

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA



DOKTORA TEZİ

İNŞAAT SÖZLEŞMELERİ İÇİN META-SEZGİSEL BİR RİSK YÖNETİM MODELİ

Eda NOYAN

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ömer GİRAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2022

Bu çalışma, 1.12.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliği Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Dr. Öğr. Üyesi Ömer GİRAN(Danışman)

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Gül POLAT TATAR

İstanbul Teknik Üniversitesi

İnşaat Fakültesi

Prof. Dr. Ümit IŞIKDAĞ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Enformatik Bölümü

Prof. Dr. Ekrem MANİSALI

İstanbul Aydın Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Erdem DAMCI

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Mühendislik Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ..... numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu tez, ... numaralı ..... projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında ve akademik çalışmalarım esnasında, en umutsuz olduğum dönemlerde beni yüreklendiren, mütemadiyen destekleyen, tezime yapmış olduğu çok değerli katkılardan ötürü kıymetli tez danışmanı hocam Dr. Ömer GİRAN'a, tez izleme komitemde bulunan ve hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Gül POLAT TATAR'a ve Prof. Dr. Ümit IŞIKDAĞ'a en değerli şükranlarımı sunarım. Yine lisans eğitimim zamanından itibaren rol modelim olan, inşaat yönetimi dalını seçmemde etkili olan ve doktora eğitimim sırasında engin bilgileriyle beni aydınlatan ve tezimin hazırlanması süresince destek ve yardımlarından dolayı değerli hocam Prof. Dr. Ekrem MANİSALI 'ya teşekkürü borç bilirim. Ayrıca tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Osman Hürol TÜRKAKIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bugünlere gelmemde en çok payın sahibi olan anne ve babama karşılıksız emekleri için, kardeşime de beni tezim ve hayatımın her alanında özellikle zor zamanlarımda yüreklendirdiği ve desteklediği için minnettarlığımı belirtirim.

Son olarak çalışmamın bütün yoğunluğunu ve sıkıntılarını benimle paylaşan, hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, maddi ve manevi moral ve yardımları ile bana en büyük desteği veren ve teşekkürün en büyüğünü hak eden değerli eşim Özgür NOYAN'a ve tez yazarken büyüyen ve her daim beni destekleyen motivasyon kaynağım olan oğlum Ege NOYAN'a çok teşekkür ederim.

Aralık 2022 Eda NOYAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **viii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xi**
SUMMARY ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **6**
2.1 RİSK SAYISALLAŞTIRMA VE YAPILAN ÇALIŞMALAR 6
2.1.1 Risk Sayısallaştırma 6
2.1.1.1 Risk Sayısallaştırma Neden Gereklidir? *8*
2.1.1.2 Risk Sayısallaştırma *9*
2.1.1.3 Ortaya Çıkma, Frekans ve Olasılık *9*
2.1.1.4 Risk Değerlendirmesinin Amaçları *9*
2.1.1.5 Risk Finansmanı, Riskin Gerçek Maliyeti *10*
2.1.2 Risk Sayısallaştırma Çalışmaları 10
2.1.2.1 Sayısal (Nicel) Analizin Uygulanması *11*
2.1.3 İnşaat Sektöründe Risk Sayısallaştırma Çalışmaları 13
2.2 YAPAY ZEKÂ META-SEZGİSEL YÖNTEMLER 16
2.2.1. Ateşböceği Algoritması 18
2.2.1.1 Klasik Ateşböceği Algoritması *20*
2.2.1.2. Ateşböceği Algoritmasının Sınıflandırılması *21*
2.2.1.3. Değiştirilmiş (Modifiye) Ateşböceği Algoritması *21*
2.2.1.4. Melez (Hibrit) Ateşböceği Algoritması *22*
2.2.1.5. Ateşböceği Algoritmasının Verimli Olmasının Nedenleri *23*
2.2.2. Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 23
2.2.3. İnşaat Sektöründe Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 28
2.3 MATEMATİKSEL ALGORİTMALAR 30
2.3.1. GAMS Algoritması 31

2.3.2. GAMS Algoritması Uygulamaları 32
2.3.3. İnşaat Sektöründe GAMS Algoritması Uygulamaları 34
3. MALZEME VE YÖNTEM 37
3.1 YÖNTEM 37
3.1.1 Meta-Analiz Yöntemi 41
3.2 VERİ İŞLEMEDE KULLANILAN ARAÇ VE YAZILIMLAR 47
3.2.1 Ateşböceği Optimizasyon Algoritması İle Önerilen Modelin Oluşturulması 47
3.2.1.1 Ateşböceği Algoritması 47
3.2.1.2 Klasik Ateşböceği Algoritması 47
3.2.2 GAMS Optimizasyon Algoritması ile Önerilen Modelin Oluşturulması 52
4. BULGULAR 62
4.1 RİSK SAYISALLAŞTIRMA TABLOLARININ OLUŞTURULMASI 62
4.2 ATEŞBÖCEĞİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE ÖNERİLEN MODELİN BULGULARININ ANALİZİ 93
4.3 GAMS YAZILIMI İLE ÖNERİLEN MODELİN BULGULARININ ANALİZİ 101
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 104
KAYNAKLAR 110

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2-1 Proje Risk Yönetimi Süreçleri (PMBOK, 2017).....14

Şekil 2-2 Optimizasyon Algoritmalarının Sınıflandırılması.....17

Şekil 2-3 Meta-Sezgisel Algoritmaların Sınıflandırılması.....18

Şekil 2-4 Ateşböceği Algoritmasının Gelişimi.....20

Şekil 2-5 Ateşböceği Algoritmasının Versiyonları (Variants).....22

Şekil 2-6 Ateşböceği Algoritmasının Muhtelif Uygulamaları 24

Şekil 3-1 Tez Çalışmasında Uygulanan Yöntem.....40

Şekil 3-2 Ateşböceği Algoritmasının Akış Diyagramı.....51

Şekil 4-1 Maliyet Temel Çizgisi, Harcamalar ve Finansman Gereksinimleri.....83

Şekil 4-2 Uygunluk Fonksiyonu Dağılımı 98

Şekil 4-3 Çözüm Boyunca Oluşan Uygunluk Fonksiyonu Seyri 98

Şekil 4-4 Hesaplanan Alternatif Sigorta Primi Değerleri.....100

Şekil 4-5 Hesaplanan Alternatif Yönetim Yedeği Değerleri.....100

Şekil 5-1 Değerleri Maksimumlara Bölümlerinin Toplamı 105

Şekil 5-2 Alternatif Sigorta Pirimi Ve Yönetim Yedeği Toplamları.....107

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2-1 Risk Yönetim Teknikleri 12

Tablo 2-2 Mühendislik Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 26

Tablo 2-3 Sınıflandırma Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 27

Tablo 2-4 Optimizasyon Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 27

Tablo 2-5 Yapı Mühendisliğinde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 28

Tablo 2-6 Yapı Malzemesinde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 29

Tablo 2-7 İnşaat Yönetiminde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 29

Tablo 2-8 Hidrolik Mühendisliğinde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları 30

Tablo 2-9 Optimizasyon Problemleri için GAMS Algoritması Uygulamaları 33

Tablo 2-10 İnşaat Sektöründe GAMS Algoritması Uygulamaları (1990-2016) 34

Tablo 2-11 İnşaat Sektöründe GAMS Algoritması Uygulamaları (2017-2021) 35

Tablo 3-1 Bir GAMS Modelinin Temel Bileşenleri 56

Tablo 4-1 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2000-2005) 64

Tablo 4-2 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2006-2010) 66

Tablo 4-3 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2011-2015) 68

Tablo 4-4 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2016-2021) 70

Tablo 4-5 Ana Sözleşme Risk Kütüğü 73

Tablo 4-6 Standart Sözleşme Risk Olayları 75

Tablo 4-7 Risk Önleme/ Müdahale Stratejileri 77

Tablo 4-8 Yönetim Yedeği Risk Olayları Tablosu 84

Tablo 4-9 Risk Devir Oranları 96

Tablo 4-10 Çözüm Alternatifleri 99
Tablo 5-1 Alternatif Çözümler 106

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

α : Raslantı değişkeni

β : Ateşböceğinin çekiciliği

β_0 : Ateşböceğinin parlaklığı (uygunluk değeri)

γ : Işık emilim katsayısı

e : Üstel fonksiyon

f(x) : Amaç fonksiyonu

I_0 : Işık kaynağının şiddeti

I : Işık şiddeti

r : uzaklık

rand : [0,1] arasında rastgele bir değer

Kısaltmalar **Açıklama**

ABA : Ateşböceği Algoritması

ACO : Karınca Koloni Optimizasyonu

CMD : Cebirsel Modelleme Dilleri

EA : Evrimsel Algoritma

GAMS : Genel Cebirsel Modelleme Sistemi

LP : Lineer Programlama

PMI : Proje Yönetim Enstitüsü

PSO : Parçacık Sürü Optimizasyonu

ÖZET

İNŞAAT SÖZLEŞMELERİ İÇİN META-SEZGİSEL BİR RİSK YÖNETİM MODELİ

DOKTORA TEZİ

Eda NOYAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ömer GİRAN

2400 yıldan daha eski bir tarihçeye sahip olan, risk ve risk değerleme kavramı, tüm sektörlerde olduğu gibi inşaat sektöründe de çok sıklıkla karşımıza çıkan ve etkisi proje üzerinde yoğun bir şekilde hissedilen, projedeki iş programının gecikmesine ve proje maliyetinin aşılmasına neden olan, muhtemelen proje yönetiminin en önemli konularından biridir. Risklerin en uygun şekilde yönetilebilmesi için; risklerin detaylı bir şekilde tanımlanmış ve dikkatlice taraflar arasında dağıtılmış olması gerekmektedir. Bu sadece, sözleşme taraflarının kendi risk sorumluluklarını, risk olaylarının koşullarını ve riskle başa çıkma kabiliyetlerini idrak etmeleri durumunda başarılabilir. Her bir tarafın kendi riskleri vardır. Riskin devredilmesi demek, riskin sorumluluğunun diğer tarafa ya sigorta vasıtasıyla, ya da sözleşme vasıtasıyla aktarılması demektir.

Tez çalışmasında risk yönetimi ele alınırken, yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayabilmek için riskin sayısallaştırılması üzerinde durulmuştur. Özellikle risklerle daha çok karşılaşacak olan yükleniciler olduğu için yüklenici bakış açısı tercih edilmiş olup olumsuz riskler esas alınmıştır. Daha sonra risk devri için sigorta primi ve organizasyon tarafından karşılanacak riskler için ayrılan yönetim yedeği ödünleşimi problemi çözümü için Ateşböceği algoritması düzenlenmiştir. Bu aşamada oluşturulan kod MATLAB kullanılarak yazılmıştır. Son olarak problem GAMS programında modellenmiş ve inşaat sözleşme risk optimizasyonu probleminin çözümünde matematiksel model kodları uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında Ateşböceği algoritması daha makul sonuçlar vermektedir. Her ne kadar literatürde, muhtelif risk yönetimi araçları mevcut olmasına rağmen, maalesef bunlar çoğu sektöre, şirkete ve projeye uygun değildir. Bu çalışmayla birlikte, inşaat şirketlerinin riskleri verimli ve etkili bir şekilde yönetmeleri, daha iyi finansal birikimlere, daha büyük verimliliklere, yeni projelerdeki iyileşmiş başarı oranlarına ve daha iyi karar verebilmeye ulaşabilmeleri hedeflenmektedir.

Aralık 2022, 135 sayfa.

Anahtar kelimeler: Ateşböceği algoritması, GAMS algoritması, risk finansmanı, risk sayısallaştırma, sezgisel algoritmalar.

