünün; Tablo 4.50 ise CZ grubunda yer alan 24 ürünün talep tahminlerinin gri modeller ile gerçekleştirilmesi sonucu elde edilen hata parametrelerini göstermektedir.

Tablo 4.49. CY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler		02094-01	02094-02	02096-00	02096-01	02096-07	02096-08	07628-02	07632-03	07632-04
GM (1,1)	MAPE	41,6	47,28	19,66	27,17	59,18	19,76	56,72	48,21	24,88
	MAD	315	531	178	230	292	303	398	170	373
	MSD	150381	464297	44981	75749	167240	138249	259957	50959	251840
RM (1,1)	MAPE	36	40	15	21	130	23	52	66	26
	MAD	345	696	170	223	553	409	510	248	527
	MSD	172228	751029	41065	81063	501842	223839	516091	96200	376308
DGM	MAPE	71,47	49,1	26,21	41,31	84,73	31,46	51,63	60,84	34,14
	MAD	431	747	262	390	544	515	483	249	565
	MSD	341742	978270	84162	215784	435954	323285	364226	89794	508136
ODGM	MAPE	38,37	36,26	19,89	27,68	53,09	20,35	56,51	48,36	24,87
	MAD	297	485	178	230	296	308	392	166	372
	MSD	151358	443203	45144	76078	156882	139096	260467	49757	252210
NDGM	MAPE	39,19	26,62	17	24,62	66,39	20,46	56,11	45,23	26,27
	MAD	301	444	158	216	448	319	408	561	404
	MSD	151495	450616	31250	70760	352390	135327	263126	2526245	263625
FGM	MAPE	49,19	72,36	10,07	11,04	49,6	9,45	27,84	29,35	16,96
	MAD	470	739	46	97	249	109	84	131	114
	MSD	334145	935949	2547	11669	126726	14689	8673	41611	16008

Tablo 4.49. (Devam) CY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07632-05	07632-06	07632-07	07632-08	07632-11	07632-14	07632-15	07632-22	07633-02
GM (1,1)	MAPE 56,21	MAPE 27,02	MAPE 67,23	MAPE 24,06	MAPE 26,13	MAPE 94,28	MAPE 30,16	MAPE 76,84	MAPE 59,16
	MAD 470	MAD 293	MAD 601	MAD 123	MAD 271	MAD 143	MAD 95	MAD 130	MAD 857
	MSD 357160	MSD 109933	MSD 553403	MSD 25598	MSD 88477	MSD 42574	MSD 18006	MSD 21879	MSD 1268922
RM (1,1)	MAPE 63	MAPE 21	MAPE 70	MAPE 45	MAPE 28	MAPE 152	MAPE 49	MAPE 163	MAPE 61
	MAD 901	MAD 272	MAD 779	MAD 211	MAD 400	MAD 337	MAD 161	MAD 231	MAD 1294
	MSD 2885311	MSD 122721	MSD 920409	MSD 67468	MSD 261692	MSD 141997	MSD 50581	MSD 88370	MSD 2459271
DGM	MAPE 49,91	MAPE 43,21	MAPE 69,6	MAPE 51,26	MAPE 34,62	MAPE 104,95	MAPE 59,68	MAPE 129,87	MAPE 45,38
	MAD 546	MAD 477	MAD 929	MAD 232	MAD 346	MAD 257	MAD 187	MAD 194	MAD 1276
	MSD 574172	MSD 303737	MSD 1165054	MSD 79646	MSD 199533	MSD 91523	MSD 56889	MSD 58094	MSD 2613537
ODGM	MAPE 55,86	MAPE 26,9	MAPE 45	MAPE 24,72	MAPE 24,03	MAPE 93,46	MAPE 30,7	MAPE 77,83	MAPE 46,72
	MAD 478	MAD 292	MAD 600	MAD 125	MAD 243	MAD 144	MAD 96	MAD 131	MAD 871
	MSD 359128	MSD 110038	MSD 554896	MSD 25838	MSD 77520	MSD 41376	MSD 18038	MSD 21757	MSD 1273872
NDGM	MAPE 50,54	MAPE 29,04	MAPE 64,53	MAPE 41,75	MAPE 30,71	MAPE 108,77	MAPE 35,54	MAPE 63,94	MAPE 59,83
	MAD 476	MAD 307	MAD 571	MAD 580	MAD 549	MAD 569	MAD 114	MAD 548	MAD 903
	MSD 356722	MSD 113426	MSD 509592	MSD 2448385	MSD 1286057	MSD 2424377	MSD 19680	MSD 2621594	MSD 1250458
FGM	MAPE 37,21	MAPE 18,62	MAPE 39,51	MAPE 22,45	MAPE 10,67	MAPE 41,99	MAPE 14,29	MAPE 55,12	MAPE 11,4
	MAD 67	MAD 89	MAD 249	MAD 110	MAD 122	MAD 104	MAD 45	MAD 114	MAD 164
	MSD 5547	MSD 9745	MSD 76130	MSD 43895	MSD 18415	MSD 37655	MSD 2447	MSD 16413	MSD 33522

Tablo 4.49. (Devam) CY grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07633-04	07633-05	07634-00	07634-08	07635-02	07635-03	07636-03	07637-01
GM (1,1)	MAPE 63,52	MAPE 33,35	MAPE 63,56	MAPE 51,18	MAPE 80,19	MAPE 77,23	MAPE 29,83	MAPE 97,97
	MAD 368	MAD 1783	MAD 1902	MAD 570	MAD 280	MAD 99	MAD 818	MAD 322
	MSD 170518	MSD 6014002	MSD 6123295	MSD 501790	MSD 125082	MSD 19252	MSD 1194699	MSD 165801
RM (1,1)	MAPE 86	MAPE 75	MAPE 142	MAPE 46	MAPE 92	MAPE 47,56	MAPE 50	MAPE 107
	MAD 590	MAD 3935	MAD 3678	MAD 705	MAD 419	MAD 215	MAD 1368	MAD 574
	MSD 575060	MSD 26493699	MSD 24262873	MSD 955763	MSD 236127	MSD 59196	MSD 2755441	MSD 505134
DGM	MAPE 71,26	MAPE 43,47	MAPE 101,7	MAPE 49,54	MAPE 131,68	MAPE 111	MAPE 32	MAPE 99,21
	MAD 492	MAD 2374	MAD 3201	MAD 637	MAD 492	MAD 183	MAD 904	MAD 462
	MSD 328701	MSD 10925749	MSD 17199958	MSD 807956	MSD 353528	MSD 452075	MSD 1616490	MSD 350082
ODGM	MAPE 68,12	MAPE 32,08	MAPE 45,82	MAPE 71	MAPE 79,43	MAPE 68,52	MAPE 31,78	MAPE 99,47
	MAD 368	MAD 1779	MAD 1792	MAD 582	MAD 285	MAD 109	MAD 849	MAD 324
	MSD 172473	MSD 5666805	MSD 6231610	MSD 504062	MSD 125436	MSD 19555	MSD 1195222	MSD 167284
NDGM	MAPE 62,93	MAPE 41,69	MAPE 127,93	MAPE 65,93	MAPE 88,76	MAPE 79,57	MAPE 30	MAPE 106,17
	MAD 440	MAD 2190	MAD 2922	MAD 566	MAD 277	MAD 105	MAD 1023	MAD 723
	MSD 242447	MSD 7676477	MSD 16853369	MSD 500684	MSD 126936	MSD 20329	MSD 2330417	MSD 2359754
FGM	MAPE 47,85	MAPE 11,54	MAPE 68,41	MAPE 18,68	MAPE 49,28	MAPE 68,72	MAPE 23,73	MAPE 45,6
	MAD 295	MAD 659	MAD 1926	MAD 158	MAD 196	MAD 125	MAD 464	MAD 157
	MSD 145121	MSD 1465586	MSD 5571690	MSD 30579	MSD 47410	MSD 25253	MSD 294980	MSD 69007

Tablo 4.50. CZ grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	02094-03		07627-05		07627-07		07631-02		07632-10		07632-12		07632-13		07633-01		07633-03	
GM (1,1)	MAPE	89,34	MAPE	77,46	MAPE	92,62	MAPE	90,93	MAPE	97,49	MAPE	102,94	MAPE	96	MAPE	70,82	MAPE	58,54
	MAD	524	MAD	280	MAD	1309	MAD	946	MAD	536	MAD	880	MAD	233	MAD	1483	MAD	498
	MSD	487315	MSD	110729	MSD	2816552	MSD	1433123	MSD	472369	MSD	1025340	MSD	92108	MSD	3097254	MSD	573305
RM (1,1)	MAPE	64,97	MAPE	81,31	MAPE	71,91	MAPE	138,36	MAPE	55,34	MAPE	25861,82	MAPE	59	MAPE	94,55	MAPE	84,45
	MAD	837	MAD	381	MAD	894	MAD	1974	MAD	398	MAD	2289	MAD	418	MAD	3010	MAD	1114
	MSD	1395952	MSD	201645	MSD	1136271	MSD	6346416	MSD	206096	MSD	11807546	MSD	249169	MSD	13447253	MSD	1913489
DGM	MAPE	60,03	MAPE	73,31	MAPE	87,51	MAPE	83,62	MAPE	107,13	MAPE	99,79	MAPE	95	MAPE	82,55	MAPE	136
	MAD	637	MAD	472	MAD	1929	MAD	1337	MAD	525	MAD	784	MAD	372	MAD	2414	MAD	872
	MSD	870794	MSD	293515	MSD	5125763	MSD	2881539	MSD	415843	MSD	1074270	MSD	233589	MSD	7965093	MSD	1599704
ODGM	MAPE	78,85	MAPE	88,05	MAPE	93,26	MAPE	103,21	MAPE	129,6	MAPE	85,72	MAPE	73	MAPE	69,66	MAPE	66,36
	MAD	540	MAD	277	MAD	1362	MAD	922	MAD	549	MAD	708	MAD	244	MAD	1414	MAD	653
	MSD	414760	MSD	111285	MSD	2891079	MSD	1434891	MSD	474364	MSD	800798	MSD	88935	MSD	2587494	MSD	751837
NDGM	MAPE	58,39	MAPE	87,03	MAPE	60,93	MAPE	88,49	MAPE	94,72	MAPE	83,94	MAPE	57	MAPE	59,25	MAPE	95,05
	MAD	603	MAD	255	MAD	1386	MAD	1031	MAD	527	MAD	668	MAD	292	MAD	1248	MAD	777
	MSD	1209676	MSD	106354	MSD	3240596	MSD	2067862	MSD	436442	MSD	660385	MSD	124723	MSD	2385649	MSD	803261
FGM	MAPE	39	MAPE	71,65	MAPE	49,97	MAPE	32,85	MAPE	37,05	MAPE	84,46	MAPE	64	MAPE	58,71	MAPE	73,5
	MAD	429	MAD	127	MAD	941	MAD	651	MAD	109	MAD	263	MAD	217	MAD	1282	MAD	696
	MSD	578588	MSD	19876	MSD	1777612	MSD	1620925	MSD	14663	MSD	85185	MSD	110920	MSD	1871069	MSD	854142

Tablo 4.50. (Devam) CZ grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler		07633-06		07633-07		07633-08		07633-09		07622-03		07634-02		07634-05		07634-06		07634-07
GM (1,1)	MAPE	71,62	MAPE	97,25	MAPE	66,69	MAPE	94,85	MAPE	103,92	MAPE	65,63	MAPE	61,08	MAPE	72	MAPE	100
	MAD	325	MAD	308	MAD	643	MAD	141	MAD	902	MAD	1067	MAD	32	MAD	219	MAD	149
	MSD	154484	MSD	154339	MSD	764255	MSD	31807	MSD	1379002	MSD	1627690	MSD	1589	MSD	62612	MSD	33079
RM (1,1)	MAPE	69,05	MAPE	125	MAPE	62,67	MAPE	78,29	MAPE	91	MAPE	53,67	MAPE	90,1	MAPE	79	MAPE	92
	MAD	287	MAD	482	MAD	748	MAD	156	MAD	1123	MAD	1005	MAD	50	MAD	373	MAD	174
	MSD	137936	MSD	424695	MSD	831758	MSD	41693	MSD	1925130	MSD	1425568	MSD	4205	MSD	415793	MSD	48739
DGM	MAPE	72	MAPE	133	MAPE	115,42	MAPE	68	MAPE	97,71	MAPE	57,56	MAPE	103,32	MAPE	122	MAPE	65
	MAD	394	MAD	498	MAD	1041	MAD	233	MAD	1311	MAD	1022	MAD	47	MAD	282	MAD	300
	MSD	253678	MSD	409890	MSD	2127731	MSD	96922	MSD	2640377	MSD	1929151	MSD	2767	MSD	140905	MSD	123338
ODGM	MAPE	63	MAPE	96,54	MAPE	67,1	MAPE	92,21	MAPE	53,27	MAPE	65,58	MAPE	61,29	MAPE	94,7	MAPE	49
	MAD	327	MAD	309	MAD	642	MAD	137	MAD	1105	MAD	1068	MAD	32	MAD	214	MAD	148
	MSD	155380	MSD	153931	MSD	766133	MSD	31991	MSD	1747657	MSD	1632598	MSD	1583	MSD	62966	MSD	33027
NDGM	MAPE	47,22	MAPE	122	MAPE	66,36	MAPE	95,45	MAPE	52,24	MAPE	68,28	MAPE	58,34	MAPE	80	MAPE	109
	MAD	312	MAD	742	MAD	629	MAD	564	MAD	867	MAD	1050	MAD	479	MAD	227	MAD	153
	MSD	138577	MSD	2399874	MSD	767994	MSD	2674740	MSD	1614918	MSD	1530929	MSD	2810209	MSD	67463	MSD	32480
FGM	MAPE	36,88	MAPE	32,54	MAPE	33,24	MAPE	49,55	MAPE	39,28	MAPE	25,76	MAPE	32,75	MAPE	44,84	MAPE	46,28
	MAD	90	MAD	299	MAD	429	MAD	96	MAD	1206	MAD	103	MAD	19	MAD	25	MAD	124
	MSD	10107	MSD	259060	MSD	228622	MSD	19862	MSD	3453778	MSD	13094	MSD	655	MSD	783	MSD	18852

Tablo 4.50. (Devam) CZ grubu ürünlerin gri modeller ile tahminlenmesi

Stok Kodu / Yöntemler	07635-04		07635-05		07635-06		07635-09		07636-01		07636-02	
GM (1,1)	MAPE	56,24	MAPE	90,86	MAPE	64,56	MAPE	69	MAPE	69,86	MAPE	63
	MAD	620	MAD	427	MAD	349	MAD	55	MAD	131	MAD	289
	MSD	603376	MSD	291254	MSD	193166	MSD	4553	MSD	26323	MSD	141711
RM (1,1)	MAPE	81,06	MAPE	101,18	MAPE	49,18	MAPE	63,27	MAPE	73,84	MAPE	70
	MAD	911	MAD	830	MAD	636	MAD	92	MAD	240	MAD	543
	MSD	1041199	MSD	1037461	MSD	654140	MSD	11002	MSD	86734	MSD	619506
DGM	MAPE	79,37	MAPE	73,03	MAPE	53,23	MAPE	59,7	MAPE	66,8	MAPE	84
	MAD	826	MAD	560	MAD	538	MAD	79	MAD	201	MAD	385
	MSD	1182851	MSD	599800	MSD	469070	MSD	9939	MSD	63940	MSD	233829
ODGM	MAPE	49,64	MAPE	62,02	MAPE	62,59	MAPE	94	MAPE	92	MAPE	70
	MAD	627	MAD	432	MAD	352	MAD	56	MAD	133	MAD	263
	MSD	608217	MSD	292884	MSD	194164	MSD	4484	MSD	26893	MSD	107142
NDGM	MAPE	50,97	MAPE	57,15	MAPE	83,61	MAPE	143	MAPE	94	MAPE	68
	MAD	652	MAD	441	MAD	377	MAD	506	MAD	569	MAD	293
	MSD	674865	MSD	286024	MSD	213251	MSD	2809588	MSD	2672488	MSD	126713
FGM	MAPE	20,8	MAPE	48,73	MAPE	38,82	MAPE	48,93	MAPE	45,39	MAPE	27,59
	MAD	176	MAD	225	MAD	182	MAD	38	MAD	100	MAD	261
	MSD	38553	MSD	63114	MSD	40635	MSD	2296	MSD	16765	MSD	163464

Tablo 4.49 incelendiğinde, 07632-22 kodlu ürün için en iyi MAPE değeri %55,12 olarak hesaplandığından CY grubundaki 26 ürünün 25'inde gri modeller ile tahminleme yapılabileceği söylenebilir. 02094-01 kodlu ürün için %36; 07635-03 kodlu ürün için %47,56 MAPE değeri ile RM (1,1) en iyi tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir. 02094-02 kodlu ürün için %26,62 MAPE değeri ile NDGM ve 07634-00 kodlu ürün için %45,82 MAPE değeri ile ODGM seçilmiştir. Geri kalan 21 ürün için en iyi tahmin değerini veren yöntem FGM olmuştur. FGM, 3 ürün için "çok iyi", 4 ürün için "iyi" ve geri kalan ürünler için "kabul edilebilir" sonuçlar vermiştir.

Tablo 4.50 ise, CZ grubuna dahil 24 üründen 3 tanesinde MAPE değerlerinin %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu ürünler 07627-05, 07632-12 ve 07632-13 kodlu ürünlerdir. Geri kalan 21 ürünün 20 tanesinde FGM "kabul edilebilir" sonuçlar vermiştir. 07633-03 kodlu üründe ise en iyi MAPE değerini veren model GM (1,1) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.51' de gri modeller ile tahminleme sonunda her grupta seçilen yöntemlerden elde edilen en iyi ve en kötü MAPE değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.51. En iyi ve en kötü yöntemler (gri tahmin)

	X		Y		Z	
A	%0,7	%5,75	%4,85	%15,44	%30	
B	%2,91	%5,93	%7,78	%57,48	%22,30	%33,35
C	%10,25	%16,49	%9,45	%55,12	%20,8	%83,94

4.6.3. En iyi talep tahmin yönteminin belirlenmesi

Tablo 4.52' de 89 ürün kalemi için MAPE değerlerine göre; en iyi klasik tahmin modeli, en iyi gri tahmin modeli ve nihai olarak seçilen yöntem gösterilmiştir.

Tablo 4.52. Talep tahmin yönteminin seçilmesi

No	Stok Kodu	Sınıf	En iyi Klasik Yöntem	MAPE(%)	En iyi Gri Yöntem	MAPE (%)	Seçilen Yöntem	MAPE(%)
1	07623-02	AX	Karesel Trend Analizi	6,0	FGM	0,7	Gri Model	0,7
2	07623-04	AX	Karesel Trend Analizi	5,0	FGM	1,8	Gri Model	1,76
3	07624-09	AX	Karesel Trend Analizi	7,0	RM (1,1)	5,8	Gri Model	5,75
4	07627-06	AX	Karesel Trend Analizi	8,0	FGM	1,6	Gri Model	1,59

Tablo 4.52. (Devam) Talep tahmin yönteminin seçilmesi

No	Stok Kodu	Sınıf	En iyi Klasik Yöntem	MAPE(%)	En iyi Gri Yöntem	MAPE (%)	Seçilen Yöntem	MAPE(%)
5	07620-05	AY	Karesel Trend Analizi	21,0	FGM	9,0	Gri Model	8,96
6	07621-01	AY	Karesel Trend Analizi	30,0	FGM	13,3	Gri Model	13,25
7	07621-06	AY	Karesel Trend Analizi	20,0	FGM	5,9	Gri Model	5,88
8	07625-08	AY	Karesel Trend Analizi	39,0	FGM	5,8	Gri Model	5,84
9	07626-04	AY	Üssel Büyüme Eğrisi	43,0	FGM	8,5	Gri Model	8,53
10	07626-05	AY	Üssel Büyüme Eğrisi	47,0	FGM	15,4	Gri Model	15,44
11	07628-06	AY	Karesel Trend Analizi	30,0	FGM	4,9	Gri Model	4,85
12	07635-00	AZ	Hareketli Ortalama	47,0	FGM	30,0	Gri Model	30
13	07624-06	BX	Karesel Trend Analizi	4,0	FGM	2,9	Gri Model	2,91
14	07627-03	BX	Karesel Trend Analizi	17,0	FGM	5,9	Gri Model	5,93
15	07620-01	BY	Toplamsal Ayrıştırma	34,0	FGM	23,4	Gri Model	23,37
16	07620-03	BY	Hareketli Ortalama	26,0	FGM	7,8	Gri Model	7,78
17	07620-04	BY	Karesel Trend Analizi	66,0	FGM	36,6	Gri Model	36,58
18	07621-02	BY	Üssel Büyüme Eğrisi	26,0	FGM	11,9	Gri Model	11,94
19	07621-04	BY	Hareketli Ortalama	26,0	RM (1,1)	26,5	Klasik Model	26
20	07621-07	BY	Karesel Trend Analizi	23,0	FGM	7,8	Gri Model	7,8
21	07623-00	BY	Doğrusal Trend Analizi	26,0	FGM	5,0	Gri Model	4,99
22	07623-08	BY	Üssel Büyüme Eğrisi	55,0	FGM	17,6	Gri Model	17,56
23	07625-01	BY	Karesel Trend Analizi	22,0	FGM	14,4	Gri Model	14,43
24	07625-02	BY	Üssel Büyüme Eğrisi	51,0	FGM	19,8	Gri Model	19,76
25	07627-04	BY	Karesel Trend Analizi	23,0	FGM	12,7	Gri Model	12,73
26	07628-03	BY	Karesel Trend Analizi	24,0	FGM	13,3	Gri Model	13,29
27	07631-01	BY	Basit Üssel Düzleştirme	58,0	FGM	43,8	Gri Model	43,81
28	07631-04	BY	Hareketli Ortalama	78,0	RM (1,1)	46,0	Gri Model	46
29	07631-08	BY	Üssel Büyüme Eğrisi	61,0	FGM	57,5	Gri Model	57,48
30	07632-00	BY	Karesel Trend Analizi	24,0	FGM	10,7	Gri Model	10,65
31	07632-01	BY	Karesel Trend Analizi	46,0	FGM	15,2	Gri Model	15,22
32	07637-02	BY	Üssel Büyüme Eğrisi	60,0	FGM	27,2	Gri Model	27,23
33	07620-09	BZ	Basit Üssel Düzleştirme	46,0	FGM	33,4	Gri Model	33,35
34	07622-02	BZ	Karesel Trend Analizi	73,0	FGM	32,2	Gri Model	32,23
35	07631-05	BZ	Doğrusal Trend Analizi	65,0	FGM	22,3	Gri Model	22,3
36	02096-06	CX	Çarpımsal Ayrıştırma	17,0	FGM	12,5	Gri Model	12,46
37	07624-07	CX	Karesel Trend Analizi	10,0	GM (1,1)	10,3	Klasik Model	10
38	07632-09	CX	Üssel Büyüme Eğrisi	17,0	FGM	10,5	Gri Model	10,53
39	07634-09	CX	Üssel Büyüme Eğrisi	18,0	FGM	16,5	Gri Model	16,49
40	02094-01	CY	Hareketli Ortalama	35,0	RM (1,1)	36,0	Klasik Model	35
41	02094-02	CY	Hareketli Ortalama	28,0	NDGM	26,6	Gri Model	26,62
42	02096-00	CY	Karesel Trend Analizi	15,0	FGM	10,1	Gri Model	10,07
43	02096-01	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	23,0	FGM	11,0	Gri Model	11,04
44	02096-07	CY	Çarpımsal Ayrıştırma	37,0	FGM	49,6	Klasik Model	37
45	02096-08	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	19,0	FGM	9,5	Gri Model	9,45
46	07628-02	CY	Çarpımsal Ayrıştırma	48,0	FGM	27,8	Gri Model	27,84
47	07632-03	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	43,0	FGM	29,4	Gri Model	29,35

Tablo 4.52. (Devam) Talep tahmin yönteminin seçilmesi

No	Stok Kodu	Sınıf	En iyi Klasik Yöntem	MAPE(%)	En iyi Gri Yöntem	MAPE (%)	Seçilen Yöntem	MAPE(%)
48	07632-04	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	24,0	FGM	17,0	Gri Model	16,96
49	07632-05	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	47,0	FGM	37,2	Gri Model	37,21
50	07632-06	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	24,0	FGM	18,6	Gri Model	18,62
51	07632-07	CY	Karesel Trend Analizi	60,0	FGM	39,5	Gri Model	39,51
52	07632-08	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	22,0	FGM	22,5	Klasik Model	22
53	07632-11	CY	Hareketli Ortalama	21,0	FGM	10,7	Gri Model	10,67
54	07632-14	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	77,0	FGM	42,0	Gri Model	41,99
55	07632-15	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	29,0	FGM	14,3	Gri Model	14,29
56	07632-22	CY	Çarpımsal Ayrıştırma	47,0	FGM	55,1	Klasik Model	47
57	07633-02	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	73,0	FGM	11,4	Gri Model	11,4
58	07633-04	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	54,0	FGM	47,9	Gri Model	47,85
59	07633-05	CY	Doğrusal Trend Analizi	32,0	FGM	11,5	Gri Model	11,54
60	07634-00	CY	Toplamsal Ayrıştırma	43,0	ODGM	45,8	Klasik Model	43
61	07634-08	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	59,0	FGM	18,7	Gri Model	18,68
62	07635-02	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	62,0	FGM	49,3	Gri Model	49,28
63	07635-03	CY	Çarpımsal Ayrıştırma	42,0	RM (1,1)	47,7	Klasik Model	42
64	07636-03	CY	Karesel Trend Analizi	25,0	FGM	23,7	Gri Model	23,73
65	07637-01	CY	Üssel Büyüme Eğrisi	71,0	FGM	45,6	Gri Model	45,6
66	02094-03	CZ	Toplamsal Ayrıştırma	43,0	FGM	39,0	Gri Model	39
67	07627-05	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	105,0	FGM	71,7	Gri Model	71,65
68	07627-07	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	92,0	FGM	50,0	Gri Model	49,97
69	07631-02	CZ	Hareketli Ortalama	67,0	FGM	32,9	Gri Model	32,85
70	07632-10	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	95,0	FGM	37,1	Gri Model	37,05
71	07632-12	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	101,0	NDGM	83,9	Gri Model	83,94
72	07632-13	CZ	Hareketli Ortalama	104,0	RM (1,1)	59,0	Gri Model	59
73	07633-01	CZ	Hareketli Ortalama	44,0	FGM	58,7	Klasik Model	44
74	07633-03	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	44,0	GM (1,1)	58,5	Klasik Model	44
75	07633-06	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	88,0	FGM	36,7	Gri Model	36,68
76	07633-07	CZ	Hareketli Ortalama	92,0	FGM	32,5	Gri Model	32,54
77	07633-08	CZ	Toplamsal Ayrıştırma	54,0	FGM	33,2	Gri Model	33,24
78	07633-09	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	83,0	FGM	49,6	Gri Model	49,55
79	07622-03	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	73,0	FGM	39,3	Gri Model	39,28
80	07634-02	CZ	Karesel Trend Analizi	43,0	FGM	25,8	Gri Model	25,76
81	07634-05	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	82,0	FGM	32,8	Gri Model	32,75
82	07634-06	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	90,0	FGM	44,8	Gri Model	44,84
83	07634-07	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	71,0	FGM	46,3	Gri Model	46,28
84	07635-04	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	62,0	FGM	20,8	Gri Model	20,8
85	07635-05	CZ	Toplamsal Ayrıştırma	76,0	FGM	48,7	Gri Model	48,73
86	07635-06	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	98,0	FGM	38,8	Gri Model	38,82
87	07635-09	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	77,0	FGM	48,9	Gri Model	48,93
88	07636-01	CZ	Üssel Büyüme Eğrisi	76,0	FGM	45,4	Gri Model	45,39
89	07636-02	CZ	Toplamsal Ayrıştırma	65,0	FGM	27,6	Gri Model	27,59

4.7. Ürün Kalemleri için Emniyet Stoku ve Yeniden Sipariş Noktasının Belirlenmesi

Firmanın ürün kalemlerine ait 16 aylık veri 14 yöntem ile analiz edilmiş ve tespit edilen en iyi yöntem ile 17. ay için talep tahmini gerçekleştirilmiştir.

Emniyet stoku ve yeniden sipariş noktasının tespit edilebilmesi için gereken bir diğer parametre termin süresidir. Firma yetkilileri, termin süresi ile ilgili kesin bir bilgi sunamamakta olup termin süresinin bir grup ürün için 2 ile 5 gün; bir grup ürün için ise 7 ile 10 gün arasında olacağına dair genel bir değerlendirmede bulunmuşlardır.

Güven faktörü katsayısı, müşteri hizmet düzeyinden elde edilmekte ve yeniden sipariş noktasını doğrudan etkilemektedir. Müşteri hizmet düzeyi yüksek seçildiğinde yeniden sipariş noktası ve buna bağlı olarak elde bulundurma maliyetleri yükselecektir. Müşteri hizmet düzeyi düşük seçildiğinde ise siparişin tam ve zamanında teslim edilme olasılığı düşecek ve firma elde bulundurmama maliyetine katlanmak durumunda kalacaktır. Çalışmada, bu ikilemden dolayı ortaya çıkan belirsizliği gidermek amacıyla müşteri hizmet düzeyi aralıklı olarak ifade edilmiş ve böylelikle kesin sınırlamalar yerine daha esnek bir sonuç elde edilmiştir. Alt ve üst sınır belirlenirken ürünün yer aldığı ABC-XYZ grubu ve seçilen tahmin yönteminden elde edilen MAPE değeri dikkate alınmıştır. MAPE değerine göre seçilen müşteri hizmet düzeyi Tablo 4.53' te verilmektedir.

Tablo 4.53. Müşteri hizmet düzeyinin seçilmesi

MAPE (%)	Müşteri hizmet düzeyi (%)
≤10	85-90
≤20	90-95
≤50	95-99
>50	99-99,99

C grubunda yer alan ürünler yüksek emniyet stoku tutulması gereken kritik ürünlerdir. Ayrıca, CX grubundan CZ grubuna doğru gidildiğinde değişkenlik artacağından ürüne dair tahmin gücü azalacaktır. Bu nedenle CX grubu ürünlerde MAPE değerine bakılmaksızın müşteri hizmet düzeyi %90-%95 aralığında, CY grubu ürünlerde %95-%99 aralığında ve CZ grubunda ise %99-%99,99 aralığında seçilmiştir.