SUMMARY

A META-HEURISTIC RISK MANAGEMENT MODELLING FOR CONSTRUCTION CONTRACTS

Ph.D. THESIS

Eda NOYAN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ömer GİRAN

Having a history more than 2400 years, risk and risk assessment concept is one of the most vital issues among project management that encountered frequently both in the construction industry and all of the other industries and feel the impact of it on the project intensely and it causes the project schedule to be delayed and the project cost to be outweighed. In order to manage all of the risks appropriately, risks should be thoroughly identified and carefully allocated among the parties. This can only be managed, if the contracting parties comprehend their own risk liabilities, conditions of the risk events and their own abilities to cope with the risks. Each parties have their own risks. Transferring of the risks stand for the liability of the risk to be delegated to the other parties by means of insurance or the contract. During the study of this thesis, it is emphasized on the risk quantification when handling risk management in a manner of balancing the contingency and the items which will be transferred

to insurance. Based on the negative risks especially the perspective of the contractors are preferred as per they will encounter with the risks more frequently than other parties, Afterwards Firefly Algorithm is designated so as to solve the trade-off problem specifying the insurance premium for transfering the risk and assigning the contingency that will be paid by the contractor. The codes of this algorithm is written by using MATLAB in this stage. In conclusion the problem is modelled in GAMS program and the matemathical modelling codes are applied on the solution of the risk optimization problem in the construction contracts. When comparing the results obtained from the both programs, it can be stated that Firefly Algorithm solutions are giving more reasonable results. Even though there are various risk management tools in the literature, unfortunately these are not applicable to the majority of the companies and the projects. By means of this study, the aim is to provide the construction companies to manage the risks productively and efficiently, to reach to better financial savings and better performance, to give better decisions and to reach improved success rates in the new projects.

December 2022, 135. pages.

Keywords: Risk quantification, risk finance, heuristic algorithms, firefly algorithm, GAMS algorithm.

1. GİRİŞ

Binlerce yıllık geçmişe sahip, risk ve risk değerleme kavramı, tüm sektörlerde olduğu gibi inşaat sektöründe de çok sıklıkla karşımıza çıkan ve etkisi proje üzerinde yoğun bir şekilde hissedilen, projedeki iş programının gecikmesine ve proje maliyetinin aşılmasına neden olan, muhtemelen proje yönetiminin en zor konularından biridir.

Projelerde etkili risk yönetimi için en kritik olan aşama risk değerleme aşamasıdır. Risk yönetimi, projeyi etkileyen belirsiz olayları tanımlama, ölçme ve minimize etme olarak kabul edildiğinde, iyi bir risk yönetiminin sırrı risk kalemlerini kaliteli bir şekilde ölçme kabiliyetinde yatmaktadır. Bu nedenle, profesyoneller nitel ve nicel (sayısal) proje risk analizini risk yönetimindeki esas süreç olarak ele almaktadır. Projenin sayısal analizi, ileri istatistik ve matematik modellere dayandığı için risk yönetiminin en zor bölümü olarak kabul edilmektedir. Zaman içerisinde, özellikle yazılım uygulamaları üzerinden birçok deterministik ve olasılıkçı yöntem geliştirilmiştir. Fakat bu yöntemler, genellikle ya hiç uygulanmamış ya da düzgün bir şekilde uygulanmamıştır. Bunun ana nedenleri; uzmanlık eksikliği, geçmiş verilerin toplanmasında karşılaşılan zorluklar, risk sayısallaştırma yöntemlerinin karmaşıklığı, araçların kolay kullanılamaması ve hesaplama yapılırken oluşan eksikliklerdir.

Riskin sayısallaştırılması, sadece bazı araştırma ve geliştirme projeleri ile kamu ve askeri sermaye yatırım projeleri gibi birkaç proje türünde düzenli bir şekilde uygulanmaktadır. Çoğu proje ekibi özellikle nitel risk analizini uygulamaktadır.

Lisanslı Yapı Enstitüsü (Chartered Institute of Building) tarafından Aralık 2007 ve Ocak 2008 arasında yürütülmüş olan çalışmada, komplike araç ve tekniklerin geliştirilmiş olmasına rağmen çok sayıda *inşaat projesinin geciktiği, bütçelerini aştığı ve bunların nedeninin ise proje risk sayısallaştırma analizlerinin eksik olmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır* (Purnus ve Bodea, 2013).

Her ne kadar literatürde muhtelif risk yönetimi araçları mevcut olmasına rağmen, maalesef bunlar çoğu sektöre şirkete ve projeye uygun değildir.

Risklerin en uygun şekilde yönetilebilmesi için; risklerin detaylı bir şekilde tanımlanmış ve dikkatlice taraflar arasında dağıtılmış olması gerekmektedir. Bu sadece, sözleşme taraflarının kendi risk sorumluluklarını, risk olaylarının koşullarını ve riskle başa çıkma kabiliyetlerini idrak etmeleri durumunda başarılabilir. Her bir tarafın kendi riskleri vardır. Riskin devredilmesi demek, riskin sorumluluğunun diğer tarafa ya sigorta vasıtasıyla, ya da sözleşme vasıtasıyla geçirilmesi demektir. Wang ve Chou (2003)'nun çalışmalarından aktardıklarına göre yükleniciler genellikle inşaat projelerindeki riskleri üç yöntemle devretmektedirler.

- Sigorta vasıtasıyla sigorta şirketlerine
- Alt taşeron kullanarak
- İşveren veya diğer taraflara karşı sözleşme maddelerini ve koşullarını tadil ederek (modifiye ederek)

İnşaat şirketleri eğer riskleri verimli ve etkili bir şekilde yönetebilirlerse, daha iyi finansal birikimlere, daha büyük verimliliklere, yeni projelerdeki iyileşmiş başarı oranlarına ve daha iyi karar verebilmeye ulaşacaklardır. Riskin iyi yönetilebilmesi için de müteahhidin risklerin sorumluluklarını, risk olaylarının koşullarını, risklerin öncelik durumunu ve risk yönetim kabiliyetlerinin bilincinde olmak zorundadır.

İnşaat şirketlerinde, risk değerlendirmesi sırasında nitel metotların nicel metotlara nazaran daha sık kullanılmaktadır. İnşaat proje risk yönetiminde, riskler matrislerde olasılık karşısına riskin etkisinin yerleştirilmesi suretiyle kıyaslanabilmektedir. Azaltma seçenekleri ise risk toleransını garanti etmek için inşaat şirketinin isteğine göre önceden tanımlanmış kısıtlardan elde edilmektedir. İnşaat projelerinin risk yönetimi sistemi, nitel ve nicel risk analizi metotlarının birleştirilmesiyle geliştirilebilir (Banaitiene, Nerija & Banaitis, 2012).

Tez çalışması sürecinde, literatürde sayısallaştırılmış bir risk yönetimi sürecinin inşaat sözleşmeleri için uygulanma çalışması hakkında kaynak bulunamamıştır.

Buradan hareketle, tez çalışması kapsamında literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlayan, nesnel sayısal analize dayanan, inşaat sözleşmeleri için meta-sezgisel bir risk yönetim modeli oluşturulması hedeflenmiştir.

Doğadan esinlenerek oluşturulmuş meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları, özellikle sürü zeka tabanlı olanlar optimizasyon çalışmalarında son yıllarda daha başarılı ve popüler hale gelmiştir. Xin-She Yang (2008) tarafından geliştirilmiş olan sürü tabanlı Sezgisel Optimizasyon Algoritmalarından birisi de, çok kısa zaman içerisinde literatürü önemli ölçüde genişleten ve muhtelif uygulama çeşitliliğine ulaşıp dikkat çeken Ateşböceği Algoritmasıdır.

Son yıllarda, meta-sezgisel algoritmalar tüm branşlardan bilim ve mühendislik alanındaki problemleri (optimizasyon problemleri de dahil olmak üzere) çözmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu algoritmalar, sürekli değişkenli problemlere uygulanabildiği gibi ayrık ve hatta karma değişkenli problemlere de uygulanabilmektedir. Bu avantajları sayesinde, meta-sezgisel algoritmaların literatürde inşaat mühendisliğinin tüm alanlarında muhtelif başarılı uygulamaları görülmektedir.

Buna ek olarak, tez izleme jürilerimizin önerisiyle sayısallaştırma sistemi oluşturmak için ikinci bir model olarak Genel Cebirsel Modelleme Sistemine (GAMS) karar verilmiştir. Bu model matematiksel programlama problemlerine uygun olan yüksek seviyeli bir modelleme sistemidir. Genel bakış olarak 237 derleyici ve yüksek performanslı kararlı çözücülerden oluşan dilsel çözüm yaklaşımlarını içermektedir. GAMS, karmaşık, büyük ölçekli modelleme uygulamaları için özel olarak hazırlanmıştır ve yeni durumlara çok hızlı bir şekilde uyum sağlayabilecek büyük, bakım yapılabilir modellerin geliştirilebilmesine izin verir. Son yıllarda, GAMS algoritmaları tüm branşlardan bilim ve mühendislik alanındaki optimizasyon problemlerini çözmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Literatürde diğer mühendislik dallarının yanı sıra inşaat mühendisliğinin birçok alanında muhtelif başarılı uygulamaları görülmektedir.

Tezin konusu olan modeller oluşturulurken, önce veri setlerinin temin edilmesi planlanarak bir temel oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamındaki risk başlıkları, son 20 yıldaki “Yargıtay’da yer alan İnşaat Eser Sözleşmelerinden” kaynaklanan davalara ilişkin nihai kararlardaki risk olaylarının görülme sıklığına dayandırılmıştır.

Sözleşme taraflarının sözleşmedeki sorumluluk ve yükümlülükleri çıkartılarak proje süresince taraflar için risk unsurlarının neler olduğunun belirleneceği sözleşme risk zinciri "Ana Sözleşme Risk Kütüğü" adı altında oluşturulmuştur. Ayrıca buna ek olarak "Standart Sözleşme Risk Olayları" tablosu da oluşturularak inşaat sözleşmelerindeki standart risk olayları ve bu risklere karşı risk önleme/müdahale planı oluşturulmuştur.

Risk yönetiminde hangi çalışma programı tercih edilecek olursa olsun, tüm risk yöneticileri bir risk kütüğü geliştirip risklerin olası ve muhtemel tüm sonuçlarını ölçerek rasyonel kararlar almak ve bunları yetkili mercilerle paylaşmak isterler. Çünkü eldeki veriler, birçok açıdan geleneksel olasılık standartlarına ve trend analizlerine tam olarak uygun ve güvenilir değildir. Bu yüzden, karar vericilere yardımcı olmak amacıyla tatmin edici başka ölçme modellerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Risk= ihtimal x etki denkleminden yararlanılarak, ihtimal; inşaat sözleşme problemlerine ilişkin analiz edilmiş Yargıtay karar dosyalarından elde edilip, etki ise sözleşme sorumluluk ve yükümlülük tablosundan oluşturulmuştur. Ana Sözleşme Risk Kütüğü tablosundaki risk maddeleri PMBOK Kılavuzu Altıncı Baskıdaki Risk Tehdit Stratejilerine göre taşıma, kaçınma, kabul, devir ve azaltma maddeleri ile risk sayısallaştırma yapılarak veri tablomuz elde edilmiştir.

Risk yönetimi sırasında, yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayabilmek için riskin sayısallaştırılması üzerinde durulmuştur. Ayrıca sigorta başlıkları projenin nevi'ne göre arttırılabilir. Özellikle risklerle daha çok karşılaşacak olan yükleniciler olduğu için yüklenici bakış açısı tercih edilmiş olup olumsuz riskler baz alınmıştır.

Risk Tehdit Stratejilerine göre taşıma, kaçınma, kabul, devir ve azaltma maddeleri ile risk sayısallaştırma yapılarak hazırlanmış olan veri tablomuz yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayacak sezgisel çözüm algoritmalarındaki gibi bir yapıda minimum noktasına ulaşma/yaklaşma amacıyla etki dağılım matrisi oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu etki dağılımından rastgele seçimler yapılarak minimum fonksiyonuna ulaşılmaya çalışılmıştır.

Tez çalışması kapsamında Ateşböceği algoritması ile modellenen problemde öncelikle belirlenen sürü sayısınca değer oluşturulmasıdır. Rastgele oluşturulacak sürü için MATLAB kodu oluşturulmuştur.

Daha sonra risk devri için sigorta primi ve organizasyon tarafından karşılanacak riskler için ayrılan yönetim yedeği ödünleşimi problemi çözümü için Ateşböceği algoritması düzenlenmiştir. Bu aşamada diğer MATLAB kodu oluşturulmuştur.

Son olarak problem GAMS programında modellenmiş ve inşaat sözleşme risk optimizasyonu probleminin çözümünde matematiksel model kodları uygulanmıştır.