Çalışmada emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası 5 ayrı model ile hesaplanmıştır. Bunlardan ilkinde termin süresi ve müşteri hizmet düzeyi için belirlenen alt sınırlar

kullanılmıştır. İkincisinde, termin süresi alt sınır, müşteri hizmet düzeyi üst sınır olarak ele alınmıştır. Üçüncü modelde, termin süresi için üst sınır değeri, müşteri hizmet düzeyi için alt sınır değeri kullanılmıştır. Dördüncü modelde her iki parametrenin üst sınırları hesaplamalara dahil edilmiştir. Bölüm 4.7'de açıklanan beşinci modelde ise, stok modeli parametreleri grileştirilerek müşteri hizmet düzeyi ve termin süresi aralıklı gri sayılar olarak ele alınmıştır.

4.7.1. ES ve R'nin model-1 ile hesaplanması

Müşteri hizmet düzeyinin alt sınırda kabul edilmesi ve termin süresinin 2 ve 7 gün olarak alınması sonucu hesaplanan emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası Tablo 4.54' te verilmiştir. Çalışmada aylık veriler kullanıldığından, gün olarak verilen termin süresi de aynı birime çevrilmiştir.

Tablo 4.54. ES ve R'nin model 1 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE (%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
1	07623-02	AX	0,7	9.246	62.548	2	85	1,04	4.170	6.653
2	07623-04	AX	1,76	24.775	267.202	2	85	1,04	17.813	24.466
3	07624-09	AX	5,75	7.479	80.144	2	85	1,04	5.343	7.351
4	07627-06	AX	1,59	30.942	292.021	7	85	1,04	68.138	83.683
5	07620-05	AY	8,96	12.204	56.725	7	85	1,04	13.236	19.367
6	07621-01	AY	13,25	7.455	26.806	7	90	1,28	6.255	10.864
7	07621-06	AY	5,88	5.593	23.758	7	85	1,04	5.544	8.354
8	07625-08	AY	5,84	41.903	66.287	7	85	1,04	15.467	36.518
9	07626-04	AY	8,53	16.402	17.636	7	85	1,04	4.115	12.355
10	07626-05	AY	15,44	43.060	62.732	7	90	1,28	14.637	41.261
11	07628-06	AY	4,85	5.178	17.989	2	85	1,04	1.199	2.590
12	07635-00	AZ	30	3.158	9.851	7	95	1,65	2.299	4.816
13	07624-06	BX	2,91	1.435	18.679	2	85	1,04	1.245	1.631
14	07627-03	BX	5,93	3.843	17.378	2	85	1,04	1.159	2.190
15	07620-01	BY	23,37	1.483	5.347	7	95	1,65	1.248	2.430
16	07620-03	BY	7,78	2.221	6.343	7	85	1,04	1.480	2.596
"17	07620-04	BY	36,58	2.269	6.038	7	95	1,65	1.409	3.217
18	07621-02	BY	11,94	1.643	6.996	7	90	1,28	1.632	2.648
19	07621-04	BY	26	2.510	6.461	7	95	1,65	1.508	3.508
20	07621-07	BY	7,8	2.112	7.574	7	85	1,04	1.767	2.829
21	07623-00	BY	4,99	4.822	15.664	2	85	1,04	1.044	2.339
22	07623-08	BY	17,56	2.361	5.721	2	90	1,28	381	1.162
23	07625-01	BY	14,43	4.670	8.704	2	90	1,28	580	2.124

Tablo 4.54. (Devam) ES ve R'nin model 1 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE (%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
24	07625-02	BY	19,76	2.858	4.022	2	90	1,28	268	1.213
25	07627-04	BY	12,73	8.606	16.366	7	90	1,28	3.819	9.140
26	07628-03	BY	13,29	1.911	7.047	7	90	1,28	1.644	2.826
27	07631-01	BY	43,81	6.034	16.486	7	95	1,65	3.847	8.656
28	07631-04	BY	46	6.107	26.291	2	95	1,65	1.753	4.355
29	07631-08	BY	57,48	4.321	13.278	2	99	2,33	885	3.485
30	07632-00	BY	10,65	2.485	3.516	2	90	1,28	234	1.056
31	07632-01	BY	15,22	1.032	2.365	2	90	1,28	158	499
32	07637-02	BY	27,23	2.894	4.649	2	95	1,65	310	1.543
33	07620-09	BZ	33,35	9.379	32.283	7	95	1,65	7.533	15.008
34	07622-02	BZ	32,23	7.670	460	7	95	1,65	107	6.220
35	07631-05	BZ	22,3	5.686	19.908	2	95	1,65	1.327	3.749
36	02096-06	CX	12,46	416	1.801	7	90	1,28	420	678
37	07624-07	CX	10	603	3.770	2	90	1,28	251	451
38	07632-09	CX	10,53	481	2.148	2	90	1,28	143	302
39	07634-09	CX	16,49	797	4.065	7	90	1,28	949	1.442
40	02094-01	CY	35	963	1.240	2	95	1,65	83	493
41	02094-02	CY	26,62	862	2.136	2	95	1,65	142	510
42	02096-00	CY	10,07	354	1.333	2	95	1,65	89	240
43	02096-01	CY	11,04	417	1.665	2	95	1,65	111	289
44	02096-07	CY	37	437	1.718	7	95	1,65	401	749
45	02096-08	CY	9,45	567	2.635	2	95	1,65	176	417
46	07628-02	CY	27,84	526	639	7	95	1,65	149	568
47	07632-03	CY	29,35	240	361	2	95	1,65	24	126
48	07632-04	CY	16,96	601	1.590	2	95	1,65	106	362
49	07632-05	CY	37,21	647	1.176	2	95	1,65	78	354
50	07632-06	CY	18,62	334	1.114	2	95	1,65	74	217
51	07632-07	CY	39,51	840	1.129	2	95	1,65	75	433
52	07632-08	CY	22	179	552	2	95	1,65	37	113
53	07632-11	CY	10,67	617	2.699	2	95	1,65	180	443
54	07632-14	CY	41,99	173	609	2	95	1,65	41	115
55	07632-15	CY	14,29	162	546	2	95	1,65	36	105
56	07632-22	CY	47	155	198	7	95	1,65	46	170
57	07633-02	CY	11,4	1.138	2.382	7	95	1,65	556	1.463
58	07633-04	CY	47,85	429	615	7	95	1,65	143	485
59	07633-05	CY	11,54	2.839	9.368	7	95	1,65	2.186	4.449
60	07634-00	CY	43	2.611	4.969	7	95	1,65	1.160	3.240
61	07634-08	CY	18,68	759	1.707	2	95	1,65	114	437
62	07635-02	CY	49,28	359	611	2	95	1,65	41	194
63	07635-03	CY	42	152	489	2	95	1,65	33	97
64	07636-03	CY	23,73	1.186	2.179	2	95	1,65	145	651
65	07637-01	CY	45,6	413	691	2	95	1,65	46	222
66	02094-03	CZ	39	1.325	2.937	2	99	2,33	196	993

Tablo 4.54. (Devam) ES ve R'nin model 1 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE (%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
67	07627-05	CZ	71,65	1.649	679	7	99	2,33	158	2.015
68	07627-07	CZ	49,97	345	2.163	7	99	2,33	505	892
69	07631-02	CZ	32,85	1.798	1.880	7	99	2,33	439	2.463
70	07632-10	CZ	37,05	1.234	265	7	99	2,33	62	1.450
71	07632-12	CZ	83,94	743	3.731	2	99	2,33	249	696
72	07632-13	CZ	59	1.180	3.270	2	99	2,33	218	928
73	07633-01	CZ	44	362	5.802	2	99	2,33	387	605
74	07633-03	CZ	44	2.328	1.243	2	99	2,33	83	1.483
75	07633-06	CZ	36,68	802	713	7	99	2,33	166	1.069
76	07633-07	CZ	32,54	417	832	7	99	2,33	194	663
77	07633-08	CZ	33,24	429	3.032	2	99	2,33	202	460
78	07633-09	CZ	49,55	1.096	233	2	99	2,33	16	675
79	07622-03	CZ	39,28	195	1.210	2	99	2,33	81	198
80	07634-02	CZ	25,76	1.351	1.154	7	99	2,33	269	1.790
81	07634-05	CZ	32,75	44	75	2	99	2,33	5	31
82	07634-06	CZ	44,84	256	483	2	99	2,33	32	186
83	07634-07	CZ	46,28	236	587	2	99	2,33	39	181
84	07635-04	CZ	20,8	864	1.979	2	99	2,33	132	652
85	07635-05	CZ	48,73	566	1.083	7	99	2,33	253	890
86	07635-06	CZ	38,82	463	322	7	99	2,33	75	597
87	07635-09	CZ	48,93	78	42	7	99	2,33	10	98
88	07636-01	CZ	45,39	175	83	2	99	2,33	6	111
89	07636-02	CZ	27,59	415	1.711	2	99	2,33	114	364

4.7.2. ES ve R'nin model-2 ile hesaplanması

Müşteri hizmet düzeyinin üst sınırının kabul edilmesi ve termin süresinin 2 ve 7 gün olarak alınması sonucu hesaplanan emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası Tablo 4.55' te verilmiştir.

Tablo 4.55. ES ve R'nin model 2 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
1	07623-02	AX	0,7	9.246	62.548	2	90,00	1,28	4.170	7.226
2	07623-04	AX	1,76	24.775	267.202	2	90,00	1,28	17.813	26.001
3	07624-09	AX	5,75	7.479	80.144	2	90,00	1,28	5.343	7.815
4	07627-06	AX	1,59	30.942	292.021	7	90,00	1,28	68.138	87.270
5	07620-05	AY	8,96	12.204	56.725	7	90,00	1,28	13.236	20.782
6	07621-01	AY	13,25	7.455	26.806	7	95,00	1,65	6.255	12.196
7	07621-06	AY	5,88	5.593	23.758	7	90,00	1,28	5.544	9.002
8	07625-08	AY	5,84	41.903	66.287	7	90,00	1,28	15.467	41.376
9	07626-04	AY	8,53	16.402	17.636	7	90,00	1,28	4.115	14.256

Tablo 4.55. (Devam) ES ve R'nin model 2 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE (%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
10	07626-05	AY	15,44	43.060	62.732	7	95,00	1,65	14.637	48.957
11	07628-06	AY	4,85	5.178	17.989	2	90,00	1,28	1.199	2.911
12	07635-00	AZ	30	3.158	9.851	7	99,00	2,33	2.299	5.853
13	07624-06	BX	2,91	1.435	18.679	2	90,00	1,28	1.245	1.720
14	07627-03	BX	5,93	3.843	17.378	2	90,00	1,28	1.159	2.429
15	07620-01	BY	23,37	1.483	5.347	7	99,00	2,33	1.248	2.917
16	07620-03	BY	7,78	2.221	6.343	7	90,00	1,28	1.480	2.853
17	07620-04	BY	36,58	2.269	6.038	7	99,00	2,33	1.409	3.963
18	07621-02	BY	11,94	1.643	6.996	7	95,00	1,65	1.632	2.942
19	07621-04	BY	26	2.510	6.461	7	99,00	2,33	1.508	4.332
20	07621-07	BY	7,8	2.112	7.574	7	90,00	1,28	1.767	3.073
21	07623-00	BY	4,99	4.822	15.664	2	90,00	1,28	1.044	2.638
22	07623-08	BY	17,56	2.361	5.721	2	95,00	1,65	381	1.387
23	07625-01	BY	14,43	4.670	8.704	2	95,00	1,65	580	2.570
24	07625-02	BY	19,76	2.858	4.022	2	95,00	1,65	268	1.486
25	07627-04	BY	12,73	8.606	16.366	7	95,00	1,65	3.819	10.678
26	07628-03	BY	13,29	1.911	7.047	7	95,00	1,65	1.644	3.167
27	07631-01	BY	43,81	6.034	16.486	7	99,00	2,33	3.847	10.638
28	07631-04	BY	46	6.107	26.291	2	99,00	2,33	1.753	5.427
29	07631-08	BY	57,48	4.321	13.278	2	99,99	3,09	885	4.332
30	07632-00	BY	10,65	2.485	3.516	2	95,00	1,65	234	1.293
31	07632-01	BY	15,22	1.032	2.365	2	95,00	1,65	158	597
32	07637-02	BY	27,23	2.894	4.649	2	99,00	2,33	310	2.051
33	07620-09	BZ	33,35	9.379	32.283	7	99,00	2,33	7.533	18.088
34	07622-02	BZ	32,23	7.670	460	7	99,00	2,33	107	8.740
35	07631-05	BZ	22,3	5.686	19.908	2	99,00	2,33	1.327	4.748
36	02096-06	CX	12,46	416	1.801	7	95,00	1,65	420	752
37	07624-07	CX	10	603	3.770	2	95,00	1,65	251	508
38	07632-09	CX	10,53	481	2.148	2	95,00	1,65	143	348
39	07634-09	CX	16,49	797	4.065	7	95,00	1,65	949	1.584
40	02094-01	CY	35	963	1.240	2	99,00	2,33	83	662
41	02094-02	CY	26,62	862	2.136	2	99,00	2,33	142	661
42	02096-00	CY	10,07	354	1.333	2	99,00	2,33	89	302
43	02096-01	CY	11,04	417	1.665	2	99,00	2,33	111	362
44	02096-07	CY	37	437	1.718	7	99,00	2,33	401	892
45	02096-08	CY	9,45	567	2.635	2	99,00	2,33	176	517
46	07628-02	CY	27,84	526	639	7	99,00	2,33	149	741
47	07632-03	CY	29,35	240	361	2	99,00	2,33	24	168
48	07632-04	CY	16,96	601	1.590	2	99,00	2,33	106	468
49	07632-05	CY	37,21	647	1.176	2	99,00	2,33	78	467
50	07632-06	CY	18,62	334	1.114	2	99,00	2,33	74	275
51	07632-07	CY	39,51	840	1.129	2	99,00	2,33	75	581
52	07632-08	CY	22	179	552	2	99,00	2,33	37	145
53	07632-11	CY	10,67	617	2.699	2	99,00	2,33	180	551

Tablo 4.55. (Devam) ES ve R'nin model 2 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
54	07632-14	CY	41,99	173	609	2	99,00	2,33	41	145
55	07632-15	CY	14,29	162	546	2	99,00	2,33	36	134
56	07632-22	CY	47	155	198	7	99,00	2,33	46	221
57	07633-02	CY	11,4	1.138	2.382	7	99,00	2,33	556	1.836
58	07633-04	CY	47,85	429	615	7	99,00	2,33	143	626
59	07633-05	CY	11,54	2.839	9.368	7	99,00	2,33	2.186	5.381
60	07634-00	CY	43	2.611	4.969	7	99,00	2,33	1.160	4.098
61	07634-08	CY	18,68	759	1.707	2	99,00	2,33	114	570
62	07635-02	CY	49,28	359	611	2	99,00	2,33	41	257
63	07635-03	CY	42	152	489	2	99,00	2,33	33	124
64	07636-03	CY	23,73	1.186	2.179	2	99,00	2,33	145	859
65	07637-01	CY	45,6	413	691	2	99,00	2,33	46	295
66	02094-03	CZ	39	1.325	2.937	2	99,99	3,09	196	1.253
67	07627-05	CZ	71,65	1.649	679	7	99,99	3,09	158	2.620
68	07627-07	CZ	49,97	345	2.163	7	99,99	3,09	505	1.019
69	07631-02	CZ	32,85	1.798	1.880	7	99,99	3,09	439	3.123
70	07632-10	CZ	37,05	1.234	265	7	99,99	3,09	62	1.903
71	07632-12	CZ	83,94	743	3.731	2	99,99	3,09	249	842
72	07632-13	CZ	59	1.180	3.270	2	99,99	3,09	218	1.159
73	07633-01	CZ	44	362	5.802	2	99,99	3,09	387	676
74	07633-03	CZ	44	2.328	1.243	2	99,99	3,09	83	1.940
75	07633-06	CZ	36,68	802	713	7	99,99	3,09	166	1.363
76	07633-07	CZ	32,54	417	832	7	99,99	3,09	194	816
77	07633-08	CZ	33,24	429	3.032	2	99,99	3,09	202	544
78	07633-09	CZ	49,55	1.096	233	2	99,99	3,09	16	890
79	07622-03	CZ	39,28	195	1.210	2	99,99	3,09	81	236
80	07634-02	CZ	25,76	1.351	1.154	7	99,99	3,09	269	2.285
81	07634-05	CZ	32,75	44	75	2	99,99	3,09	5	40
82	07634-06	CZ	44,84	256	483	2	99,99	3,09	32	236
83	07634-07	CZ	46,28	236	587	2	99,99	3,09	39	227
84	07635-04	CZ	20,8	864	1.979	2	99,99	3,09	132	821
85	07635-05	CZ	48,73	566	1.083	7	99,99	3,09	253	1.098
86	07635-06	CZ	38,82	463	322	7	99,99	3,09	75	767
87	07635-09	CZ	48,93	78	42	7	99,99	3,09	10	126
88	07636-01	CZ	45,39	175	83	2	99,99	3,09	6	145
89	07636-02	CZ	27,59	415	1.711	2	99,99	3,09	114	446

4.7.3. ES ve R'nin model-3 ile hesaplanması

Müşteri hizmet düzeyinin alt sınırının kabul edilmesi ve termin süresinin 5 ve 10 gün olarak alınması sonucu hesaplanan emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası Tablo 4.56' da verilmiştir.