Böylece yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayarak inşaat sözleşme riskleri optimize edilmiştir, ayrıca buna ek olarak;

- Bahse konu risk kalemlerinin gerçekleşmediği durumlarda bütçede gereksiz yere yüksek meblağlarda yönetim yedeği tutulmamış olmuştur.
- Öngörülmesi pek mümkün olamayan ama gerçekleştiğinde etkisi çok yüksek olan risk kalemleri için bütçede yönetim yedeği tutmak yerine inşaat tüm riskler sigortası poliçesi satın alarak daha cüzi miktarlarda maliyetle **risk sigorta şirketine devredilmiş olmuştur.**

2. GENEL KISIMLAR

2.1 RİSK SAYISALLAŞTIRMA VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1.1 Risk Sayısallaştırma

Risk ve risk değerlemesi kavramları, 2400 yıldan daha eski bir tarihçeye sahiptir. Örneğin Atinalılar, kararlarını vermeden önce risk değerlemesi yapılmasını önermişlerdir. Buna rağmen, risk değerlemesi ve risk yönetimi, 30-40 yıllık mazisiyle yeni bir bilim dalı olarak nitelendirilmektedir (Noyan, E. & Giran, O. 2020).

Risk kelimesi İtalyancada cüret etmek, yürekli olmak, meydan okumak anlamlarına gelen "Riscare" fiilinden gelmektedir. Bu da riskin bir seçim olduğunu göstermektedir (Bernstein, 1996). Hayattaki tüm seçimler risk içermektedir ve risk eksik bilgi veya eksik tecrübeden kaynaklanan belirsizlik yüzünden ortaya çıkmaktadır (Jannadi and Almishari, 2003).

Risk çalışmaları Rönesans döneminde başlamış olup, o zamandan beri insanlar ve enstitüler risk için muhtelif tanımlar öne sürmüşlerdir. Bununla birlikte risk tanımının irdelenmesinden önce belirsizlik, tehlike ve zarar görebilme terimlerinin tanımlanması yerinde olacaktır.

Flanagan ve Norman (1993)'a göre, ***belirsizlik;*** karar vericinin durumu değerlendirirken geçmişe dair verinin olmadığı veya duruma ilişkin öncesinin olmaması olarak tanımlanmıştır.

Benzer şekilde risk, belirsiz gelecek gibi aynı şekilde vurgulanan kavramla ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte, karar mevcut bilgi ve geçmiş veriler nedeniyle risk altında verilmişse, olayın gerçekleşme olasılığı karar verici tarafından tayin edilebilir.

Bu nedenle, her zaman belirsizlik mevcuttur ve belirsizlik olmadan risk olmayacaktır. Fakat buradaki ayrım, olayın görülme olasılığındaki belirsizliğin değil de, olayın görülme olasılığındaki riskinin tahmin edilmesindeki (ya sezgisel olarak ya da mantıklı olarak) kabiliyettedir.

Belirsizlik ve risk arasındaki bir diğer ayırım Hillson ve Murray-Webster (2004) tarafından sonuçları olmayan belirsizlik, risk doğurmayacağından hareketle sonuçların düşünülmesinden kaynaklandığı şeklinde ele alınmıştır. Bu nedenle, bir belirsizliğin, bir veya daha fazla amacın üzerinde pozitif ya da negatif etkisi olabileceğinden riskin sadece amaçlara ve sonuçlara ilişkin olarak tanımlanabileceğine inanmaktadırlar.

Risk ayrıca kapsamlı bir şekilde ya öznel ya da nesnel olarak sınıflandırılmaktadır. Öznel riskler, analizcinin (nitel) tecrübe ve bilgisine dayandırılarak analiz edilmiştir. Hâlbuki nesnel riskler kendi etki ve ihtimallerinin (nicel, sayısal) hesaplanması olarak analiz edilmiştir (Ghahramanzadeh, 2013).

Potansiyel bir risk kalemini, şirketteki bazı çalışanlar riskli olarak değerlendirebilmekteyken, diğer taraftan şirketteki diğer çalışanlar bu olası risk kalemini risksiz olarak değerlendirebilmektedir. Bununla birlikte, sayısal risk yönetimi potansiyel risk kalemlerini sayısal parametre değerleriyle ölçtükleri için daha nesneldir. Sonuç olarak; bir iş kaleminin riskli ya da risksiz olduğu kişilerin öznel fikirlerine göre değil mevcut sayısal sonuçlara göre karar verilmelidir. Risk yönetimi; riskleri belirleyebilmek, hangi risklerin önemli olduğuna karar verebilmek ve bu risklerle uğraşmak için gerekli stratejilerin uygulanmasını destekleyecek proaktif kararların ve aksiyonların alınmasını sağlayacak disiplinin ve ortamın kurulmasını tanımlamaktır.

Risk yönetimi, tüm iş sektörlerinde kullanılabilir. Literatürde risk yönetimi için çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bazıları sözel, bazılarıysa sayısal risk yönetimi için kaleme alınmıştır (Yakın Cenkler, 2006).

Fakat tez çalışması sürecinde, literatürde sayısallaştırılmış bir risk yönetimi sürecinin inşaat sözleşmeleri için meta-sezgisel bir risk yönetimi modeline uygulanma çalışması hakkında kaynak bulunamamıştır.

Projelerde etkili risk yönetimi için en kritik olan aşama risk değerleme aşamasıdır. Eğer risk yönetimini, projeyi etkileyen belirsiz olayları tanımlama, ölçme ve minimize etme olarak kabul edildiğinde, iyi bir risk yönetiminin sırrı risk kalemlerini kaliteli bir şekilde ölçme

kabiliyetinde yatmaktadır. Bu nedenle, profesyoneller nitel ve nicel (sayısal) proje risk analizini risk yönetimindeki esas süreç olarak ele almaktadır.

Projenin sayısal analizi, ileri istatistik ve matematik modellere dayandığı için risk yönetiminin en zor bölümü olarak kabul edilmektedir. Zaman içerisinde, özellikle yazılım uygulamaları üzerinden birçok deterministik ve olasılıkçı yöntem geliştirilmiştir. Fakat bu yöntemler, genellikle ya hiç uygulanmamış ya da düzgün bir şekilde uygulanmamıştır. Bunun ana nedenleri; uzmanlık eksikliği, geçmiş verilerin toplanmasında karşılaşılan zorluklar, risk sayısallaştırma yöntemlerinin karmaşıklığı, araçların kolay kullanılamaması ve hesaplama yapılırken oluşan eksikliklerdir.

Riskin sayısallaştırılması, sadece araştırma ve geliştirme projeleri ile kamu ve askeri sermaye yatırım projeleri gibi birkaç proje türünde düzenli bir şekilde uygulanmaktadır. Çoğu proje ekibi özellikle nitel risk analizini uygulamaktadır.

Lisanslı Yapı Enstitüsü (Chartered Institute of Building) tarafından Aralık 2007 ve Ocak 2008 arasında yürütülmüş olan çalışmada, komplike araç ve tekniklerin geliştirilmiş olmasına rağmen çok sayıda inşaat projesinin geciktiği, bütçelerini aştığı ve bunların nedeninin ise proje risk sayısallaştırma analizlerinin eksik olmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır (Purnus ve Bodea, 2013).

2.1.1.1 Risk Sayısallaştırma Neden Gereklidir?

Risk yönetiminde hangi yol izlenecek olursa olsun, tüm risk yöneticileri bir risk kütüğü geliştirip risklerin olası ve muhtemel tüm sonuçlarını ölçerek rasyonel kararlar almak ve bunları yetkili mercilerle paylaşmak isterler. Eldeki veriler, birçok açıdan geleneksel olasılık standartlarına ve trend analizlerine tam olarak uygun ve güvenilir değildir. Bu yüzden, karar vericiler için stratejik ve operasyonel kararlarını verirken belirsizlikleri düzgün bir şekilde değerlendirmelerine yardımcı olmak amacıyla tatmin edici başka ölçme modellerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Ortaya çıkan kaynaklar, ortaya çıkma (exposure) şeklinde ölçülür. Ortaya çıkma, ortaya çıkan kaynakların birim sayısı, arazi ölçümü, hacmi vb. şekilde uygun nicel ölçümü ile ölçülür.

Tehlike (peril), olasılığın gerçekleşmesi ile ölçülür. Bu olasılık, birim zamanda bir birim vuku bulabilecek felaket sayılarının ortalaması olarak tanımlanır.

Tehlikenin sonuçları ise şiddet veya etki göstergesi ile ölçülür. Finansal kayıplar, insan kazazedeler, etiğin ihlali, uzun vadeli etkiler, vb. örnek olarak verilebilir.

Tehlikenin sonuçlarını ölçerken, felaketin meydana geldiği varsayılmaktadır. Felaketin tezahürüne kesin gözüyle bakılır, fakat sonuçlar hâlâ belirsizdir ve rastgele değişken olarak ifade edilecektir (Condamin, Louisot ve Na¨ım, y.y.).

2.1.1.2 Risk Sayısallaştırma

Ortaya çıkma, görülme ve etki, riski tam olarak tanımlayan üç rastgele değişkendir. Bu değişkenleri ölçmek, risk yönetimindeki riskin değerlendirilmesine götüren ilk adımdır.

2.1.1.3 Ortaya Çıkma, Frekans ve Olasılık

Risk yönetimi literatüründe risk, genellikle frekans ve şiddet olmak üzere iki ana kavramla tanımlanmaktadır. Şiddet, bir kazanın veya bir felaketin beklenen maliyeti ya da tam olarak bir kaza vukuu bulduğunda bu maliyetin dağıtılmasıdır. Frekans ise bir kazanın veya felaketin olasılığını ölçtüğü için tam olarak iyi tanımlanmamış bir kavramdır. Frekansın değişimi etkinin değişmesi veya olasılığın değişmesi olmak üzere iki nedeni olabilir.

2.1.1.4 Risk Değerlendirmesinin Amaçları

Risk değerlendirmesinin üç amacı olabilir: tespit (değer biçme), tahmin etme ve anlama, üçüncüsü ise en talepkar olmak.

İlk amaç, firmanın ortaya çıkardığı riskleri ölçmektir. Bu amaç, en azından bir risk ölçümünün tam olarak tanımlandığını varsaymaktadır. Örneğin, operasyonel risklerin ölçümünün toplam kayıpların %99,9 oranında (toplam kayıp, olası durumlarda %0,1 oranında aşabilmektedir) dağıtılması olarak tanımlanmaktadır.

İkinci amaç, potansiyel kayıpların tahmin edilmesidir. Sosyal, ekonomik, mevzuata ilişkin ve iklimsel genel durum yıllar içerisinde değişim göstermektedir, tıpkı stratejik ve ticari

amaçların değiştiği gibi. Sonuç olarak, riskler de zaman içerisinde değişkenlik göstermektedir. Geçmiş yıllarda meydana gelen riskler ya da kayıplar, gelecek yıllarda görülebilecek kayıpları her zaman temsil etmemektedir. Genel durumun ya da amaçların değişmesinin etkisi ölçülebilir olmalıdır.

Üçüncü ve en çok talep edilen amaç, potansiyel kayıpların ve geçmiş kayıpların neden meydana gelebildiğini anlamaktır. Risk süreçlerinin tanımlanması, kayıpların azaltılması ya da koruma faktörlerinin ve risk korelasyonlarının değerlendirilmesi, risk kontrolünün ana adımlarıdır. Bu nedenle risk değerlendirme modellerinin, buradaki bilginin risk kontrol faaliyetlerinin tanımlanmasına yardım etmek için birleştirilmesine gerek duyulmaktadır.