Tablo 4.56. ES ve R'nin model 3 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
1	07623-02	AX	0,7	9.246	62.548	2	90,00	1,28	4.170	7.226
2	07623-04	AX	1,76	24.775	267.202	2	90,00	1,28	17.813	26.001
3	07624-09	AX	5,75	7.479	80.144	2	90,00	1,28	5.343	7.815
4	07627-06	AX	1,59	30.942	292.021	7	90,00	1,28	68.138	87.270
5	07620-05	AY	8,96	12.204	56.725	7	90,00	1,28	13.236	20.782
6	07621-01	AY	13,25	7.455	26.806	7	95,00	1,65	6.255	12.196
7	07621-06	AY	5,88	5.593	23.758	7	90,00	1,28	5.544	9.002
8	07625-08	AY	5,84	41.903	66.287	7	90,00	1,28	15.467	41.376
9	07626-04	AY	8,53	16.402	17.636	7	90,00	1,28	4.115	14.256
10	07626-05	AY	15,44	43.060	62.732	7	95,00	1,65	14.637	48.957
11	07628-06	AY	4,85	5.178	17.989	2	90,00	1,28	1.199	2.911
12	07635-00	AZ	30	3.158	9.851	7	99,00	2,33	2.299	5.853
13	07624-06	BX	2,91	1.435	18.679	2	90,00	1,28	1.245	1.720
14	07627-03	BX	5,93	3.843	17.378	2	90,00	1,28	1.159	2.429
15	07620-01	BY	23,37	1.483	5.347	7	99,00	2,33	1.248	2.917
16	07620-03	BY	7,78	2.221	6.343	7	90,00	1,28	1.480	2.853
17	07620-04	BY	36,58	2.269	6.038	7	99,00	2,33	1.409	3.963
18	07621-02	BY	11,94	1.643	6.996	7	95,00	1,65	1.632	2.942
19	07621-04	BY	26	2.510	6.461	7	99,00	2,33	1.508	4.332
20	07621-07	BY	7,8	2.112	7.574	7	90,00	1,28	1.767	3.073
21	07623-00	BY	4,99	4.822	15.664	2	90,00	1,28	1.044	2.638
22	07623-08	BY	17,56	2.361	5.721	2	95,00	1,65	381	1.387
23	07625-01	BY	14,43	4.670	8.704	2	95,00	1,65	580	2.570
24	07625-02	BY	19,76	2.858	4.022	2	95,00	1,65	268	1.486
25	07627-04	BY	12,73	8.606	16.366	7	95,00	1,65	3.819	10.678
26	07628-03	BY	13,29	1.911	7.047	7	95,00	1,65	1.644	3.167
27	07631-01	BY	43,81	6.034	16.486	7	99,00	2,33	3.847	10.638
28	07631-04	BY	46	6.107	26.291	2	99,00	2,33	1.753	5.427
29	07631-08	BY	57,48	4.321	13.278	2	99,99	3,09	885	4.332
30	07632-00	BY	10,65	2.485	3.516	2	95,00	1,65	234	1.293
31	07632-01	BY	15,22	1.032	2.365	2	95,00	1,65	158	597
32	07637-02	BY	27,23	2.894	4.649	2	99,00	2,33	310	2.051
33	07620-09	BZ	33,35	9.379	32.283	7	99,00	2,33	7.533	18.088
34	07622-02	BZ	32,23	7.670	460	7	99,00	2,33	107	8.740
35	07631-05	BZ	22,3	5.686	19.908	2	99,00	2,33	1.327	4.748
36	02096-06	CX	12,46	416	1.801	7	95,00	1,65	420	752
37	07624-07	CX	10	603	3.770	2	95,00	1,65	251	508
38	07632-09	CX	10,53	481	2.148	2	95,00	1,65	143	348
39	07634-09	CX	16,49	797	4.065	7	95,00	1,65	949	1.584
40	02094-01	CY	35	963	1.240	2	99,00	2,33	83	662
41	02094-02	CY	26,62	862	2.136	2	99,00	2,33	142	661
42	02096-00	CY	10,07	354	1.333	2	99,00	2,33	89	302
43	02096-01	CY	11,04	417	1.665	2	99,00	2,33	111	362
44	02096-07	CY	37	437	1.718	7	99,00	2,33	401	892

Tablo 4.56. (Devam) ES ve R'nin model 3 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi (%)	Z	ES	R
45	02096-08	CY	9,45	567	2.635	2	99,00	2,33	176	517
46	07628-02	CY	27,84	526	639	7	99,00	2,33	149	741
47	07632-03	CY	29,35	240	361	2	99,00	2,33	24	168
48	07632-04	CY	16,96	601	1.590	2	99,00	2,33	106	468
49	07632-05	CY	37,21	647	1.176	2	99,00	2,33	78	467
50	07632-06	CY	18,62	334	1.114	2	99,00	2,33	74	275
51	07632-07	CY	39,51	840	1.129	2	99,00	2,33	75	581
52	07632-08	CY	22	179	552	2	99,00	2,33	37	145
53	07632-11	CY	10,67	617	2.699	2	99,00	2,33	180	551
54	07632-14	CY	41,99	173	609	2	99,00	2,33	41	145
55	07632-15	CY	14,29	162	546	2	99,00	2,33	36	134
56	07632-22	CY	47	155	198	7	99,00	2,33	46	221
57	07633-02	CY	11,4	1.138	2.382	7	99,00	2,33	556	1.836
58	07633-04	CY	47,85	429	615	7	99,00	2,33	143	626
59	07633-05	CY	11,54	2.839	9.368	7	99,00	2,33	2.186	5.381
60	07634-00	CY	43	2.611	4.969	7	99,00	2,33	1.160	4.098
61	07634-08	CY	18,68	759	1.707	2	99,00	2,33	114	570
62	07635-02	CY	49,28	359	611	2	99,00	2,33	41	257
63	07635-03	CY	42	152	489	2	99,00	2,33	33	124
64	07636-03	CY	23,73	1.186	2.179	2	99,00	2,33	145	859
65	07637-01	CY	45,6	413	691	2	99,00	2,33	46	295
66	02094-03	CZ	39	1.325	2.937	2	99,99	3,09	196	1.253
67	07627-05	CZ	71,65	1.649	679	7	99,99	3,09	158	2.620
68	07627-07	CZ	49,97	345	2.163	7	99,99	3,09	505	1.019
69	07631-02	CZ	32,85	1.798	1.880	7	99,99	3,09	439	3.123
70	07632-10	CZ	37,05	1.234	265	7	99,99	3,09	62	1.903
71	07632-12	CZ	83,94	743	3.731	2	99,99	3,09	249	842
72	07632-13	CZ	59	1.180	3.270	2	99,99	3,09	218	1.159
73	07633-01	CZ	44	362	5.802	2	99,99	3,09	387	676
74	07633-03	CZ	44	2.328	1.243	2	99,99	3,09	83	1.940
75	07633-06	CZ	36,68	802	713	7	99,99	3,09	166	1.363
76	07633-07	CZ	32,54	417	832	7	99,99	3,09	194	816
77	07633-08	CZ	33,24	429	3.032	2	99,99	3,09	202	544
78	07633-09	CZ	49,55	1.096	233	2	99,99	3,09	16	890
79	07622-03	CZ	39,28	195	1.210	2	99,99	3,09	81	236
80	07634-02	CZ	25,76	1.351	1.154	7	99,99	3,09	269	2.285
81	07634-05	CZ	32,75	44	75	2	99,99	3,09	5	40
82	07634-06	CZ	44,84	256	483	2	99,99	3,09	32	236
83	07634-07	CZ	46,28	236	587	2	99,99	3,09	39	227
84	07635-04	CZ	20,8	864	1.979	2	99,99	3,09	132	821
85	07635-05	CZ	48,73	566	1.083	7	99,99	3,09	253	1.098
86	07635-06	CZ	38,82	463	322	7	99,99	3,09	75	767
87	07635-09	CZ	48,93	78	42	7	99,99	3,09	10	126
88	07636-01	CZ	45,39	175	83	2	99,99	3,09	6	145
89	07636-02	CZ	27,59	415	1.711	2	99,99	3,09	114	446

4.7.4. ES ve R'nin model-4 ile hesaplanması

Müşteri hizmet düzeyinin üst sınırının kabul edilmesi ve termin süresinin 5 ve 10 gün olarak alınması sonucu hesaplanan emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası Tablo 4.57' de verilmiştir.

Tablo 4.57. ES ve R'nin model 4 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi	Z	ES	R
1	07623-02	AX	0,7	9.246	62.548	5	90,00	1,28	10.425	15.256
2	07623-04	AX	1,76	24.775	267.202	5	90,00	1,28	44.534	57.480
3	07624-09	AX	5,75	7.479	80.144	5	90,00	1,28	13.357	17.265
4	07627-06	AX	1,59	30.942	292.021	10	90,00	1,28	97.340	120.207
5	07620-05	AY	8,96	12.204	56.725	10	90,00	1,28	18.908	27.927
6	07621-01	AY	13,25	7.455	26.806	10	95,00	1,65	8.935	16.037
7	07621-06	AY	5,88	5.593	23.758	10	90,00	1,28	7.919	12.053
8	07625-08	AY	5,84	41.903	66.287	10	90,00	1,28	22.096	53.063
9	07626-04	AY	8,53	16.402	17.636	10	90,00	1,28	5.879	18.000
10	07626-05	AY	15,44	43.060	62.732	10	95,00	1,65	20.911	61.931
11	07628-06	AY	4,85	5.178	17.989	5	90,00	1,28	2.998	5.704
12	07635-00	AZ	30	3.158	9.851	10	99,00	2,33	3.284	7.532
13	07624-06	BX	2,91	1.435	18.679	5	90,00	1,28	3.113	3.863
14	07627-03	BX	5,93	3.843	17.378	5	90,00	1,28	2.896	4.904
15	07620-01	BY	23,37	1.483	5.347	10	99,00	2,33	1.782	3.777
16	07620-03	BY	7,78	2.221	6.343	10	90,00	1,28	2.114	3.755
17	07620-04	BY	36,58	2.269	6.038	10	99,00	2,33	2.013	5.065
18	07621-02	BY	11,94	1.643	6.996	10	95,00	1,65	2.332	3.897
19	07621-04	BY	26	2.510	6.461	10	99,00	2,33	2.154	5.530
20	07621-07	BY	7,8	2.112	7.574	10	90,00	1,28	2.525	4.086
21	07623-00	BY	4,99	4.822	15.664	5	90,00	1,28	2.611	5.130
22	07623-08	BY	17,56	2.361	5.721	5	95,00	1,65	953	2.544
23	07625-01	BY	14,43	4.670	8.704	5	95,00	1,65	1.451	4.596
24	07625-02	BY	19,76	2.858	4.022	5	95,00	1,65	670	2.595
25	07627-04	BY	12,73	8.606	16.366	10	95,00	1,65	5.455	13.654
26	07628-03	BY	13,29	1.911	7.047	10	95,00	1,65	2.349	4.169
27	07631-01	BY	43,81	6.034	16.486	10	99,00	2,33	5.495	13.612
28	07631-04	BY	46	6.107	26.291	5	99,00	2,33	4.382	10.191
29	07631-08	BY	57,48	4.321	13.278	5	99,99	3,09	2.213	7.664
30	07632-00	BY	10,65	2.485	3.516	5	95,00	1,65	586	2.260
31	07632-01	BY	15,22	1.032	2.365	5	95,00	1,65	394	1.089
32	07637-02	BY	27,23	2.894	4.649	5	99,00	2,33	775	3.528
33	07620-09	BZ	33,35	9.379	32.283	10	99,00	2,33	10.761	23.378
34	07622-02	BZ	32,23	7.670	460	10	99,00	2,33	153	10.471
35	07631-05	BZ	22,3	5.686	19.908	5	99,00	2,33	3.318	8.726
36	02096-06	CX	12,46	416	1.801	10	95,00	1,65	600	997
37	07624-07	CX	10	603	3.770	5	95,00	1,65	628	1.035