2.1.1.5 Risk Finansmanı, Riskin Gerçek Maliyeti

Risk finansmanı, herhangi bir kuruluşun ayrıntılı şekilde hazırlanmış orta ve uzun vadeli finansmanın bir parçasını oluşturur. Bu nedenle risk finansmanının ana amacı, finans departmanının amaçları arasından türetilmiştir, diğer bir deyişle yöneticiler ve hissedarlar için kabul edilebilir risk seviyesi ile yatırımlardan maksimum getiriyi elde etmektir. Kuruluş, bu amaca ulaşabilmek için zararın etkisinin zamana ve mekâna yayılabileceğini hedefleyerek genellikle riskin nakit akışlarıyla ilgilenmek bir takım araç gereçleri kullanabilmektedir. Bununla beraber, risklerin finansal etkisinin kabul edileceği veya transfer edileceği şeklinde karar verilirken sadece risklerin nitel değerlemesi baz alınmamalıdır. Risklerin sayısal değerlendirmesi, en uygun risk finansman enstrümanlarının seçimini desteklemek, sigortacıyla bir anlaşma üzerinde müzakere edebilmek ya da karmaşık bir finansman işleminin maliyetini anlayabilmek için gereklidir (Condamin ve diğ., 2007).

2.1.2 Risk Sayısallaştırma Çalışmaları

Her iş sektöründe, herhangi bir konuya ilişkin risk görülebilme olasılığı vardır. Risk, olumsuz etkiye sahip, gelecekte görülme olasılığı olan bir olaydır. Bu nedenle, işletmenin hedeflerinden sapmasına sebep olabilir. Bu sapmayı önleyebilmek için, Tablo 2.1 ‘de görülmekte olan risk yönetimi tekniklerinin uygulanması gerekir. Risk yönetiminde, potansiyel problemler ortaya çıkmadan önce tanımlanarak, riskle başa çıkma faaliyetlerini

planlanır ve böylece hedefler tutturulurken riskin olumsuz etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Risk yönetimi terimi, birçok muhtelif disipline uygulanmaktadır. Bunlardan bazıları istatistik, ekonomi, psikoloji, sosyal bilimleri biyoloji, mühendislik, toksiloji, sistem analizi, yöneylem araştırması, karar teorileri olarak sıralanabilir. Risk yönetimi sayısal (nicel) olarak ya da nitel olarak uygulanabilmektedir. Nitel risk yönetimi, insanların öznel görüşlerine dayanmaktadır. Potansiyel bir risk kalemi, kuruluştaki bazı insanlar tarafından riskli olarak değerlendirilmiş olabilirken, diğerleri tarafından da risksiz olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, sayısal risk yönetimi potansiyel risk kalemlerini sayısal parametre değerleriyle ölçtükleri için daha nesneldir. Sonuç olarak; bir kalemin riskli ya da risksiz olduğunu kişilerin öznel fikirlerine göre değil mevcut sayısal sonuçlara göre karar verilmelidir (Yakın Cenkler, 2006).

2.1.2.1 Sayısal (Nicel) Analizin Uygulanması

Sayısal risk analizi, riskin incelenmesi amacıyla hem proje riskine bir bütün olarak hem de en belirgin risklere değer atanmasıdır. Proje müdürleri, projenin hedeflerine ulaşabilmek için, yedek akçe rezervlerini doğrulamak için, üçlü kısıtlarla ilişkisi olan hedefleri onaylamak ve "… olursa ne olur" analizlerini daha derin yürütebilmek için sayısal risk analizini kullanırlar.

Sayısallaştırılmış riske dair bilgiler derin ve zengin veriler arasından çekilmektedir. Bu veriler, kuruluşun önceki projelerindeki bilgilerini içermektedir. Proje müdürleri, bu verileri arttırabilmek için uzman görüşleri, beklenen parasal değer, karar ağacı analizleri, program değerlendirmesi ve gözden geçirme teknikleri (PERT), duyarlılık analizleri ve simülasyonlar gibi muhtelif araç gereçlerden yararlanmaktadırlar (Ivanova ve diğ., 2016).

Tablo 2-1 Risk Yönetim Teknikleri

No	Teknik	Referanslar
1	Hata Türleri ve Etkileri Analizi	(Bouti, 1994)
2	Hata Türleri ve Etkileri Kritiklik Analizi	(Bouti, 1994)
3	Risk Vadesi Modeli (Risk Maturity Model)	(Hillson, 1997)
4	Bulanık Mantık	(Bellagamba, 1999)
5	Güçlülük, Zayıflık, Fırsatlar ve Tehditler (SWOT)	(Emblemsvåg ve Endre Kjølstad, 2002)
6	Risk Kırılım Yapısı	(Hillson, 2003)
7	Beyin Fırtınası	(Chapman, 2003)
8	Duyarlılık Analizi	(Chapman, 2003)
9	Karar Ağacı Analizi	(Lyons ve Skitmore, 2004)
10	Bayes Düşünce Ağı (BBN) Yazılımı ile Proje Risk Yönetimi	(Fan ve Yu, 2004)
11	Değişim Analizi	(Mullai, 2006)
12	Olay ve Nedensel Faktör Çizelgesi	(Mullai, 2006)
13	Olay Ağacı Analizi	(Mullai, 2006)
14	Tehlike Teftişi	(Mullai, 2006)
15	Risk Kırılım Matrisi	(Hillson, Grimaldi ve Rafele, 2006)
16	SWIFT Analizi	(Mullai, 2006)
17	Varsayımsal (What-if) Analiz	(Mullai, 2006)
18	"5 Neden" Tekniği	(Mullai, 2006)
19	Neden ve Etki Diyagramı veya Neden Sonuç Analizi	(PMI, 2008)
20	Kontrol Listesi	(PMI, 2008)
21	Delphi	(PMI, 2008)
22	Beklenen Parasal Değer	(PMI, 2008)

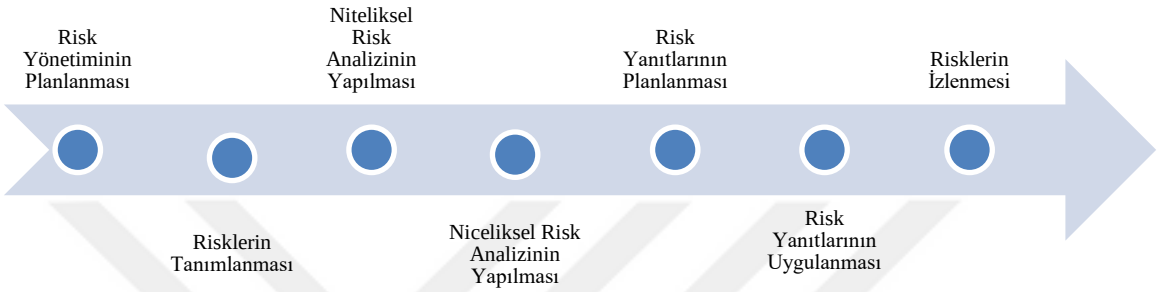
No	Teknik	Referanslar
23	Uzman Değerlendirmesi	(PMI, 2008)
24	Kişisel Görüşmeler	(PMI, 2008)
25	Monte Carlo	(PMI, 2008)
26	Risk Haritalaması, Risk Matrisi, Olasılık ve Etki Matrisi	(PMI, 2008)
27	Risk Olasılığı ve Etki Değerlemesi, Risk Derecelendirmesi / Risk İndeksi	(PMI, 2008)
28	Pareto Analizi veya ABC Analizi	(Rebernik ve Bradač, 2011)
29	Yapay Sinir Ağı kullanarak Optimal Riskin Paylaştırılması	(Jin ve Zhang, 2011)
30	Karar Destek Sistemi için Simulasyon Bazlı Risk Ağ Modeli	(Fang ve Marle, 2012)
31	BIM ile İş Güvenliği	(Zhang, Teizer, Lee, Eastman ve Venugopal, 2013)
32	Çoklu Etmenli Simulasyon Modeli (Multi-Agent Simulation Model)	(Taillandier ve diğerleri, 2015)

2.1.3 İnşaat Sektöründe Risk Sayısallaştırma Çalışmaları

İnşaat sektöründe risk faktörü çok yüksektir. İnşaat projeleri eşsizdir ve bir kere inşa edilirler. İnşaat projelerinin yaşam döngüsü muhtelif riskleri barındırır. Mevcut risklerin üzerine projenin karmaşıklığı ve büyüklüğüne göre de yeni riskler eklenir. Bu riskler projedeki iş programının gecikmesine ve proje maliyetinin aşılmasına neden olur.

Risk yönetimi, muhtemelen proje yönetiminin en zor konularından biridir. Bir proje müdürünün kök risk nedenlerini ayırt edebilmesi ve tanımlayabilmesi gerekmektedir. Böylece bu nedenlerin projede doğurabileceği sonuçları da izleyebilsin. Buna ek olarak, inşaat proje yönetimi bağlamındaki risk yönetimi kapsamlıdır ve riskleri sistematik olarak tanımlayarak, analiz ederek ve risklere müdahale ederek proje hedeflerini tutturmayı başarabilmektedir.

Proje Yönetim Enstitüsü (PMI)'nın PMBOK Kılavuzu Altıncı Baskısında (2017) en güncel hali görülmekte olan proje risk yönetimi süreçleri Şekil-2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2-1 Proje Risk Yönetimi Süreçleri (PMBOK, 2017)

Literatürde, riskin değerlendirilmesi genel olarak nicel ve nitel analiz olmak üzere iki geniş kategori üzerindendir.

Nitel analiz, kilit risk unsurlarının tanımlanmasına olanak vermektedir. Risk faktörleri, veriye dayalı nicel metodolojiyle veya görüşmeler, beyin fırtınaları ve kontrol listeleri gibi nitel işlemlerle tanımlanabilmektedir.

Nitel risk analizi, etkiyi ve tanımlanmış olan risklerin görülme sıklığını hesaplar ve ileri analiz veya direkt risk azaltılması için önceliklendirilmiş riskin listesini oluşturur.

Nicel analiz, inşaat proje risklerini incelemek ve analiz etmek için daha sofistike teknikleri ve metotları kapsamaktadır. Nicel risk analizi, karar ağacı analizi, risk maliyeti analizi ve Monte Carlo simülasyonu gibi farklı yöntemlerle risklerin frekanslarını ve sonuçlarının önemini tahmin etmeye çalışır. Nicel risk analizinin uygulanması, ortaya çıkan inşaat projesinin modellenmesi ve tanımlanmış risk faktörlerinin ve onların potansiyel etkilerinin hesaplanmasına olanak vermektedir.

Her ne kadar literatürde muhtelif risk yönetimi araçları mevcut olmasına rağmen, maalesef bunlar çoğu sektöre şirkete ve projeye uygun değildir.

Bir inşaat projesinde risklere müdahale etmek için Proje Yönetim Enstitüsü (PMI)'nın PMBOK Kılavuzu Altıncı Baskısına göre beş alternatif strateji vardır. Bunlar riski taşıma, riskten kaçınma, riski devretme (transfer), riski azaltma ve riski kabul etmedir.

Risklerin en uygun şekilde yönetilebilmesi için; risklerin detaylı bir şekilde tanımlanmış ve dikkatlice taraflar arasında dağıtılmış olması gerekmektedir. Bu sadece, sözleşme taraflarının kendi risk sorumluluklarını, risk olaylarının koşullarını ve riskle başa çıkma kabiliyetlerini idrak etmeleri durumunda başarılabilir. Her bir tarafın kendi riskleri vardır. Riskin devredilmesi demek, riskin sorumluluğunun diğer tarafa ya sigorta vasıtasıyla, ya da sözleşme vasıtasıyla geçirilmesi demektir. Wang ve Chou (2003)'nun çalışmalarından aktardıklarına göre yükleniciler genellikle inşaat projelerindeki riskleri üç yöntemle devretmektedirler.

- Sigorta vasıtasıyla sigorta şirketlerine
- Alt taşeron kullanarak
- İşveren veya diğer taraflara karşı sözleşme maddelerini ve koşullarını tadil ederek (modifiye ederek)

İnşaat şirketleri eğer riskleri verimli ve etkili bir şekilde yönetebilirlerse, daha iyi finansal birikimlere, daha büyük verimliliklere, yeni projelerdeki iyileşmiş başarı oranlarına ve daha iyi karar verebilmeye ulaşacaklardır. Riskin iyi yönetilebilmesi için de müteahhidin risklerin sorumluluklarını, risk olaylarının koşullarını, risklerin öncelik durumunu ve risk yönetim kabiliyetlerinin bilincinde olmak zorundadır.

İnşaat şirketlerinde, risk değerlendirmesi sırasında nitel metotların nicel metotlara nazaran daha sık kullanılmaktadır. İnşaat proje risk yönetiminde, riskler matrislerde olasılık karşısına riskin etkisinin yerleştirilmesi suretiyle kıyaslanabilmektedir. Azaltma seçenekleri ise risk toleransını garanti etmek için inşaat şirketinin isteğine göre önceden tanımlanmış kısıtlardan elde edilmektedir. İnşaat projelerinin risk yönetimi sistemi, nitel ve nicel risk analizi metotlarının birleştirilmesiyle geliştirilebilir (Banaitiene, Nerija & Banaitis, 2012).

2.2 YAPAY ZEKÂ META-SEZGİSEL YÖNTEMLER

"**Meta-heuristic**" kelimesi, "**bulmak veya keşfetmek**" anlamına gelen ve Yunanca bir fiil olan **heuriskein** kelimesinden türetilmiş olan sezgisel kelimesi ile "ötesinde veya daha üst seviyede" anlamına gelen "**meta**" kelimesinden oluşmakta ve üst sezgisel veya sezgi üstü gibi anlama gelmektedir.

Birçok klasik sezgisel optimizasyon yöntemi, daha iyi bir çözüm elde edilmesi amacıyla mevcut çözüm etrafında ve iteratif bir şekilde yerel arama prosedürlerine dayanır. Bu arama genellikle ilk yerel optimum elde edildiğinde sona erer. Fakat bu çözümlerin daha optimum değerlere sahip olması için kullanılan rastgeleleştirme ve yeniden başlatma yaklaşımları çoğu zaman etkisizdir. Meta-sezgisel yöntemler ise genellikle bazı sezgisel yaklaşımları birleştirerek yerel arama ile bulunanlardan daha iyi çözümler elde edilmesini sağlar (Yücel Melda, 2021)

Sezgisel algoritmalarda, çözülmesi istenilen gerçek hayattaki bir sorunun ilk önce bir matematiksel modele dökülmesi gerekir. Böylece bulunan bu matematiksel formülü kıstas olarak kullanarak en iyi çözümü kısa sürede bulmayı hedefler. Sezgisel optimizasyon algoritmaları, en mükemmel çözümü bulmayı garanti etmez. Algoritma ne kadar kısa sürede ne derece iyi çözüme ulaşıyorsa o kadar etkili kabul edilir.

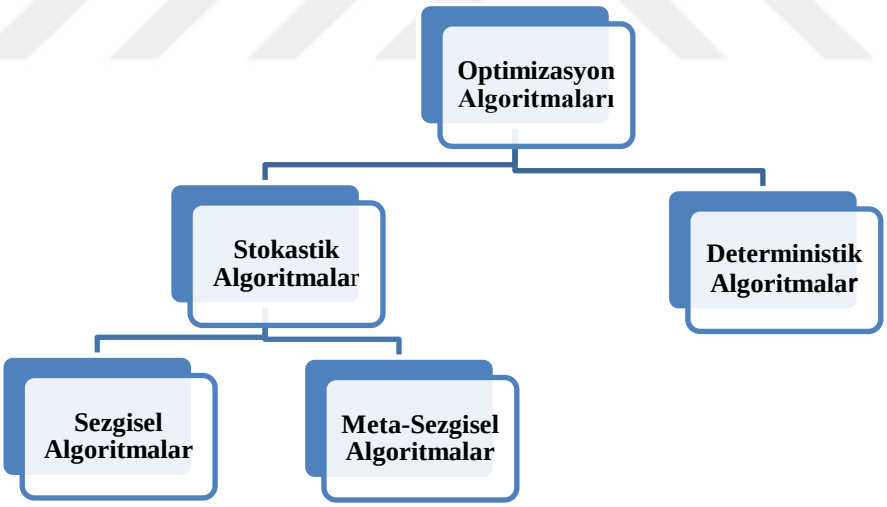
Sezgisel algoritmaları ilk kullanan kişi Alan Turing olarak kabul edilmektedir. II. Dünya Savaşı sırasında Alman gizli şifrelerini çözmek için "sezgisel arama" adını verdiği yöntem ile her seferinde başarıya ulaşamasa da çok iyi sonuçlar elde etmiştir. Savaş sonrasında özellikle bilgisayar ve yapay zekâ üzerine çalışmalar yapan Turing, bilgisayarın olmadığı 1948 yılında hazırladığı bir programla modern bilgisayarın öncülerinden biri olmuştur (Vikipedi-Alan Turing Biyografisi).

Herhangi bir meta-sezgisel algoritmanın ana bileşenleri yoğunlaşma/sömürü ve çeşitlendirme/keşiftir. *Çeşitlendirme*, arama alanının tamamını araştırarak çeşitli çözümler üretme; *yoğunlaşma* ise herhangi bir bölgedeki mevcut en iyi çözümleri arayarak seçilen çözümün bilgisinden yararlanıp o bölgedeki aramaya (yerel arama) odaklanma ve en iyi aday çözümleri seçmeyi ifade etmektedir (Yücel Melda, 2021).

Bunların yanı sıra, bu yöntemler içerik olarak bazı canlıların sahip olduğu ve yaşamlarında kullandıkları çeşitli doğal özellikler ve özel yetenekler, maddelerin geçirdiği bazı fiziksel ve kimyasal olaylar, çeşitli evrim/genetik süreçleri, doğa olayları ve bazı doğal sistemlerden ilham alınarak geliştirilen algoritmalar olarak anılmaktadır. Mesela bal arılarının yiyecek aramasını simüle eden Yapay Arı Algoritması sürü zekâsı tabanlı, Genetik Algoritmada gerçek genetik yapı evrim tabanlı ve demir tavlama işinden esinlenerek geliştirilen Benzetim Tavlama Algoritması fizik tabanlı algoritmalardır.

Algoritmalar, Şekil 2.2'de görüldüğü gibi deterministik (belirleyici) veya stokastik (rastgele) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Eğer bir algoritma rastgelelik içermeyen bir doğayla kesin bir şekilde çalışıyorsa, buna deterministik denir ve Tepe Tırmanma algoritması buna örnektir.

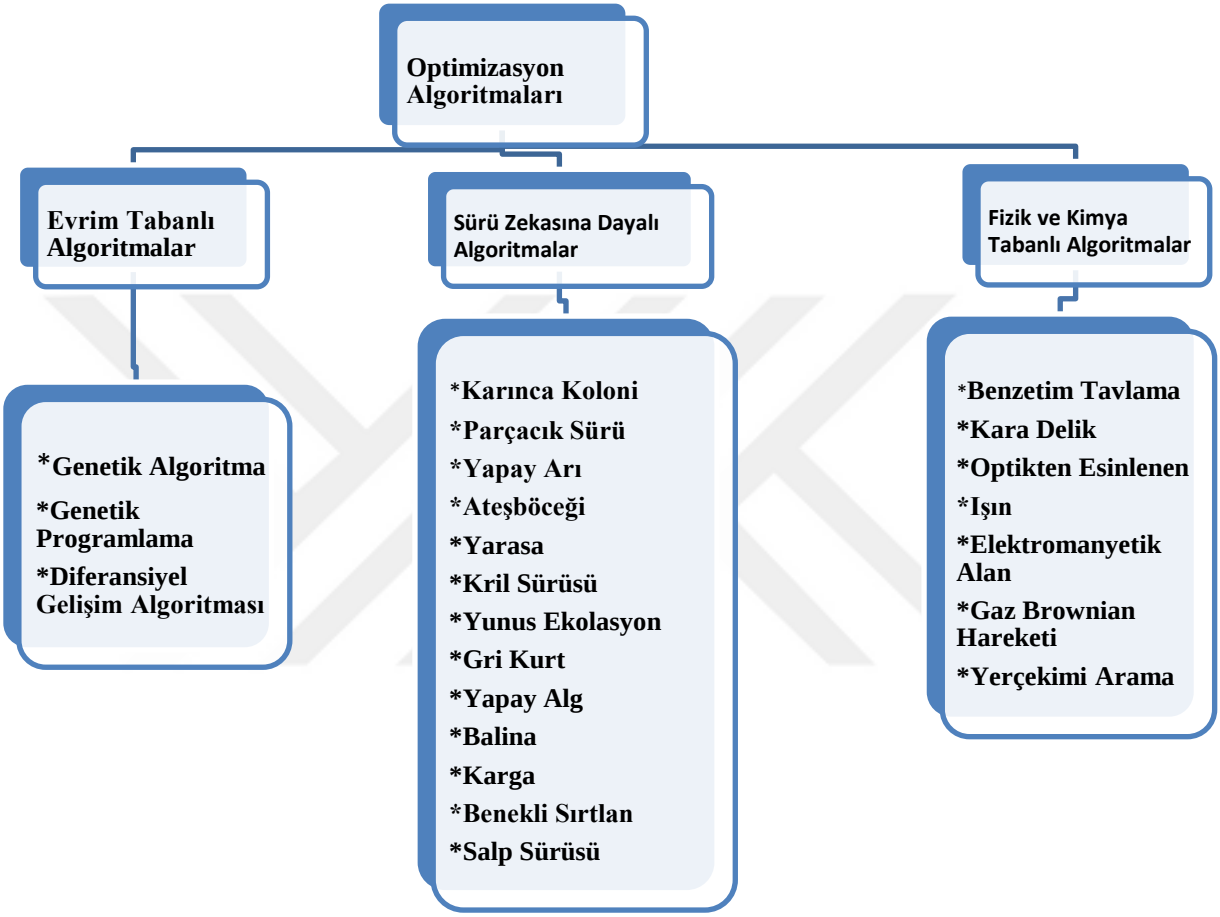
Diğer taraftan algoritmada rastgelelik varsa, algoritmayı her çalıştırdığımızda, her seferinde farklı bir noktaya ulaşır ve genetik algoritma buna örnektir (X. Yang, 2014).



Şekil 2-2 Optimizasyon Algoritmalarının Sınıflandırılması

Meta-sezgisel algoritmalarda, Şekil 2.3'de görüldüğü üzere günümüzde genellikle doğadan esinlenen sürü zekası tabanlı algoritmalar kullanılmakta olup bununla beraber evrim tabanlı, fizik ve kimya tabanlı algoritmalar da diğer sık kullanılan optimizasyon algoritmalardır.

Doğadan esinlenen algoritmaların geleneksel algoritmalara nazaran birçok avantajı mevcut olduğu için daha sık tercih edilmektedir (X. Yang, 2014).