Tablo 4.57. (Devam) ES ve R' nin model 4 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi	Z	ES	R
38	07632-09	CX	10,53	481	2.148	5	95,00	1,65	358	682
39	07634-09	CX	16,49	797	4.065	10	95,00	1,65	1.355	2.115
40	02094-01	CY	35	963	1.240	5	99,00	2,33	207	1.123
41	02094-02	CY	26,62	862	2.136	5	99,00	2,33	356	1.176
42	02096-00	CY	10,07	354	1.333	5	99,00	2,33	222	559
43	02096-01	CY	11,04	417	1.665	5	99,00	2,33	278	674
44	02096-07	CY	37	437	1.718	10	99,00	2,33	573	1.160
45	02096-08	CY	9,45	567	2.635	5	99,00	2,33	439	978
46	07628-02	CY	27,84	526	639	10	99,00	2,33	213	920
47	07632-03	CY	29,35	240	361	5	99,00	2,33	60	288
48	07632-04	CY	16,96	601	1.590	5	99,00	2,33	265	837
49	07632-05	CY	37,21	647	1.176	5	99,00	2,33	196	811
50	07632-06	CY	18,62	334	1.114	5	99,00	2,33	186	504
51	07632-07	CY	39,51	840	1.129	5	99,00	2,33	188	987
52	07632-08	CY	22	179	552	5	99,00	2,33	92	262
53	07632-11	CY	10,67	617	2.699	5	99,00	2,33	450	1.036
54	07632-14	CY	41,99	173	609	5	99,00	2,33	102	267
55	07632-15	CY	14,29	162	546	5	99,00	2,33	91	245
56	07632-22	CY	47	155	198	10	99,00	2,33	66	275
57	07633-02	CY	11,4	1.138	2.382	10	99,00	2,33	794	2.324
58	07633-04	CY	47,85	429	615	10	99,00	2,33	205	782
59	07633-05	CY	11,54	2.839	9.368	10	99,00	2,33	3.123	6.942
60	07634-00	CY	43	2.611	4.969	10	99,00	2,33	1.656	5.169
61	07634-08	CY	18,68	759	1.707	5	99,00	2,33	284	1.006
62	07635-02	CY	49,28	359	611	5	99,00	2,33	102	443
63	07635-03	CY	42	152	489	5	99,00	2,33	82	226
64	07636-03	CY	23,73	1.186	2.179	5	99,00	2,33	363	1.492
65	07637-01	CY	45,6	413	691	5	99,00	2,33	115	508
66	02094-03	CZ	39	1.325	2.937	5	99,99	3,09	489	2.161
67	07627-05	CZ	71,65	1.649	679	10	99,99	3,09	226	3.169
68	07627-07	CZ	49,97	345	2.163	10	99,99	3,09	721	1.336
69	07631-02	CZ	32,85	1.798	1.880	10	99,99	3,09	627	3.835
70	07632-10	CZ	37,05	1.234	265	10	99,99	3,09	88	2.289
71	07632-12	CZ	83,94	743	3.731	5	99,99	3,09	622	1.559
72	07632-13	CZ	59	1.180	3.270	5	99,99	3,09	545	2.033
73	07633-01	CZ	44	362	5.802	5	99,99	3,09	967	1.424
74	07633-03	CZ	44	2.328	1.243	5	99,99	3,09	207	3.144
75	07633-06	CZ	36,68	802	713	10	99,99	3,09	238	1.668
76	07633-07	CZ	32,54	417	832	10	99,99	3,09	277	1.020
77	07633-08	CZ	33,24	429	3.032	5	99,99	3,09	505	1.046
78	07633-09	CZ	49,55	1.096	233	5	99,99	3,09	39	1.422
79	07622-03	CZ	39,28	195	1.210	5	99,99	3,09	202	448
80	07634-02	CZ	25,76	1.351	1.154	10	99,99	3,09	385	2.795
81	07634-05	CZ	32,75	44	75	5	99,99	3,09	13	68
82	07634-06	CZ	44,84	256	483	5	99,99	3,09	80	403

Tablo 4.57. (Devam) ES ve R' nin Model 4 ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	L(gün)	Müşteri hizmet düzeyi	Z	ES	R
83	07634-07	CZ	46,28	236	587	5	99,99	3,09	98	395
84	07635-04	CZ	20,8	864	1.979	5	99,99	3,09	330	1.420
85	07635-05	CZ	48,73	566	1.083	10	99,99	3,09	361	1.371
86	07635-06	CZ	38,82	463	322	10	99,99	3,09	107	934
87	07635-09	CZ	48,93	78	42	10	99,99	3,09	14	153
88	07636-01	CZ	45,39	175	83	5	99,99	3,09	14	235
89	07636-02	CZ	27,59	415	1.711	5	99,99	3,09	285	809

4.8. Stok Modeli için Gri Sistem Yaklaşımı

Bölüm 4.6.' da, ürün kalemlerine ait emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası hesaplanırken güven faktörü ve termin süresi kesin değerler olarak alınmıştır. Ancak gerçek problemlerde bu parametrelerin zaman içerisinde düzenli seyretmesi küçük bir ihtimaldir. Literatürde, parametrelerin kesin değerler yerine belirli dağılımlar ile ifade edildiği stokastik stok modelleri geliştirilmiştir. Stokastik modellerde parametrelerin belirlenebilmesi için verilerin belirli bir dağılıma uyması ve bu dağılımın tespit edilebilmesi için ise yeterli sayıda veri gerekmektedir. Bu çalışmada, termin süresi dağılımı belirlenememiş ve firma yetkilileri termin süresini ancak bir aralık ile ifade edebilmişlerdir. Literatürde belirsizlikle başa çıkabilmek için geliştirilen bir diğer yaklaşım ise bulanık mantık temelli yaklaşımlardır. Bulanık mantık temelli stok modellerinde parametreler üyelik fonksiyonları ile ele alınmaktadır. Ancak üyelik fonksiyonunun doğru tespit edilebilmesi de yeterli bilgi ve tecrübe ile mümkündür [45]. Çalışmaya konu olan firmanın 7 yıllık genç bir firma olması ve 2017 yılı öncesi verilerin günümüzü temsil edemeyeceğinin belirlenmesi üzerine Köse [45]' nin benzer şekilde deterministik ESM modelini ele aldığı çalışma da referans alınarak gri sistem yaklaşımı tercih edilmiştir.

$\hat{R}$ gri yeniden sipariş noktasını, $\otimes_1 \in [L_1, L_2]$ alt sınır değeri L_1, üst sınır değeri L_2 olan aralıklı gri sayı olarak ifade edilmiş termin süresini, $\otimes_2 \in [Z_1, Z_2]$ alt sınır değeri Z_1, üst sınır değeri Z_2 olan aralıklı gri sayı olarak ifade edilmiş güven faktörünü, $\hat{d}$ önceki bölümlerde klasik ya da gri tahmin modelleri ile tahmin edilmiş talep miktarını ve son olarak σ_d talebin standart sapmasını göstermek üzere yeniden sipariş noktası (R) fonksiyonu gri parametreler ile Denklem (4.1)'de verilmiştir.

$$\hat{R} = \hat{d} x \otimes_1 + \otimes_2 x \sigma_d x (\otimes_1)^{\frac{1}{2}} \quad (4.1)$$

Denklem (4.1), Denklem (4.2)' deki gibi yeniden ifade edilebilir:

$$\hat{R}=\hat{d}x[L_1,L_2]+[Z_1,Z_2]x\sigma_d x[L_1,L_2]^{\frac{1}{2}} \quad (4.2)$$

Denklem (4.2)'de verilen fonksiyona Bölüm 3.3'te açıklanan gri işlemler uygulanarak sırasıyla Denklem (4.3), Denklem (4.4) ve Denklem (4.5) elde edilir.

$$\hat{R}=[\hat{d}xL_1,\hat{d}xL_2]+[Z_1x\sigma_d,Z_2x\sigma_d]x[(L_1)^{\frac{1}{2}},(L_2)^{\frac{1}{2}}] \quad (4.3)$$

$$\hat{R}=[\hat{d}xL_1,\hat{d}xL_2]+[\min[(Z_1x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_1x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}}],\ \text{maks}$$

$$[(Z_1x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_1x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}}]] \quad (4.4)$$

$$\hat{R}=[(\hat{d}xL_1)+(\min[(Z_1x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_1x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}}),\ (\hat{d}xL_2)+$$

$$\text{maks}((Z_1x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_1x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}})] \quad (4.5)$$

Denklem (4.6), Denklem (4.5)' te verilen gri fonksiyonun eşit ağırlıklı beyazlaştırma yöntemi ile beyazlaştırılmış şeklini ifade eder. Denklem (4.6)' dan elde edilecek sonuç bir beyaz sayıdır.

$$\hat{R}=[0,5x[(\hat{d}xL_1)+(\min[(Z_1x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_1x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}})]+$$

$$0,5x[(\hat{d}xL_2)+\text{maks}((Z_1x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_1x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_1)^{\frac{1}{2}},(Z_2x\sigma_d)x(L_2)^{\frac{1}{2}})] \quad (4.6)$$

Yukarıda elde edilen formüller kullanılarak hesaplanan ES ve R değerleri Tablo 4.58' deki gibidir:

Tablo 4.58. ES ve R'nin model 5 (gri parametreler) ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE (%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	Müşteri Hizmet Düzeyi	L(gün)	L1	L2	MHD 1	MHD 2	Z1	Z2	ES	R
1	07623-02	AX	0,7	9.246	62.548	85-90	2-5	2	5	85	90	1,04	1,28	7.297	10.954
2	07623-04	AX	1,76	24.775	267.202	85-90	2-5	2	5	85	90	1,04	1,28	31.174	40.973
3	07624-09	AX	5,75	7.479	80.144	85-90	2-5	2	5	85	90	1,04	1,28	9.350	12.308
4	07627-06	AX	1,59	30.942	292.021	85-90	7-10	7	10	85	90	1,04	1,28	82.739	101.945
5	07620-05	AY	8,96	12.204	56.725	85-90	7-10	7	10	85	90	1,04	1,28	16.072	23.647
6	07621-01	AY	13,25	7.455	26.806	90-95	7-10	7	10	90	95	1,28	1,65	7.595	13.450
7	07621-06	AY	5,88	5.593	23.758	85-90	7-10	7	10	85	90	1,04	1,28	6.732	10.203
8	07625-08	AY	5,84	41.903	66.287	85-90	7-10	7	10	85	90	1,04	1,28	18.781	44.790
9	07626-04	AY	8,53	16.402	17.636	85-90	7-10	7	10	85	90	1,04	1,28	4.997	15.177
10	07626-05	AY	15,44	43.060	62.732	90-95	7-10	7	10	90	95	1,28	1,65	17.774	51.596
11	07628-06	AY	4,85	5.178	17.989	85-90	2-5	2	5	85	90	1,04	1,28	2.099	4.147
12	07635-00	AZ	30	3.158	9.851	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	2.791	6.174
13	07624-06	BX	2,91	1.435	18.679	85-90	2-5	2	5	85	90	1,04	1,28	2.179	2.747
14	07627-03	BX	5,93	3.843	17.378	85-90	2-5	2	5	85	90	1,04	1,28	2.027	3.547
15	07620-01	BY	23,37	1.483	5.347	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	1.515	3.103
16	07620-03	BY	7,78	2.221	6.343	85-90	7-10	7	10	85	90	1,04	1,28	1.797	3.175
17	07620-04	BY	36,58	2.269	6.038	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	1.711	4.141
18	07621-02	BY	11,94	1.643	6.996	90-95	7-10	7	10	90	95	1,28	1,65	1.982	3.273
19	07621-04	BY	26	2.510	6.461	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	1.831	4.519
20	07621-07	BY	7,8	2.112	7.574	85-90	7-10	7	10	85	90	1,04	1,28	2.146	3.457
21	07623-00	BY	4,99	4.822	15.664	85-90	2-5	2	5	85	90	1,04	1,28	1.827	3.735
22	07623-08	BY	17,56	2.361	5.721	90-95	2-5	2	5	90	95	1,28	1,65	667	1.853
23	07625-01	BY	14,43	4.670	8.704	90-95	2-5	2	5	90	95	1,28	1,65	1.015	3.360
24	07625-02	BY	19,76	2.858	4.022	90-95	2-5	2	5	90	95	1,28	1,65	469	1.904
25	07627-04	BY	12,73	8.606	16.366	90-95	7-10	7	10	90	95	1,28	1,65	4.637	11.397
26	07628-03	BY	13,29	1.911	7.047	90-95	7-10	7	10	90	95	1,28	1,65	1.997	3.497
27	07631-01	BY	43,81	6.034	16.486	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	4.671	11.134
28	07631-04	BY	46	6.107	26.291	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	3.067	7.273
29	07631-08	BY	57,48	4.321	13.278	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	1.549	5.574
30	07632-00	BY	10,65	2.485	3.516	90-95	2-5	2	5	90	95	1,28	1,65	410	1.658
31	07632-01	BY	15,22	1.032	2.365	90-95	2-5	2	5	90	95	1,28	1,65	276	794
32	07637-02	BY	27,23	2.894	4.649	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	542	2.535
33	07620-09	BZ	33,35	9.379	32.283	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	9.147	19.193
34	07622-02	BZ	32,23	7.670	460	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	130	8.346
35	07631-05	BZ	22,3	5.686	19.908	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	2.323	6.238

Tablo 4.58. (Devam) ES ve R'nin Model 5 (gri parametreler) ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE (%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	Müşteri Hizmet Düzeyi	L(gün)	L1	L2	Z1	Z2	Z1	Z2	ES	R
36	02096-06	CX	12,46	416	1.801	90-95	7-10	7	10	90	95	1,28	1,65	510	837
37	07624-07	CX	10	603	3.770	90-95	2-5	2	5	90	95	1,28	1,65	440	743
38	07632-09	CX	10,53	481	2.148	90-95	2-5	2	5	90	95	1,28	1,65	251	492
39	07634-09	CX	16,49	797	4.065	90-95	7-10	7	10	90	95	1,28	1,65	1.152	1.778
40	02094-01	CY	35	963	1.240	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	145	808
41	02094-02	CY	26,62	862	2.136	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	249	843
42	02096-00	CY	10,07	354	1.333	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	155	399
43	02096-01	CY	11,04	417	1.665	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	194	481
44	02096-07	CY	37	437	1.718	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	487	954
45	02096-08	CY	9,45	567	2.635	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	307	698
46	07628-02	CY	27,84	526	639	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	181	744
47	07632-03	CY	29,35	240	361	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	42	207
48	07632-04	CY	16,96	601	1.590	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	186	600
49	07632-05	CY	37,21	647	1.176	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	137	582
50	07632-06	CY	18,62	334	1.114	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	130	360
51	07632-07	CY	39,51	840	1.129	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	132	710
52	07632-08	CY	22	179	552	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	64	188
53	07632-11	CY	10,67	617	2.699	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	315	739
54	07632-14	CY	41,99	173	609	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	71	191
55	07632-15	CY	14,29	162	546	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	64	175
56	07632-22	CY	47	155	198	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	56	223
57	07633-02	CY	11,4	1.138	2.382	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	675	1.893
58	07633-04	CY	47,85	429	615	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	174	634
59	07633-05	CY	11,54	2.839	9.368	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	2.654	5.695
60	07634-00	CY	43	2.611	4.969	95-99	7-10	7	10	95	99	1,65	2,33	1.408	4.205
61	07634-08	CY	18,68	759	1.707	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	199	722
62	07635-02	CY	49,28	359	611	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	71	318
63	07635-03	CY	42	152	489	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	57	162
64	07636-03	CY	23,73	1.186	2.179	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	254	1.071
65	07637-01	CY	45,6	413	691	95-99	2-5	2	5	95	99	1,65	2,33	81	365
66	02094-03	CZ	39	1.325	2.937	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	343	1.577
67	07627-05	CZ	71,65	1.649	679	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	192	2.592
68	07627-07	CZ	49,97	345	2.163	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	613	1.114
69	07631-02	CZ	32,85	1.798	1.880	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	533	3.149
70	07632-10	CZ	37,05	1.234	265	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	75	1.870
71	07632-12	CZ	83,94	743	3.731	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	435	1.128
72	07632-13	CZ	59	1.180	3.270	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	381	1.480

Tablo 4.58. (Devam) ES ve R'nin Model 5 (gri parametreler) ile hesaplanması

No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE (%)	Standart Sapma	17. ay tahmini	Müşteri Hizmet Düzeyi	L(gün)	L1	L2	Z1	Z2	Z1	Z2	ES	R
73	07633-01	CZ	44	362	5.802	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	677	1.015
74	07633-03	CZ	44	2.328	1.243	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	145	2.314
75	07633-06	CZ	36,68	802	713	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	202	1.368
76	07633-07	CZ	32,54	417	832	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	236	842
77	07633-08	CZ	33,24	429	3.032	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	354	753
78	07633-09	CZ	49,55	1.096	233	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	27	1.048
79	07622-03	CZ	39,28	195	1.210	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	141	323
80	07634-02	CZ	25,76	1.351	1.154	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	327	2.292
81	07634-05	CZ	32,75	44	75	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	9	50
82	07634-06	CZ	44,84	256	483	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	56	295
83	07634-07	CZ	46,28	236	587	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	69	288
84	07635-04	CZ	20,8	864	1.979	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	231	1.036
85	07635-05	CZ	48,73	566	1.083	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	307	1.130
86	07635-06	CZ	38,82	463	322	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	91	765
87	07635-09	CZ	48,93	78	42	99-99,99	7-10	7	10	99	99,99	2,33	3,09	12	126
88	07636-01	CZ	45,39	175	83	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	10	173
89	07636-02	CZ	27,59	415	1.711	99-99,99	2-5	2	5	99	99,99	2,33	3,09	200	587

Elde edilen tüm sonuçlar Tablo 4.59' da özetlenmiştir:

Tablo 4.59. ES ve R değerlerinin karşılaştırılması

				Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Gri Model	
No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	ES	R	ES	R	ES	R	ES	R	ES	R
1	07623-02	AX	0,7	4.170	6.653	4.170	7.226	10.425	14.350	10.425	15.256	7.297	10.954
2	07623-04	AX	1,76	17.813	24.466	17.813	26.001	44.534	55.053	44.534	57.480	31.174	40.973
3	07624-09	AX	5,75	5.343	7.351	5.343	7.815	13.357	16.533	13.357	17.265	9.350	12.308
4	07627-06	AX	1,59	68.138	83.683	68.138	87.270	97.340	115.919	97.340	120.207	82.739	101.945
5	07620-05	AY	8,96	13.236	19.367	13.236	20.782	18.908	26.236	18.908	27.927	16.072	23.647
6	07621-01	AY	13,25	6.255	10.864	6.255	12.196	8.935	14.444	8.935	16.037	7.595	13.450
7	07621-06	AY	5,88	5.544	8.354	5.544	9.002	7.919	11.278	7.919	12.053	6.732	10.203
8	07625-08	AY	5,84	15.467	36.518	15.467	41.376	22.096	47.256	22.096	53.063	18.781	44.790
9	07626-04	AY	8,53	4.115	12.355	4.115	14.256	5.879	15.727	5.879	18.000	4.997	15.177
10	07626-05	AY	15,44	14.637	41.261	14.637	48.957	20.911	52.732	20.911	61.931	17.774	51.596
11	07628-06	AY	4,85	1.199	2.590	1.199	2.911	2.998	5.197	2.998	5.704	2.099	4.147
12	07635-00	AZ	30	2.299	4.816	2.299	5.853	3.284	6.292	3.284	7.532	2.791	6.174
13	07624-06	BX	2,91	1.245	1.631	1.245	1.720	3.113	3.722	3.113	3.863	2.179	2.747
14	07627-03	BX	5,93	1.159	2.190	1.159	2.429	2.896	4.528	2.896	4.904	2.027	3.547
15	07620-01	BY	23,37	1.248	2.430	1.248	2.917	1.782	3.195	1.782	3.777	1.515	3.103
16	07620-03	BY	7,78	1.480	2.596	1.480	2.853	2.114	3.448	2.114	3.755	1.797	3.175
17	07620-04	BY	36,58	1.409	3.217	1.409	3.963	2.013	4.174	2.013	5.065	1.711	4.141
18	07621-02	BY	11,94	1.632	2.648	1.632	2.942	2.332	3.546	2.332	3.897	1.982	3.273
19	07621-04	BY	26	1.508	3.508	1.508	4.332	2.154	4.545	2.154	5.530	1.831	4.519
20	07621-07	BY	7,8	1.767	2.829	1.767	3.073	2.525	3.793	2.525	4.086	2.146	3.457
21	07623-00	BY	4,99	1.044	2.339	1.044	2.638	2.611	4.658	2.611	5.130	1.827	3.735
22	07623-08	BY	17,56	381	1.162	381	1.387	953	2.187	953	2.544	667	1.853
23	07625-01	BY	14,43	580	2.124	580	2.570	1.451	3.891	1.451	4.596	1.015	3.360
24	07625-02	BY	19,76	268	1.213	268	1.486	670	2.164	670	2.595	469	1.904
25	07627-04	BY	12,73	3.819	9.140	3.819	10.678	5.455	11.815	5.455	13.654	4.637	11.397
26	07628-03	BY	13,29	1.644	2.826	1.644	3.167	2.349	3.761	2.349	4.169	1.997	3.497
27	07631-01	BY	43,81	3.847	8.656	3.847	10.638	5.495	11.243	5.495	13.612	4.671	11.134
28	07631-04	BY	46	1.753	4.355	1.753	5.427	4.382	8.496	4.382	10.191	3.067	7.273
29	07631-08	BY	57,48	885	3.485	885	4.332	2.213	6.323	2.213	7.664	1.549	5.574
30	07632-00	BY	10,65	234	1.056	234	1.293	586	1.885	586	2.260	410	1.658
31	07632-01	BY	15,22	158	499	158	597	394	934	394	1.089	276	794
32	07637-02	BY	27,23	310	1.543	310	2.051	775	2.724	775	3.528	542	2.535
33	07620-09	BZ	33,35	7.533	15.008	7.533	18.088	10.761	19.695	10.761	23.378	9.147	19.193
34	07622-02	BZ	32,23	107	6.220	107	8.740	153	7.460	153	10.471	130	8.346
35	07631-05	BZ	22,3	1.327	3.749	1.327	4.748	3.318	7.148	3.318	8.726	2.323	6.238
36	02096-06	CX	12,46	420	678	420	752	600	908	600	997	510	837
37	07624-07	CX	10	251	451	251	508	628	943	628	1.035	440	743
38	07632-09	CX	10,53	143	302	143	348	358	610	358	682	251	492
39	07634-09	CX	16,49	949	1.442	949	1.584	1.355	1.944	1.355	2.115	1.152	1.778
40	02094-01	CY	35	83	493	83	662	207	855	207	1.123	145	808
41	02094-02	CY	26,62	142	510	142	661	356	937	356	1.176	249	843
42	02096-00	CY	10,07	89	240	89	302	222	461	222	559	155	399
43	02096-01	CY	11,04	111	289	111	362	278	558	278	674	194	481
44	02096-07	CY	37	401	749	401	892	573	989	573	1.160	487	954
45	02096-08	CY	9,45	176	417	176	517	439	821	439	978	307	698
46	07628-02	CY	27,84	149	568	149	741	213	714	213	920	181	744
47	07632-03	CY	29,35	24	126	24	168	60	222	60	288	42	207
48	07632-04	CY	16,96	106	362	106	468	265	670	265	837	186	600
49	07632-05	CY	37,21	78	354	78	467	196	632	196	811	137	582
50	07632-06	CY	18,62	74	217	74	275	186	411	186	504	130	360
51	07632-07	CY	39,51	75	433	75	581	188	754	188	987	132	710
52	07632-08	CY	22	37	113	37	145	92	213	92	262	64	188
53	07632-11	CY	10,67	180	443	180	551	450	865	450	1.036	315	739
54	07632-14	CY	41,99	41	115	41	145	102	218	102	267	71	191
55	07632-15	CY	14,29	36	105	36	134	91	200	91	245	64	175
56	07632-22	CY	47	46	170	46	221	66	214	66	275	56	223
57	07633-02	CY	11,4	556	1.463	556	1.836	794	1.878	794	2.324	675	1.893
58	07633-04	CY	47,85	143	485	143	626	205	614	205	782	174	634
59	07633-05	CY	11,54	2.186	4.449	2.186	5.381	3.123	5.827	3.123	6.942	2.654	5.695
60	07634-00	CY	43	1.160	3.240	1.160	4.098	1.656	4.144	1.656	5.169	1.408	4.205
61	07634-08	CY	18,68	114	437	114	570	284	796	284	1.006	199	722
62	07635-02	CY	49,28	41	194	41	257	102	344	102	443	71	318
63	07635-03	CY	42	33	97	33	124	82	184	82	226	57	162

Tablo 4.59. (Devam) ES ve R değerlerinin karşılaştırılması

				Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Gri Model	
No	Stok Kodu	Sınıf	MAPE(%)	ES	R	ES	R	ES	R	ES	R	ES	R
64	07636-03	CY	23,73	145	651	145	859	363	1.162	363	1.492	254	1.071
65	07637-01	CY	45,6	46	222	46	295	115	393	115	508	81	365
66	02094-03	CZ	39	196	993	196	1.253	489	1.750	489	2.161	343	1.577
67	07627-05	CZ	71,65	158	2.015	158	2.620	226	2.445	226	3.169	192	2.592
68	07627-07	CZ	49,97	505	892	505	1.019	721	1.184	721	1.336	613	1.114
69	07631-02	CZ	32,85	439	2.463	439	3.123	627	3.046	627	3.835	533	3.149
70	07632-10	CZ	37,05	62	1.450	62	1.903	88	1.748	88	2.289	75	1.870
71	07632-12	CZ	83,94	249	696	249	842	622	1.329	622	1.559	435	1.128
72	07632-13	CZ	59	218	928	218	1.159	545	1.667	545	2.033	381	1.480
73	07633-01	CZ	44	387	605	387	676	967	1.312	967	1.424	677	1.015
74	07633-03	CZ	44	83	1.483	83	1.940	207	2.422	207	3.144	145	2.314
75	07633-06	CZ	36,68	166	1.069	166	1.363	238	1.316	238	1.668	202	1.368
76	07633-07	CZ	32,54	194	663	194	816	277	838	277	1.020	236	842
77	07633-08	CZ	33,24	202	460	202	544	505	913	505	1.046	354	753
78	07633-09	CZ	49,55	16	675	16	890	39	1.082	39	1.422	27	1.048
79	07622-03	CZ	39,28	81	198	81	236	202	387	202	448	141	323
80	07634-02	CZ	25,76	269	1.790	269	2.285	385	2.202	385	2.795	327	2.292
81	07634-05	CZ	32,75	5	31	5	40	13	54	13	68	9	50
82	07634-06	CZ	44,84	32	186	32	236	80	324	80	403	56	295
83	07634-07	CZ	46,28	39	181	39	227	98	322	98	395	69	288
84	07635-04	CZ	20,8	132	652	132	821	330	1.152	330	1.420	231	1.036
85	07635-05	CZ	48,73	253	890	253	1.098	361	1.123	361	1.371	307	1.130
86	07635-06	CZ	38,82	75	597	75	767	107	731	107	934	91	765
87	07635-09	CZ	48,93	10	98	10	126	14	119	14	153	12	126
88	07636-01	CZ	45,39	6	111	6	145	14	180	14	235	10	173
89	07636-02	CZ	27,59	114	364	114	446	285	680	285	809	200	587

Tablo 4.59 incelendiğinde; Model 1 ve Model 2 ile elde edilen sonuçlarda emniyet stoku ve yeniden sipariş noktasının, Model 3 ve Model 4 ile elde edilen sonuçlara göre daha düşük kaldığı görülür. Model 1 ve Model 2 seçildiğinde elde bulundurma maliyetleri düşecek ancak stoksuz kalma riski doğacaktır. Model 3 ve Model 4'te ise tam tersi durum söz konusudur. Önerilen gri model ise ortalama sonuçlar vermesi bakımından maliyetleri dengeleyici iyi bir alternatif olarak firmaya yeni bir bakış açıcı kazandırabilir. Bunun yanı sıra, farklı sınıflar için farklı modeller kullanılması da mümkündür. Örneğin; değişkenliğin düşük olduğu AX grubu için emniyet stoku düşük tutulabileceğinden Model 1 tercih edilebilir. Kritik CY ve CZ grupları için Model 4 önerilebilir. Ortalamada yer alan AY, AZ, BY ve BZ gibi sınıflar için ise gri model iyi bir alternatiftir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzün belirsiz ve rekabetçi koşullarında, işletmeler ayakta kalabilmek için yüksek düzeyde müşteri memnuniyeti sağlayarak sadık müşteriler edinmek durumundadır. Müşteri memnuniyeti için en önemli koşullardan biri, müşteri taleplerine zamanında ve talep edilen miktarda cevap verebilmektir. Bu nedenle işletmeler, üretim sürecinde oluşabilecek beklenmedik durumlara ve talepteki dalgalanmalara karşı kendilerini güvence altına almalıdır. Emniyet stoku, firmaların üretim sürecinin hatasız bir şekilde yürümesi için ellerinde tuttukları ürün ve hammaddelerdir. Müşteri hizmet düzeyinin arttırılması için stok miktarlarının arttırılması gerekir ancak bu durumda da işletme çeşitli elde bulundurma maliyetlerine katlanmak durumunda kalacaktır. Bu iki zıt durum ancak etkin bir stok kontrolüyle dengelenebilir.

Müşteri taleplerinin doğru tahminlenmesi iyi bir stok kontrolü için en önemli adım olarak kabul edilebilir. Literatürde yer alan talep tahmin yöntemleri arasından elde bulunan veriyi en iyi temsil edecek yöntemin seçilmesi gerekmektedir. Olasılık ve istatistik temelli talep tahmin yöntemleri gerçekçi çıkarımlar yapabilmek için özel dağılımlara ve makul büyüklükte bir örnekleme ihtiyaç duyarlar. Gerçek hayatta karşılaşılan problemler için bu koşullar her zaman sağlanamayabilir. 1982 yılında Deng, bu tür durumlarda da uygulama yapabilmeyi sağlayan Gri Sistem Teorisi (GST) yaklaşımını ortaya koymuştur. GST' nin en sık kullanılan uygulama alanlarından biri gri tahmindir.

Çalışmada, temizlik kâğıdı sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın 89 stok kalemi 16 aylık veri üzerinden incelenmiştir. Aykırı verilerin elenmesinin ardından, stok kalemleri ABC ve XYZ analizlerinin entegrasyonu ile sınıflandırılmıştır. Talep tahminlemesi önce klasik yöntemlerle ardından gri modeller ile gerçekleştirilmiştir. Tahminlerin doğruluğu; ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), ortalama mutlak sapma (MAD) ve ortalama hata karenin (MSD) hesaplanması ile ölçülmüştür. Tahmin yöntemleri karşılaştırılırken ve yorumlamalar yapılırken ise yüzde olarak belirlenen ve tek başına da bir anlam ifade eden MAPE dikkate alınmıştır.