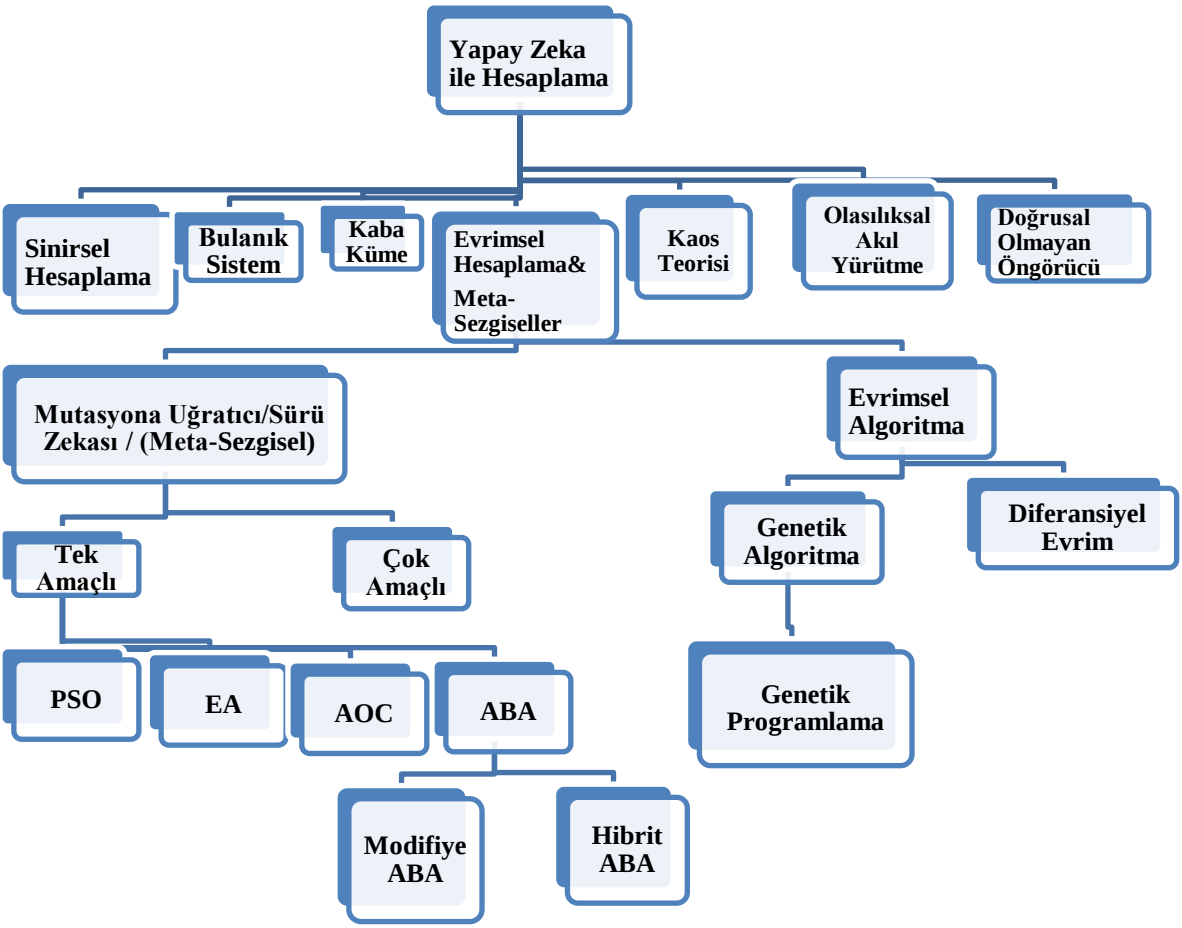


Şekil 2-3 Meta-Sezgisel Algoritmaların Sınıflandırılması

2.2.1. Ateşböceği Algoritması

Doğadan esinlenerek oluşturulmuş meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları, özellikle sürü zeka tabanlı olanlar optimizasyon çalışmalarında son yıllarda daha başarılı ve popüler hale gelmiştir. Xin-She Yang (2008) tarafından geliştirilmiş olan sürü tabanlı Sezgisel Optimizasyon Algoritmalarından birisi de, çok kısa zaman içerisinde literatürü önemli ölçüde genişleten ve muhtelif uygulama çeşitliliğine ulaşıp dikkat çeken Ateşböceği Algoritmasıdır. Şekil 2.4'de Ateşböceği Algoritmasının Gelişimi görülmektedir. Ateşböcekleri, doğada

yaklaşık iki bin türü bulunan, sıcak ve tropik bölgelerde yaşayan kısa ve ritmik ışık saçan bir böcek türüdür. Ateşböcekleri kimyasal olarak soğuk ışık oluşturabilme kabiliyetleri sayesinde karşı cinsi etkileyerek üreme, avlanma ve düşmanlarından korunma gibi eylemleri yerine getirmektedir. Ateşböceği optimizasyon algoritması eniyileme yapan sürü zekâlı yaklaşımlardan biridir. Bu algoritma, doğadaki ateşböceklerinin çekiciliğine bağlı olarak birbirlerine veya rastgele bir yöne doğru hareket etme prensibini temel alarak çalışmaktadır (X.-S. Yang, 2014).



Şekil 2-4 Ateşböceği Algoritmasının Gelişimi

2.2.1.1 Klasik Ateşböceği Algoritması

Ateşböceği algoritması, ateşböceklerinin parlaklığa duyarlı sosyal davranışları ele alarak geliştirilmiştir. Algoritmayı daha kolay ve anlaşılır oluşturabilmek için üç adet varsayım kural kabul edilmektedir.

- Algoritma ateşböceklerini cinsiyet olmadan ele alır. Tüm ateşböcekleri cinsiyetsiz kabul edilir. Yani tüm ateş böcekleri birbirlerine yönelebilirler.
- Çekicilik ateşböceğinin parlaklığı ile ilgilidir. Bu şekilde iki adet ışık yayan ateşböceğinden daha sönük ışığa sahip olan parlak olana doğru hareket eder. Parlaklık aradaki uzaklığa bağlı olarak değişir. Eğer parlaklık seviyesi eşit ise rastgele hareket meydana gelmektedir.

- Parlaklık görünümü uygunluk (amaç) fonksiyonu ile belirlenir. En parlak olanı en iyi olarak kabul eden bir uygunluk fonksiyonu vardır (X.-S. Yang, 2014).

2.2.1.2. Ateşböceği Algoritmasının Sınıflandırılması

Ateşböceği algoritmasının Şekil 2,5'de görülmekte olan çeşitli versiyonları, farklı araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Hatta ateşböceği algoritmasının çok amaçlı optimizasyon versiyonu da mevcuttur. Performans iyileştirme amacıyla ateşböceği algoritmasının içine kaos da dahil edilebilir. Ateşböceği algoritmasının hibrit versiyonları da ayrıca performans artırma amacıyla geliştirilmiştir.

Ateşböceği algoritmasının en efektif biçimde genel klasmanı, parametre ayarlaması ve parametre kontrolü olarak yapılabilir. Parametre ayarlaması, kullanılan parametrelerin, algoritmayı çalıştırmadan ve iterasyon sürecinde düzeltmeden önce parametrelerin en iyi değerlerinin bulunmasıdır. Parametre kontrolü ise uygulama süreci sırasında parametrenin değerini değiştirmektir. Ateşböceği algoritmasının davranışı, sadece düzgün parametre değerine değil, ayrıca algoritmanın kapsadığı bileşenlerin özelliklerine de bağlıdır (Kumar ve Kumar, 2020).

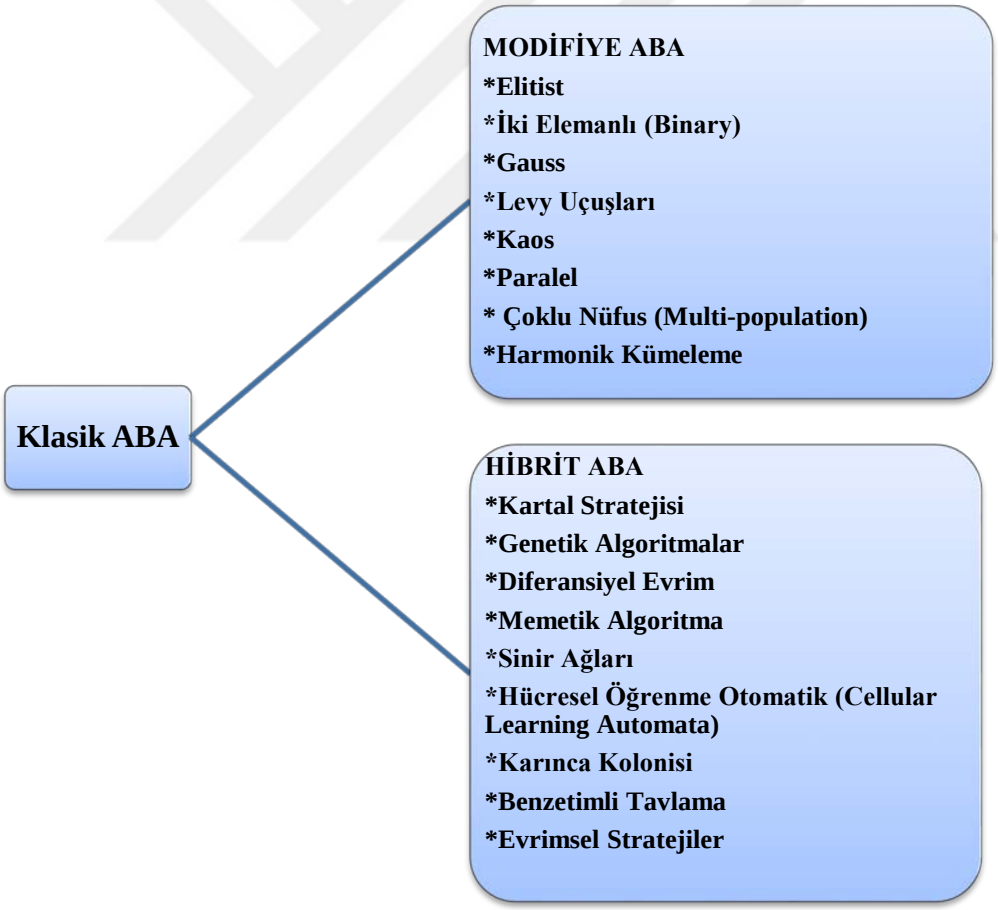
2.2.1.3. Değiştirilmiş (Modifiye) Ateşböceği Algoritması

Modifiye ateşböceği algoritmaları, algoritmayla ilişkili parametrelerin belirlenmesine göre analiz edilebilirler. Buna istinaden, ateşböceği algoritmaları aşağıdaki kriterlere göre sınıflandırılmıştır:

- ateşböceklerinin temsil edilmesi (ikili elemanlı, gerçek değerli)
- nüfus şeması (sürü, çoklu sürü)
- uygunluk fonksiyonun değerlendirilmesi
- en iyi çözümün belirlenmesi (elitist olmama, elitizm)
- hareket eden ateşböceklerini rastgeleleştirme (yeknesak, Gauss, Levy uçuşları, kaos dağılımı) (X. S. Yang, 2014).

2.2.1.4. Melez (Hibrit) Ateşböceği Algoritması

Ateşböceği algoritması, her türlü optimizasyon problemlerindeki iyi sonuçları elde eden global problem çözücü olarak tasarlanmıştır. Buna rağmen, No-Free Launch teoremi genellikle bazı kısıtlamalar doğurmaktadır (ortaya çıkarmak). Bu teoremin dayattığı kısıtlamaların üstesinden gelebilmek için hibrit metotlar, ateşböceği algoritmalarının yeni versiyonları da dahil olmak üzere doğadan esinlenen algoritmaların yeni versiyonlarını geliştirmek için kullanılmıştır. Ateşböceği algoritmaları üzerinde geliştirme amacıyla muhtelif hibritleşme işlemi yapılmıştır. Hibritleşme, ateşböceği algoritmaları üzerinde bazı problemlere özel bilgi birikimi katmaktadır (Fister, Yang ve Brest, 2013).



Şekil 2-5 Ateşböceği Algoritmasının Versiyonları (Variants)

2.2.1.5. Ateşböceği Algoritmasının Verimli Olmasının Nedenleri

Ateşböceği algoritması, sürü zekâsı bazlı bir algoritma olduğundan diğer sürü zekâ bazlı algoritmalardaki gibi benzer avantajlara sahiptir. Bununla birlikte, ateşböceği algoritmasının diğer algoritmalara nazaran üç büyük avantajı vardır.

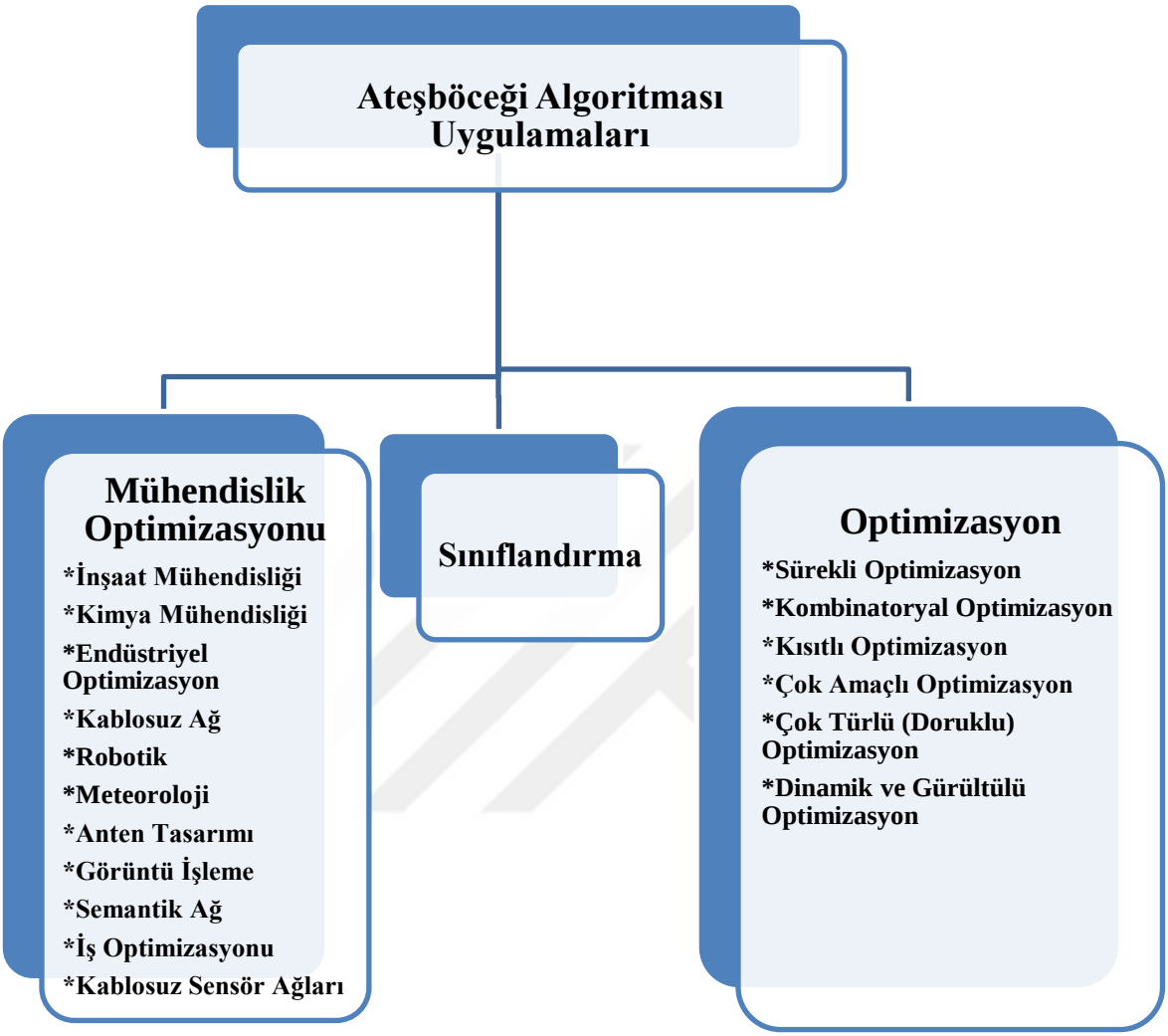
- Tüm popülasyonun otomatik olarak alt gruplara bölünmesi
- Çok modlu optimizasyonla başa çıkabilme yeteneği
- Çözümlerde yüksek döngelik (ergodicity) ve çeşitlilik gösterme (X.-S. Yang, 2014).

(X. S. Yang ve He, 2013)'nin Ateşböceğinin Son zamanlardaki İlerlemeler ve Uygulamalar makalesinde de detaylıca belirtildiği gibi öncelikle ateşböceği algoritması çekicilik prensibi üzerine dayanmaktadır ve çekicilik aralarındaki uzaklık arttıkça azalmaktadır. Bu gerçek ise tüm popülasyonun otomatik olarak alt gruplara bölündüğü ve her bir grubun her modda veya yerel optimumda birbiri etrafına üşüşebildiği görülmektedir. Tüm bu modlar arasında en iyi global sonuç çözümü elde edilebilmektedir. İkinci olarak, bu alt gruplara bölünme, eğer popülasyon büyüklüğü mod sayısından yeteri kadar yüksekse, ateşböceklerinin tüm optimumları eşzamanlı olarak bulabilmesine izin vermektedir.

Bunlara ek olarak, ateşböceğindeki parametreler iterasyonlar ilerledikçe rastgeleliği kontrol etmek için ayarlanılabilmektedir. Bu sayede, yakınsaklık bu parametrelerin ayarlanması sayesinde hızlandırılabilmektedir. Ateşböceği algoritmasının sahip olduğu tüm bu bahsedilen avantajlar sayesinde; sürekli problemler, kümeleme, sınıflandırma ve kombinasyonal optimizasyon ile daha esnek bir biçimde baş edilebilmektedir.

2.2.2. Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Xin-She Yang (2008) tarafından geliştirildiğinden günümüze kadar geçen süre zarfında ateşböceği algoritması mühendislik, optimizasyon, sınıflandırma, gezici satıcı problemi, planlama, görüntü işleme, mühendislik tasarımları vb. birçok konuyu kapsayarak neredeyse bilimin tüm alanlarında kullanılmıştır. Şekil 2.6'da Ateşböceği Algoritmasının muhtelif uygulamaları görülmektedir. Bazı uygulamalar daha teorikken, bazıları da gerçek hayat problemlerini çözmeye odaklanmaktadır (Fister ve diğerleri, 2013).



Şekil 2-6 Ateşböceği Algoritmasının Muhtelif Uygulamaları

2.2.2.1. Mühendislik Optimizasyonu

Ateşböceği algoritması, mühendislik uygulamalarındaki rutin tasarım optimizasyon problemlerini çözebilen en önemli araçlardan biri haline gelmiştir. Bu alanda yapılmış çalışmaların büyük çoğunluğunu, gerçek dünyadaki mühendislik ve endüstri kökenli olan

problemler oluşturmaktadır. Tablo 2.2'de Mühendislik Optimizasyon Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları görülmektedir.

2.2.2.2. Sınıflandırma

Sınıflandırma algoritmaları daha çok veri madenciliği, sinir ağları ve makine öğrenmesi konularıyla ilişkilidir. Burada amaç, alternatifler arasından veri setine en iyi uyan hipotezin seçilmesidir. Tablo 2.3'te Sınıflandırma Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları görülmektedir.

2.2.2.3. Optimizasyon

Ateşböceği algoritmaları şimdiye dek aşağıda belirtilen optimizasyon problem türlerine uygulanmıştır.

- Sürekli Optimizasyon
- Kombinatoryal Optimizasyon
- Kısıtlı Optimizasyon
- Çok Amaçlı Optimizasyon
- Çok Türlü (Doruklu) Optimizasyon
- Dinamik ve Gürültülü Optimizasyon

Sürekli optimizasyon problemleri, genellikle gerçek sayılar kümesi veya fonksiyonlar kümesiyle ilgilidir. Kombinatoryal optimizasyon problemlerinin çözümleri ise sonlu veya sonsuz kümeler ile genellikle tam sayılar, kümeler, permütasyonlar veya grafik arasında aranmaktadır. Kısıtlı optimizasyon problemlerinde çözüme ulaşabilmek için bazı kısıtlara uymak gerekmektedir. Çok amaçlı problemlerde çözümün kalitesi, birbiriyle çakışan amaçların kendi aralarındaki performanslarıyla tanımlanmaktadır. Diğer taraftan, çok modlu (doruklu) problemlerde, komşu çözümlerden çok daha iyi olan, büyük sayıda yerel modlar mevcuttur, ama yine de global optimal çözümünden daha iyi uygunluk fonksiyonuna sahip değildir. Dinamik ve gürültülü problemler ise durağan olmayan problemlerdir. Zaman

içerisinde değişirler (X. S. Yang, 2014). Tablo 2-4'te Optimizasyon Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları görülmektedir.

Tablo 2-2 Mühendislik Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Görüntü İşleme	Görüntü Vektör Örneklemesi	(M. Horng ve Jiang, 2010)
Görüntü İşleme	Çapraz Entropi Eşiği	(M. H. Horng ve Liou, 2011)
Anten Tasarımı	Eşmerkezli Dairesel Dizilimli Anten	(Chatterjee ve Mahanti, 2013)
Robotik	Robotun Öz Senkronizasyonu	(Jakimovski, Meyer ve Maehle, 2010)
Robotik	Endüstriyel Robotlar	(Severin ve Rossmann, 2012)
Semantik Ağ	Optimal Semantik Ağ Servis Bileşimi	(Pop ve diğerleri, 2011)
Kablosuz Ağ	Kablosuz Sensör Ağları	(Breza ve McCann, 2008)
Meteoroloji	Yağış Sahası	(Santos ve diğerleri, 2013)
Endüstri Optimizasyonu	Yakınsak olmayan Ekonomik Sevkiyat Problemleri	(X. S. Yang, Hosseini ve Gandomi, 2012)
Endüstri Optimizasyonu	Çelik Slabların Dökümü	(Mauder, Sandera, Stetina ve Seda, 2011)
Endüstri Optimizasyonu	Simüle edilmiş İmalat Süreci	(Aungkulanon, Chai-ead ve Luangpaiboon, 2011)
Endüstri Optimizasyonu	Ekonomik Güç Sevkiyatı	(Dekhici, Borne ve Khaled, 2012)
Kimya Mühendisliği	Eşdeğişirlik Matris Uyarlaması	(Fateen, Bonilla-Petriciolet ve Rangaiah, 2012)
İnşaat Mühendisliği	Kiriş Yapılarının Optimum Tasarımı	(Kazemzadeh Azad, 2011)
İnşaat Mühendisliği	Kule Yapılarının Optimum Tasarımı	(Talatahari, 2012)
İnşaat Mühendisliği	Kirişlerin Optimum Tasarımı	(S. Gholizadeh, 2012)

Tablo 2-3 Sınıflandırma Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Sınıflandırma	Özellik Seçme Yaklaşımı	(Banati ve Bajaj, 2011)
Sınıflandırma	Kümeleme	(Senthilnath, Omkar ve Mani, 2011)
Sınıflandırma	Veri Kümeleme	(Hassanzadeh ve Meybodi, 2012)
Sınıflandırma	Kural Tabanlı Çoklu Sınıflama	(Aydilek, 2017)

Tablo 2-4 Optimizasyon Problemleri için Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Kısıtlı Optimizasyon	Sürekli Kısıtlı Optimizasyon	(Łukasik ve Zak, 2009)
Kısıtlı Optimizasyon	Karma Değişkenli Yapısal Optimizasyon	(Gandomi, Yang ve Alavi, 2011)
Planlama Problemleri	Üretim Süresi Minimizasyonu	(Sayadi, Ramezanian ve Ghaffari-Nasab, 2010)
Planlama Problemleri	Gezici Satıcı Problemi	(Jati ve Suyanto, 2011)
Planlama Problemleri	İş Çizelgeleme	(Khadwilard ve diğerleri, 2011)
Planlama Problemleri	Kuyruk Sistemlerinin Optimizasyonu	(Kwiecień ve Filipowicz, 2012)
Dinamik ve Gürültülü Optimizasyon	Dinamik Optimizasyon Problemleri	(Ozsoydan ve Baykasoğlu, 2015)
Dinamik ve Gürültülü Optimizasyon	Dinamik Çevrelerde Optimizasyon	(Nasiri ve Meybodi, 2016)
Çok Amaçlı Optimizasyon	Sürekli Optimizasyon	(X. S. Yang, 2013)
Çok Modlu Optimizasyon	Çok Modlu Optimizasyon	(X. S. Yang, 2009)

2.2.3. İnşaat Sektöründe Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Son yıllarda, meta-sezgisel algoritmalar tüm branşlardan bilim ve mühendislik alanındaki problemleri (optimizasyon problemleri de dahil olmak üzere) çözmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu algoritmalar, sürekli değişkenli problemlere uygulanabildiği gibi ayrık ve hatta karma değişkenli problemlere de uygulanabilmektedir. Bu avantajları sayesinde, meta-sezgisel algoritmaların literatürde inşaat mühendisliğinin tüm alanlarında muhtelif başarılı uygulamaları görülmektedir. Tablo 2.5 'te Yapı Mühendisliğinde, Tablo 2.6'da Yapı Malzemesinde, Tablo 2.7'de İnşaat Yönetiminde, Tablo 2.8'de ise Hidrolik Mühendisliğinde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları görülmektedir.