İstatistik temelli 8 yöntemle yapılan tahminlemede, AX grubunda yer alan tüm ürünlerde hesaplanan MAPE değerlerinin %10 ve altında olduğu görülmüştür. AX grubu ürünler için, klasik yöntemlerin tamamı "çok iyi" sonuç vermiştir. Bu durum, grubun değişkenliği en düşük grup olması ve dolayısıyla veri dağılımlarının istatistiksel yöntemlere uygun olması ile ilgilidir. AY grubu ürünlerde ise en iyi MAPE değerleri %20 ile %47 arasında değişmektedir. Klasik yöntemler AY grubu ürünler için, AX grubu ürünlerde olduğu kadar iyi sonuç vermese de istatistiksel açıdan kullanılabilir oldukları tespit edilmiştir. AZ grubunda yer alan ürün için tahminleme yapıldığında kullanılan 8 yöntemin 7' sinde MAPE değeri %50' nin üzerinde hesaplanmıştır. Kullanılabilecek tek yöntemde ise MAPE değeri %47 olarak belirlenmiştir. AZ grubu ürünler değerce yükse ve sık sevk edilen ürünler olsa da değişkenlikleri yüksek olduğundan klasik yöntemler ile tahminlenmeleri zordur. BX grubunda yer alan 2 üründen birinde tahmin yöntemi %4 MAPE değeri ile "çok iyi", birinde ise %17 MAPE değeri ile "iyi" sonuç vermiştir. BX grubunda yer alan ürünlerin de değişkenliği az olduğundan klasik yöntemlerin iyi sonuç verdiği görülmektedir. BY grubunda yer alan 18 stok kaleminden 7' sinde MAPE değerleri %50'nin üzerinde sonuç verdiğinden yöntemler tahminleme için yetersiz kalmıştır. Tahmin yöntemlerinin geçerli olduğu 11 üründe ise MAPE değerleri %22 ile %46 arasında değişmektedir. BY grubu ürünler AY grubu ürünlere göre hem sevk edilme sıklığı bakımından daha düzensiz hem de değişkenlik olarak yüksektir. Bu nedenle klasik tahmin yöntemleri bu grupta yer alan tüm ürünlerde yeterli sonuç vermemiştir. BZ grubunda yer alan 3 kalemden 2 tanesinde MAPE değeri %50'nin üzerinde hesaplanmıştır. Değişkenliği yüksek ürünlerden oluşan bu grupta klasik yaklaşımlar tatmin edici sonuçlar vermemiştir. CX grubu ürünler nadiren sevk edilen, stok değeri düşük ancak değişkenlik katsayısı yüksek ürünlerdir. CX grubu ürünlerde MAPE değerlerine göre tahmin yöntemlerinin tamamı "kullanılabilir" olarak tespit edilmiştir. En iyi yöntem olarak seçilen yöntemler, %10 ile %18 arasında değişen MAPE değerleri ile "çok iyi" ve "iyi" sonuçlar vermiştir. CY ve CZ gruplarında yer alan kalemler değeri düşük, sevk edilme zamanı belirsiz ve değişkenliği yüksek ürünlerdir. CY grubuna dahil 26 ürünün 1'inde tahmin yöntemlerinin "iyi" 18'inde "kabul edilebilir" sonuçlar verdiği, 7 ürünün ise klasik yöntemlerle tahminlenemeyeceği görülmüştür. CZ grubuna dahil 24 üründen yalnızca 4 tanesinde MAPE değerlerinin %50'nin altında olduğunu hesaplanmıştır. Klasik talep tahmin yöntemleri ile 24 üründen 20' sine uygun bir model bulunamamıştır. Özetle, klasik yöntemler AX, AY, BX ve CX grubu stok kalemlerinde iyi sonuçlar verirken; AZ, BY, BZ, CY ve CZ gruplarında yetersiz kalmıştır. Bu

nedenle, diğer belirsizlikler ve veri sayısının azlığı da dikkate alınarak talep tahminlemesi gri tahmin yöntemleri ile tekrarlanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalarda genellikle GM (1,1) modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada ise GM (1,1) modeli ile birlikte 5 yöntem daha kullanılarak gri yöntemler hem kendi aralarında hem de klasik yöntemler ile karşılaştırılmıştır. GM (1,1)'den elde edilen hata terimlerinin fourier serileri ile düzeltilmesi ile gerçekleştirilen FGM yöntemi, çoğunlukla en iyi sonucu veren yöntem olmuştur.

AX grubu ürünlerde, klasik yöntemlerde olduğu gibi gri tahmin modellerinin tamamı da "çok iyi" sonuç vermiştir. 4 ürünün 3' ünde MAPE değerinin %2'nin altında olması modellerin verileri çok iyi temsil ettiğini göstermektedir. AY grubu ürünler klasik yöntemler ile tahminlendiğinde %20 ile %47 arasında değişen MAPE değerleri hesaplanmıştı. Aynı ürünler gri tahmin yöntemleri ile tahminlendiğinde ise MAPE %4,85 ile %15,44 arasında değerler alarak "çok iyi" ve "iyi" sonuçlar vermiştir. AZ grubunda yer alan ürün için FGM ile hesaplanan MAPE değeri %30'dur. BX grubunda yer alan iki ürün için hesaplanan MAPE değerleri ise %2,91 ve %5,93 olmuştur. BY grubunda yer alan ürünler dikkate alındığında, gri tahmin yöntemlerinin 18 adet stok kaleminden yalnızca 1 tanesinde yeterli olmadığı görülmüştür. Tahmin yöntemlerinin geçerli olduğu 17 stok kaleminin 15'inde en iyi MAPE değerini veren yöntem FGM olmuştur. Hesaplanan MAPE değerlerine bakıldığında, 3 ürün için değerlerin %10'un altında ve 8 ürün içinse %10 ve %20 arasında olduğu görülmüştür. BZ grubu 3 kalemde %22,30 ile %33,35 arasında değişen MAPE değerleri veren FGM yöntemi en iyi yöntem olarak tespit edilmiştir. CX grubu ürünlerde hesaplanan MAPE değerleri %10,25 ile %16,49 arasında değiştiğinden tüm kalemlerde yöntemler "iyi" sonuç vermiştir. 4 kalemden üçünde en iyi sonucu veren yöntem FGM, birinde ise GM (1,1) olmuştur. CY grubundaki 26 kalem incelendiğinde, MAPE değeri %55,12 olarak hesaplanan bir kalem hariç gri tahmin yöntemlerinin geçerli olduğu görülebilir. 02094-01 kodlu ürün için %36; 07635-03 kodlu ürün için %47,56 MAPE değeri ile RM (1,1) en iyi tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir. 02094-02 kodlu ürün için %26,62 MAPE değeri ile NDGM ve 07634-00 kodlu ürün için %45,82 MAPE değeri ile ODGM seçilmiştir. Geri kalan 21 ürün için en iyi tahmin değerini veren yöntem FGM olmuştur. FGM, 3 ürün için "çok iyi", 4 ürün için "iyi" ve geri kalan ürünler için "kabul edilebilir" sonuçlar vermiştir. CZ grubuna dahil 24 üründen 3 tanesinde MAPE değerlerinin %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu ürünler 07627-05, 07632-12 ve 07632-13 kodlu ürünlerdir. Geri kalan 21 ürünün 20 tanesinde FGM "kabul edilebilir" sonuçlar vermiştir. 07633-03 kodlu üründe ise en iyi MAPE değerini veren model GM (1,1)

olarak belirlenmiştir. Özetle, gri tahmin her grupta klasik yöntemlerden daha iyi sonuçlar vermiştir. Gri tahmin yöntemleri ile 89 stok kaleminden 84'ü yeterli doğrulukta tahminlenebilmiştir. Ürün bazında incelendiğinde ise 89 kalemden 10 tanesinde klasik tahmin yöntemleri; 79 tanesinde gri tahmin yöntemleri en iyi MAPE değerini vermiştir.

14 yöntem ile yapılan tahminleme sonunda her bir kalem için en iyi olarak belirlenen yöntem ile 17. ay için talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Stok modeli ile emniyet stoku ve yeniden sipariş noktasının tespit edilebilmesi için gereken diğer parametreler termin süresi ve güven faktörüdür. Firma yetkilileri, termin süresi ile ilgili kesin bir bilgi sunamamakta olup termin süresinin bir grup ürün için 2 ile 5 gün; bir grup ürün için ise 7 ile 10 gün arasında olacağına dair genel bir değerlendirmede bulunmuşlardır. Güven faktörü katsayısı ise müşteri hizmet düzeyinden elde edilmekte ve yeniden sipariş noktasını doğrudan etkilemektedir. Müşteri hizmet düzeyi yüksek seçildiğinde yeniden sipariş noktası ve buna bağlı olarak elde bulundurma maliyetleri yükselecektir. Müşteri hizmet düzeyi düşük seçildiğinde ise siparişin tam ve zamanında teslim edilme olasılığı düşecek ve firma elde bulundurmama maliyetine katlanmak durumunda kalacaktır. Bu ikilemden dolayı ortaya çıkan belirsizliği gidermek amacıyla müşteri hizmet düzeyi aralıklı olarak ifade edilmiştir. Alt ve üst sınır belirlenirken ürünün yer aldığı ABC-XYZ grubu ve seçilen tahmin yönteminden elde edilen MAPE değeri dikkate alınmıştır.

Çalışmada emniyet stoku ve yeniden sipariş noktası 5 ayrı model ile hesaplanmıştır. Bunlardan ilkinde termin süresi ve müşteri hizmet düzeyi için belirlenen alt sınırlar kullanılmıştır. İkincisinde, termin süresi alt sınır, müşteri hizmet düzeyi üst sınır olarak ele alınmıştır. Üçüncü modelde, termin süresi için üst sınır değeri, müşteri hizmet düzeyi için alt sınır değeri kullanılmıştır. Dördüncü modelde her iki parametrenin üst sınırları hesaplamalara dahil edilmiştir. Diğerlerinden farklı olarak 5. modelde, stok modeli parametrelerinin grileştirildiği bir stok modeli önerilerek müşteri hizmet düzeyi ve termin süresi aralıklı gri sayılar olarak ele alınmıştır. Önerilen gri model ortalama sonuçlar vermesi bakımından AY, AZ, BY ve BZ gibi sınıflar için maliyetleri dengeleyici iyi bir alternatif olarak firmaya sunulmuştur.

Sonuç olarak; bu çalışma ile talep verilerinin düzenli seyretmediği, belirsizliğin yüksek olduğu bir sisteme GST ile yaklaşımda bulunulmuştur. İlerideki çalışmalarda, daha karmaşık stok modellerine ait parametreler grileştirilebilir. Benzer çalışmalar sadece stok modelleri için değil üretim modelleri için de gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

[1] Liu S., Lin Y., *Grey Information: Theory and Practical Applications*, Springer, 11-21, 2006.

[2] Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Temizlik Kağıdı Sektör Raporu 2014, https://docplayer.biz.tr/17985248-Temizlik-kagidi-sektor-raporu.html (Ziyaret tarihi: 20 Aralık 2018).

[3] Belbağ S., Perakende Tedarik Zinciri Envanter Sistemlerinin Talep Belirsizliği Altında Yönetimine İlişkin Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2009, 262459.

[4] Kasap N., Biçer İ., Özkaya B. Y., Stokastik Envanter Model Kullanılarak İş Makinelerinin Onarımında Kullanılan Kritik Yedek Parçalar İçin Envanter Yönetim Sistemi Oluşturulması, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi,* 2010, **39**(2), 310-334.

[5] Kobu B., *Üretim Yönetimi*, 13. Baskı, Beta Yayınevi, İstanbul, 2006.

[6] Karahaliloğlu M., Bir Otomobil Firmasında Envanter Yönetimi ve Yedek Parça Stoku Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018, 488386.

[7] Manap G., Paranın Zaman Değeri ve Öğrenme Etkisi Altındaki Kesikli Zaman-Değişken Talepli Parti Büyüklüğü Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2003, 128099.

[8] Aydın C., Tedarik Zincirinde Müşteri Hizmet Düzeyi – Stok Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 244712.

[9] Fıçı G., Tedarik Yönetiminde Envanter Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 181883.

[10] Tekin M., *Üretim Yönetimi,* Cilt 2, 8. Baskı, Güney Ofset, Konya, 2012.

[11] Çil İ., Karaduman E., Özçetin K. N., İpek M., Bir Tekstil Firmasında Satış Tahminleri Üzerinden Emniyet Stoku Gün Sayısının Sistem Dinamiği Yaklaşımıyla Belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2018, **22**(2), 826-837.

[12] Selçuk Ö., Stok Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi ve İnşaat Malzemeleri Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensitüsü, İstanbul, 2007, 223351.

[13] Aladağ Z., *Yöneylem Araştırması,* 1. Baskı, Umuttepe Yayınevi, Kocaeli, 2016.

[14] Soysal M., Ömürgönülşen M., Türk Turizm Sektöründe Talep Tahmini Üzerine Bir Uygulama, 2010, *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, **21**(1), 128-136.

[15] Bilgin D., Kobilerde Modern Stok Yönetim Modellerinin Uygulanabilirliği: Karaman İlinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman, 2013, 320141.

[16] Çağlar V., Esmer S., Bilgin A., Mega Konteyner Gemilerinin Tedarik Zinciri ve Limanlar Üzerindeki Etkileri, *II. Ulusal Liman Kongresi,* İzmir, Türkiye, 5-6 Kasım 2015.

[17] Gökgöz F., Stok Kontrol Yönetimi, https://tr.scribd.com/doc/202793289/9-Stok-Kontrol-Yonetimi (Ziyaret tarihi: 5 Kasım 2018).

[18] Yiğit F., Tedarik Zinciri Yönetimi ve İlaç Sektörü Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002, 127099.

[19] Zemestani G., Tedarik Zinciri Stratejilerinde Deterministik ve Stokastik Stok Kontrol Modellerinin Kullanımı ve Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2016, 423712.

[20] Altuğ R., Stok yönetiminde ABC Analizi, 2015, http://www.rizaaltug.com (Ziyaret tarihi: 12 Kasım 2018).

[21] Kumar Y., Sahu V., Sahu D., Khaparde R. K., Dhiwar J. S., Dewangan K., Dewangan G. K., XYZ Analysis for Inventory Management-Case Study of Stell Plant, *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology,* 2017, **5**, 46-52.

[22] Aydemir E., Envanter Yönetimi ve Uzantıları: Ekonomik Üretim Miktarı Modelleri Üzerine Bir Bilimsel Yazın Araştırması, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2015, **15**(3), 97-112.

[23] Karabulut M., Cosun F., Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2009, **7**(1), 65-83.

[24] Kolinska K., Cudzilo M., *Logistics Management- Modern Development Trends*, Poznan School of Logistics Press, Poznan, 2016.

[25] Karabıçak Ç., Avcı S., Akman G., Aladağ Z., Bir Temizlik Kâğıdı Firmasında Stok Kalemleri için Değer ve Değişkenlik Ölçütlerine Dayalı Tahmin Yöntemlerinin Belirlenmesi. *Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology*, 2018, **4**(1), 47-68.

[26] Demez F., Hastanelerde Kapasite Ölçümü Talep Tahmin Yöntemleri ve Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2016, 450024.

[27] Eminler Ö. E., Havacılık Sektöründe Talep Tahmininin Önemi: Yolcu Talebi Üzerine Bir Tahmin Modeli, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017, 488147.

[28] Sarı M., Yapay Sinir Ağları ve Bir Otomotiv Firmasından Satış Talep Tahmini Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2016, 418568.

[29] Yiğit V., Hastanelerde Tıbbi Malzeme Talep Tahmini: Serum Seti Tüketimi Üzerinde Örnek Bir Uygulama, *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2016, **5**(4), 207-222.

[30] Bal B., Talep Tahminleme ve Planlama; Perakende Sektörü, E-Ticaret Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2015, 429956.

[31] Çelik Ş., Isparta İli için Doğal Gaz Talep Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2016, 453329.

[32] Olgun S., Tedarik Zinciri Yönetiminde Talep Tahmini Yöntemleri ve Yapay Zeka Tabanlı Bir Talep Tahmini Modelinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 252854.

[33] Sincich T., *Business Statistics By Example*, Prentice- Hall International Editions, 5th edt., USA, 1996.

[34] Seker, S. E., Zaman Serisi Analizi, *YBS Ansiklopedi*, 2015, **2**(4), 23-31.

[35] Erdoğan H., Gülal E., Akpınar B., Ata E., Poyraz F., Mühendislik Yapılarına Etkiyen Büyüklüklerin Modellenmesi, *2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 23-25 Kasım 2005.

[36] Syntetos A. A., Boylan J. E., On the Bias of İntermittent Demand Estimates. *International Journal of Production Economics*, 2001, **71**(1-3), 457-466.

[37] Orhunbilge, N., *Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat Endeksleri*, İstanbul Üniversitesi İsletme Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1999.

[38] Ömürbek V., Aksoy E., Akçakanat Ö., Bankaların Grup Bazlı Karlılıklarının Gri Tahmin Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2018, **10**(23), 75-89.

[39] Aslay F., Özen Ü., Meteorolojik Paramatreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları İle Toprak Sıcaklığının Tahmini, *Politeknik Dergisi*, 2013, **16**(4), 139-145.

[40] Ceviz E., Erden, C., Gri Sistem Teorisi Kullanılarak Türkiye'nin Büyüme Oranı Faktörlerinin Analizi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2015, **19**(3), 361-369.

[41] Kahraman Ö. U., Talep Belirsizliği Durumunu İçeren Envanter Rotalama Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2016, 470713.

[42] Lin Y., Chen M., Liu S., Theory of Grey Systems: Capturing Uncertainties of Grey Information, *Kybernetes*, 2004, **33**(2), 196-218.

[43] Çelikbilek Y., Karar Teorisinde Bulanık Kümeler ve Gri Sistem Teorisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 398616.

[44] Yılmaz H., Türkiye'deki Seragazı Emisyon Envanterinin Geliştirilen Gri Tahmin Yöntemi ile İncelenmesi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2013, 324747.

[45] Demir F., Gri Sistem Teorisi ve Oyun Teorisi ile Döviz Yatırım Stratejisi Belirlemeye Yönelik Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon, 2017, 465812.

[46] Köse E., Aplak H. S., Kabak M., Yetersiz Veri Ortamında Tahminler için Örnek Bir Uygulama: Gri Tahmin Yöntemi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi***,** 2015**, 31**(1), 82-88.

[47] Aydemir E., Bedir F., Özdemir G., Gri Sistem Teorisi ve Uygulamaları: Bilimsel Yazın Taraması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2013, **18**(3), 187-200.

[48] Köse E., Aplak H. S., Kabak, M., Personel Seçimi için Gri Sistem Teori Tabanlı Bütünlesik Bir Yaklasim, *Ege Akademik Bakış*, 2013, **13**(4), 461-471.

[49] Çakmak Z., Baş M., Yıldırım E., Gri İlişkisel Analiz ve Uyum Analizi İle Bir İşletmede Karşılaşılan Üretim Hatalarının İncelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2012, **17**(1), 123-142.

[50] Deng Ju Long, The Control Problems of Grey Systems, *System & Control Letters*, 1982, **1**(5), 288-294.

[51] Li G. D., Yamaguchi D., Nagai M., A Grey-Based Decision-Making Approach to the Supplier Selection Problem, *Mathematical and Computer Modelling*, 2007, **46**(3), 573-581.

[52] Özerkeçe F., Ömürbek V., Acar D., Gri Temelli Maliyet Tahmini, *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 2016, **21**(2), 453-461.

[53] Köse E., Gri Sistem Teorisi ve Belirsizlik Ortamı için EOQ Modeline Uygulanması, Doktora Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, 350048.

[54] Özkara Y., Mevsimsel Ayrıştırma Temelli Gri Tahmin Yöntemi ile Aylık Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009, 245574.

[55] Kusakci A. O., Ayvaz B., Electrical Energy Consumption Forecasting for Turkey Using Grey Forecasting Technics with Rolling Mechanism, *International Journal of Mechatronics, Electrical and Computer Technology*, 2016, **6**(19), 2689-2697.

[56] Liu S., Lin Y., *Grey Systems: Theory and Applications*, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Berlin, 2010.

[57] https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=11281 (Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2018).

[58] Kayacan E., Ulutas B., Kaynak O., Grey System Theory-Based Models in Time Series Prediction, *Expert Systems With Applications*, 2010, **37**(2), 1784-1789.

[59] Lin Y. H., Lee P. C., Chang, T. P., Adaptive and High-Precision Grey Forecasting Model, *Expert Systems with Applications*, 2009, **36**(6), 9658-9662.

[60] Hsu C. I., Wen Y. H., Improved Grey Prediction Models for the Trans-Pacific Air Passenger Market, *Transportation Planning and Technology*, 1988, **22**, 87-107.

[61] Lin C. B., Su S.F., Hsu Y. T., High-Precision Forecast Using Grey Models, *International Journal of Systems Science*, 2001, **32**(5), 609-619.

[62] Hsu L. C., Applying the Grey Prediction Model to the Global Integrated Circuit Industry, *Technological Forecasting and Social Change*, 2003, **70**(6), 563-574.

[63] Yao A. W. L., Chi S. C., Chen J. H., An Improved Grey-Based Approach for Electricity Demand Forecasting, *Electric Power Systems Research*, 2003, **67**, 217-224.

[64] Hsu C. C., Chen C. Y., Applications of Improved Grey Prediction Model for Power Demand Forecasting, *Energy Conversion and Management*, 2003, **44**, 2241-2249.

[65] Akay D., Atak M., Grey Prediction with Rolling Mechanism for Electricity Demand Forecasting of Turkey, *Energy*, 2007, **32**(9), 1670-1675.

[66] Lin Y. H., Wang J. S., Pai P. F., A Grey Prediction Model with Factor Analysis Technique, *Journal of the Chinesse Institute of Industrial Engineers*, 2004, **21**(6), 535-542.

[67] Chiou H. K., Tzeng G. H., Cheng C. K., Liu G. S., Grey Prediction Model for Forecasting the Planning Material of Equipment Spare Parts in Navy of Taiwan, *Automation Congress*, 2004, **17**, 315-320.

[68] Trivedi H. V., Singh J. K., Application of Grey System Theory in the Development of a Runoff Prediction Model, *Biosystems Engineering*, 2005, **92**(4), 521-526.

[69] Wang C. H., Hsu L. C., Using Genetic Algorithms Grey Theory to Forecast High Technology Industrial Output, *Applied Mathematics and Computation*, 2008, **195**, 256-263.

[70] Huang K. Y., Jane C. Y., A Hybrid Model for Stock Market Forecasting and Portfolio Selection Based On ARX, Grey System and RS Theories, *Expert Systems with Applications*, 2009, **36**, 5387-5392.

[71] Kayacan E., Kaynak O. Single-step Ahead Prediction based on the Principle of Concatenation Using Grey Predictors, *Expert Systems with Applications*, 2011, **38**, 9499-9505.

[72] Askari M., Askari H., Time Series Grey System Prediction-based Models: Gold Price Forecasting, *Trends in Applied Sciences Research*, 2011, **6**(11), 1287-1292.

[73] Köse E., Temiz İ., Erol S., Grey System Approach for Economic Order Quantity Models under Uncertainty, *The Journal of Grey System*, 2011, **1**, 71-82.

[74] Zhao H., Guo S., An Optimized Grey Model for Annual Power Load Forecasting. *Energy*, 2016, **107**, 272-286.

[75] Ma X., Liu Z., Application of a Novel Time-Delayed Polynomial Grey Model to Predict the Natural Gas Consumption in China, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2017, **324,** 17-24.

[76] Hu, Y. C., Electricity Consumption Prediction Using a Neural-Network-Based Grey Forecasting Approach, *Journal of the Operational Research Society*, 2017, **68**(10), 1259-1264.

[77] Wang Q., Li S., Li R., Ma M., Forecasting US Shale Gas Monthly Production Using a Hybrid ARIMA and Metabolic Nonlinear Grey Model, *Energy*, 2018, **160**, 378-387.

[78] Tran T. T., An Application of Grey System Theory and DEA in Strategic Alliance in Vietnamese Agricultural Industry, *International Journal of Analysis and Applications*, 2018, **16**(6), 921-948.

[79] Huang J. C., Wu T. J., Development Trend of Quantity of Patents of China Patent Law, *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 2018, **21**(2), 399-403.

[80] Mahmoudi A., Feylizadeh M. R., Darvishi D., Liu S., Grey-Fuzzy Solution for Multi-Objective Linear Programming with Interval Coefficients, *Grey Systems: Theory and Application*, 2018, **8**(3), 312-327.

[81] Rajesh R., Ravi V., Venkata R. R., Selection of Risk Mitigation Strategy in Electronic Supply Chains Using Grey Theory and Digraph-Matrix Approaches, *International Journal of Production Research*, 2015, **53**(1), 238-257.

[82] Wang C. N., Nguyen X. T., Wang Y. H., Automobile Industry Strategic Alliance Partner Selection: The Application of a Hybrid DEA and Grey Theory Model, *Sustainability*, 2016, **8**(2), 173-191.

[83] Zeng F., Cheng X., Guo J., Tao L., Chen, Z., Hybridising Human Judgment, AHP, Grey Theory, and Fuzzy Expert Systems for Candidate Well Selection in Fractured Reservoirs, *Energies*, 2017, **10**(4), 447-469.

[84] Thakur V., Ramesh A., Selection of Waste Disposal Firms Using Grey Theory Based Multi-Criteria Decision Making Technique, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2015, **189**, 81-90.

[85] Chen L., Wang Z., Lü Z., Li J., Ji B., Wei H., Pan H., A Novel State-of-Charge Estimation Method of Lithium-Ion Batteries Combining the Grey Model and

Genetic Algorithms, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2018, **33** (10), 8797-8807.

[86] Cheng M., Shi G., Xiang M., On the Improvement of the Parameter Estimation of the Grey Model GM (1,1) and Model Application, *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 2018, **47**, 1-18.

[87] Korkmaz M., Kağıt Sektörü Raporu, Ar&Ge Bülten 2016 Eylül Ekim-Sektörel, 2016,http://izto.org.tr_demo_betanix/uploads/cms/yonetim.ieu.edu.tr/6424_1479997914.pdf (Ziyaret tarihi: 10 Kasım 2018).

[88] Ovla H. D., Taşdelen B., Aykırı Değer Yönetimi, *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2012, **5**(3), 1-8.

[89] Beğik M., Hamurcu M., Eren T., Stok Kontrolde Abc Analizi ve Analitik Ağ Süreci Yönteminin Isı Cihazları Firmasında Uygulanması, *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2017, **7**(1), 197-216.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] Şahin Y., **Avcı S.**, Marmara S., Topsis Yöntemi ile Yüksek Lisans Tezi için Çalışma Alanı Seçimi, *7th International Conference of Strategic Research in Social Science and Education*, Antalya, Türkiye, 13-15 Ekim 2017.

[2] **Avcı S.**, Şahin Y., Çelik B., Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İle En İyi Konaklama Yeri Seçimi, *7th International Conference of Strategic Research in Social Science and Education*, Antalya, Türkiye, 13-15 Ekim 2017.

[3] Şahin Y., Aladağ Z., **Avcı S.**, Soylu M., Ovat M., Karar Analizi Yöntemleri Kullanılarak Bir Spor Mağazasında Marka Seçimi Değerlendirmesi, *7th International Conference of Strategic Research in Social Science and Education*, Antalya, Türkiye, 13-15 Ekim 2017.

[4] Aladağ Z., Alkan A., **Avcı S.**, Çelik B., Farklı Sayıda Eleman Bulunduran Veri Kümelerinde Pazar Sepet Analizi Uygulaması, *18. Uluslararası Ekonometri Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu*, Trabzon, Türkiye, 5-7 Ekim 2017.

[5] Aladağ Z., Alkan A., **Avcı S.**, Çelik B., Özel Hastane Seçim Kriterlerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Değerlendirilmesi ve Kocaeli İli Uygulaması, *5th International Symposıum On Innovative Technologies In Engineering and Science*, Bakü, Azerbaycan, 29 Eylül – 1 Ekim 2017.

[6] Yılmaz D., Kılıçkaya G., **Avcı S.**, Analysis of Occupational Accidents in Turkey With Forecasting Methods, *International Symposium for Production Research 2017*, Viyana, Avusturya, 13-15 Eylül 2017.

[7] Çolak M., Aydın Keskin G., **Avcı S.,** Çelik B., Metot Zaman Ölçümü (MZÖ) Yöntemi ile Üretim Süresinin İyileştirilmesi: Beyaz Eşya Yan Sanayisinde Bir Uygulama, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2016, **20**(3), 417-424.

[8] Gülen E., **Avcı S.,** Aladağ Z., Alkan A., Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada İthalat Sürecinin Yalınlaştırılması, *8th International Conference of Strategic Research on Scientific Studies and Education*, Viyana, Avusturya, 11-13 Mayıs 2018.

[9] Ceylan Tok G., Aladağ Görentaş I., **Avcı S**., From Solidarity to Antagonism: Perception of Refugee Issue Amongst Higher Education Students- The Case of Kocaeli, *8th International Conference of Strategic Research on Scientific Studies and Education*, Viyana, Avusturya, 11-13 Mayıs 2018.

[10] Karabıçak Ç., **Avcı S.**, Akman G., Aladağ Z., Determination of Demand Estimation Methods by Values and Variability Measures for Stock Items in a Cleaning Paper Company, *Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology*, 2018, **4**(1), 47-68.

[11] **Avcı S.**, Karabıçak Ç., Akman G., Aladağ Z., İstatistiksel Proses Kontrolün Satış Verileri için Kullanılması ve Emniyet Stokları Üzerindeki Etkisi, Editör: Öz A., *Teknik Bilimlerde Güncel Yaklaşımlar*, 1. Baskı, Hiperlink, İstanbul, 7-35, 2018.

[12] Şahin Y., **Avcı S.**, Duymaç R., Üniversite Öğrencilerinin Seçimlik Ders Tercih Etmesinde Etkili Olan Faktörlerin Analitik Ağ Süreci ile İncelenmesi, Editör: Öz A., *Teknik Bilimlerde Güncel Yaklaşımlar*, 1. Baskı, Hiperlink, İstanbul, 37-60, 2018.

[13] Alkan A., Diyaroğlu D., **Avcı S**., Aladağ Z., Analytic Network Process and Axiomatıc Design: A Study in Fast Moving Consumer Goods Industry**,** *International Journal of Research Granthaalayah*, 2018, **6**(11), 7-22.

[14] Güler E., **Avcı S.,** Alkan A., Aladağ Z**.,** Bir Üretim İşletmesinde Dematel ve Topsis Yöntemleri ile Ar-Ge Projelerinin Seçimi, *Turan-Sam Uluslararası Bilimsel Hakemli Mevsimlik Dergisi*, 2018, **10**(40), 397-401.

[15] Güler E., **Avcı S.**, Alkan A., Aladağ Z., Ar-Ge Projelerinin Seçim Sürecinde Bulanık Topsis Yaklaşımı: Bir Üretim İşletmesi Örneği, *International Congress On Business Administration And Economy-III*, Nevşehir, Türkiye, 19-21 Ekim 2018.

[16] **Avcı S.**, Alkan A., Arabacı C., Aladağ Z., Kocaeli İli Konut Satışlarının Tahmini ve Göç Miktarları İle İlişkilendirilmesi, *Zeugma I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Gaziantep, Türkiye, 13-16 Eylül 2018.

[17] **Avcı S.**, Alkan A., Belhan E., Aladağ Z., Bir E-Ticaret Firmasında Süreç İyileştirme Uygulaması, *Zeugma I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Gaziantep, Türkiye, 13-16 Eylül 2018.

[18] **Avcı S.**, Alkan A., Günel S., Aladağ Z., Tıpta Uzmanlık Bölüm Tercihinin Bulanık Topsis ile Belirlenmesi, *Zeugma I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Gaziantep, Türkiye, 13-16 Eylül 2018.

[19] **Avcı S.**, Karabıçak Ç., Akman G., Aladağ Z., Bir İşletmede Farklı Hizmet Seviyeleri için Emniyet Stoku Miktarlarının Belirlenmesi, *Zeugma I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Gaziantep, Türkiye, 13-16 Eylül 2018.

[20] **Avcı S.**, Alkan A., Aydın C., Aladağ Z., Hidrolik Sektöründe Sermaye Bütçelemesi Uygulaması, *Zeugma I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Gaziantep, Türkiye, 13-16 Eylül 2018.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2011 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2015 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2017 Mayıs ayından beri Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü' nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.