Tablo 2-5 Yapı Mühendisliğinde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Yapı Mühendisliği	Kafes Kiriş Yapılarının Optimum Tasarımı	(Kazemzadeh Azad, 2011)
YapıMühendisliği	Kule Yapılarının Optimum Tasarımı	(Talatahari, 2012)
Yapı Mühendisliği	Kafes Kirişlerin Optimum Tasarımı	(S. Gholizadeh, 2012)
Yapı Mühendisliği	Kafes Kiriş Yapıların Çeşitli Doğal Frekanslı Kısıtlarla Şekil ve Ebat Optimizasyonu	(Miguel ve Fadel Miguel, 2012)
Yapı Mühendisliği	Betonarme İstinat Duvarı Tasarım Maliyetinin Optimizasyonu	(Sheikholeslami, Gholipour Khalili ve Zahrai, 2014)
Yapı Mühendisliği	Uzay Kafes Yapıların Optimizasyonu	(Değertekin, Lamberti ve Ülker, 2015)
Yapı Mühendisliği	Yeni Nesil Çelik Kirişlerin Optimum Tasarımı	(Erdal, 2017)
Yapı Mühendisliği	Sonlu Elemanlar ve Ateşböceği Algoritması Optimizasyonu ile Tek Boyutlu Kafes Kirişlerde Hasar Tespiti	(Escobar ve diğerleri, 2018)

Tablo 2-6 Yapı Malzemesinde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Yapı Malzemesi	İnşaat Mühendisliğinde Akıllı Yapay Ateşböceği Koloni Bazlı Destek Vektör Regresyonu ile Geliştirilmiş Tahmin Etme	(Chou ve Pham, 2015)
Yapı Malzemesi	Kernel Makinesi ve Ateşböceği Algoritması Bazlı Dinamik Modüllü Agrega Morfolojisi Dikkate Alınarak Asfalt Karışımları için Tahmin Modeli Oluşturulması	(Dharamveer Singh, Maheshwari, Zaman ve Commuri, 2018)
Yapı Malzemesi	Yüksek Peformanslı Betonun Basınç ve Gerilme Mukavetinin Modifiye Ateşböceği ve Yapay Sinirsel Ağ Uzman Sistemiyle Tahmin Edilmesi	(Bui, Nguyen, Ngo ve Nguyen-Xuan, 2020)

Tablo 2-7 İnşaat Yönetiminde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
İnşaat Yönetimi	Modüler İnşaat İskelesinde Çok Amaçlı Proje Kaynak ve Planlama Optimizasyonu	(Hou, Zhao, Wu, Moon ve Wang, 2017)
İnşaat Yönetimi	İnşaat Projelerinin Zaman Maliyet Ödünleşimli Çok Modlu Optimizasyonu	(Albayrak ve Özdemir, 2018)
İnşaat Yönetimi	Diyafram Duvarın Yapım Süresinin Ateşböceği Ayarlı En Küçük Kareler Destek Vektör Makinesi ile Tahmin Edilmesi	(Cheng ve Hoang, 2018)
İnşaat Yönetimi	Elektromanyetik Bazlı Ateşböceği Algoritmasıyla Güçlendirilmiş Yapay SinirselAğ Uzman Sistemi ile Binalardaki Enerji Tüketiminin Tahmin Edilmesi	(Bui ve diğerleri, 2020)

Tablo 2-8 Hidrolik Mühendisliğinde Ateşböceği Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Hidrolik Mühendisliği	Su Dağıtım Sistemlerinin En Düşük Maliyetli Tasarım Probleminin Çözülmesi	(Tahershamsi, Kaveh, Sheikholeslami ve Kazemzadeh Azad, 2014)

2.3 MATEMATİKSEL ALGORİTMALAR

Matematiksel model, karar vericinin ölçülebilir bir hedefi optimize etmek için kıt ve sınırlı kaynakları muhtelif aktiveler arasında bölüştürüp yönetsel, tasarımsal ve planlama problemlerinin çözümüne yardım etmek için tasarlanmış olan araçların tümüne verilen isimdir.

Matematiksel Modelin Bileşenleri

Matematiksel modeller üç ana bileşenden oluşmaktadır: ***karar değişkenleri*** (modelin bilinmeyenleri), ***amaç fonksiyonu*** (optimize edilmesi gerekmektedir), ve ***kısıtlar*** (modelin sınırlandırılması).

1. ***Karar Değişkenleri***

Karar değişkenleri, ele alınan problem türüne bağlıdır. Örneğin, karar değişkenleri paylaşımı yapılacak kaynakların miktarı ya da üretilecek birim sayısı veya her ikisi de olabilir. Karar verici, problemin optimal çözümünü sağlayacak bu bilinmeyen değişkenlerin değer kümesini araştırmaktadır. Karar değişkenleri genellikle x_1, x_2, …., ya da x, y, z şeklinde gösterilmektedir. Bununla beraber model geliştiriciler değişkenlere istedikleri isimleri verebilmektedir.

2. ***Amaç Fonksiyonu***

Amaç fonksiyonu, problemin hedefini, amacını karar değişkenleri cinsinden tarif etmektedir. Karar verici, belirli ürünleri üretirken veya satarken, ya toplam karı arttırmaya ya da toplam üretim maliyetini azaltmaya çalışmaktadır.

3. Kısıtlar

Problemin sınırlandırılmasıdır. Bir kısıtın, fonksiyon ve sabit olmak üzere iki bileşeni vardır. Kaynak kısıtı için fonksiyon, karar değişkenleri cinsinden talep edilmiş olan toplam kaynağı, sabit ise ulaşılabilir toplam kaynağı tarif etmektedir.

Optimizasyon Yazılımları

Piyasada matematiksel modelleri çözebilecek çok sayıda ticari yazılım paketi mevcuttur. Yazılım paketi, esasen LP modelleri çözebilmek için simpleks ve iç noktalı algoritmalar gibi belirli bir sınıf veya birkaç farklı matematiksel model sınıfının bir veya daha fazla algoritma içeren çözüm motorudur.

En sık kullanılan yazılım paketleri aşağıda gösterilmektedir (Sarker, Ruhul A., 2008).

- GAMS
- LINGO=LINDO
- OptiMax 2000
- CPLEX and XPRESS
- MINOS
- Solver and Premium Solver
- Diğerleri

2.3.1. GAMS Algoritması

Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS), matematiksel programlama problemlerine uygun olan yüksek seviyeli bir modelleme sistemidir. Genel bakış olarak 237 derleyici ve yüksek performanslı kararlı çözücülerden oluşan dilsel çözüm yaklaşımlarını içermektedir.

GAMS, karmaşık, büyük ölçekli modelleme uygulamaları için özel olarak hazırlanmıştır ve yeni durumlara çok hızlı bir şekilde uyum sağlayabilecek büyük, bakım yapılabilir modellerin geliştirilebilmesine izin verir.

GAMS paketi, özellikle modelleme, lineer, lineer olmayan ve karışık tamsayılı programlama problemleri için tasarlanmıştır. Geçerli GAMS lisansı olmadan, sistem (50'ye yakın ayrık değişkenler de dâhil olmak üzere) toplam 300 değişken ve 300 kısıtlarıyla ücretsiz demo sistemi olarak sınırlı bir şekilde çalışabilmektedir (Sarker, Ruhul A., 2008).

Cebirsel modelleme dilleri (CMD), ilk olarak GAMS, LINGO ve MP model olarak 1970'li yılların sonlarında, 1980'lerin başında (optimizasyon problemlerini çözme amaçlı, bildirime dayalı diller olarak) ortaya çıkmıştır.

Cebirsel modelleme dilleri, değişkenler arasındaki kısıtlamaları ve ilişkileri (eşitlik ve eşitsizlik) devam ettirir, verileri ve matematiksel nesneleri bir çözücüyle birleştirir, fakat optimizasyon probleminin nasıl çözüleceğine dair bilgi içermez.

Cebirsel modelleme dilleri, 1980'li yılların başlarından beri matematiksel optimizasyon topluluğunda ve piyasada kullanılan optimizasyonda önemli bir rol oynamaktadır ve hala günümüzde de önemini korumaktadır.

1950'ler ve 1960'larda Assembler ve Fortran LP modellerini kodlamıştır. Daha sonra o günlerdeki LP modellerin birçoğunu çözen ve endüstriyel model formülasyonun standardını oluşturan IBM'in LP çözücüsü olan matris üreteci MPSX sektördeki yerini almıştır.

GAMS'in, ilk versiyonu Dünya Bankası'nda 1970'lerin sonlarına doğru Alexander Meeraus ve Jan Bisschop tarafından geliştirilmiş olup 1982'de kamuya mal olmuştur (Kallrath, 2012).

2.3.2. GAMS Algoritması Uygulamaları

1980'li yılların başlarında geliştirildiğinden günümüze kadar geçen süre zarfında optimizasyon problemlerini çözme amaçlı, bildirime dayalı diller olarak ortaya çıkan cebirsel modelleme dilleri arasında yer alan GAMS Algoritması birçok konuyu kapsayarak neredeyse bilimin tüm alanlarında kullanılmıştır. Bazı uygulamalar daha teorikken, bazıları da gerçek hayat problemlerini çözmeye odaklanmaktadır. Tablo 2.9'da görülmekte olduğu gibi muhtelif

sektörlerdeki birçok farklı optimizasyon problemlerinin çözümünde kendisine uygulama alanı bulmaktadır.

Tablo 2-9 Optimizasyon Problemleri için GAMS Algoritması Uygulamaları

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Optimizasyon	GAMS Optimizasyon Tekniklerinin Güç Sistemlerine Uygulanması	(Chattopadhyay, 1999)
Optimizasyon	Sonsuz Öncelikli, Büyük Ölçekli Su Dağıtım Sistemlerinin Planlanması ve Yönetimi	(Barros, Zambon, Barbosa ve Yeh, 2008)
Optimizasyon	Kullanıcı Arayüzlü, Veri Yönetimini Raporlayan ve Görüntüleme Kapasiteli Hidroplatformlu Su Yönetimi	(Harou ve diğerleri, 2010)
Optimizasyon	Büyük Ölçekli Mühendislik Bazlı Karar Verme Problemleri için Ayrıştırma Algoritmasının Paralel Uygulaması	(Klimeś ve Popela, 2010)
Optimizasyon	Kısıtlı Sulama Şartları Altındaki Tek Amaçlı Rezervuar Sulama Projelerinin Parçacık Sürü Algoritmalarıyla En Uygun Yönetilmesi	(Bazargan, Hashemi, Mousavi ve Sabzi, 2011)
Optimizasyon	Bio-hidrojenize edilmiş Dizel Yakıt Prosesinin OptimizasyonunuTekno Ekonomik Analizi	(Tawai ve Siemanond, 2018)
Optimizasyon	Sürdürülebilir Ulaşımda Önemli bir Yere Sahip olan Bisikletin GAMS Küme Kapsama Modeli ile Konumlandırılması: Gebze Teknik Üniversitesi Örneği	(Sezen ve Erben, 2019)
Optimizasyon	Direkt Akım Dağıtımlı Radyal Ağ Yapısında En Uygun İletkenin Seçilmesi	(Montoya, Gil-González ve Grisales-Noreña, 2021)
Optimizasyon	Endüstrilerdeki Entegre Tedarik Zincir Ağları için En Özgün Optimizasyon Tekniği	(Divya Singh, Garjan, Singh ve Bhardhwaj, 2021)

2.3.3. İnşaat Sektöründe GAMS Algoritması Uygulamaları

Son yıllarda, GAMS algoritmaları tüm branşlardan bilim ve mühendislik alanındaki optimizasyon problemlerini çözmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tablo 2.10 ve Tablo 2-11 'de görülmekte olduğu gibi literatürde diğer mühendislik dallarının yanı sıra inşaat mühendisliğinin birçok alanında muhtelif başarılı uygulamaları görülmektedir.

Tablo 2-10 İnşaat Sektöründe GAMS Algoritması Uygulamaları (1990-2016)

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Optimizasyon	Düzlem Çerçevelerindeki Plastik Limit Analizi için Bir GAMS Modeli	(Tin-Loi, 1993a)
Optimizasyon	Plastik Limit Analizi, Matematiksel Programlama ve GAMS	(Tin-Loi, 1993b)
Optimizasyon	Kısmi Çoğul Beceri Sahibi İş Gücünün Görevlendirilmesi ve Paylaştırılmasının Optimizasyonu	(Gomar, Haas ve Morton, 2002)
Optimizasyon	İnşaat Mühendisliğinde Lineer Olmayan Karışık Tamsayılı Programlama Optimizasyonu	(Šilih, Žula ve Kravanja, 2007)
Optimizasyon	En Uygun Maliyetli Proje Planlama	(Klan ve Der, 2008)
Optimizasyon	Büyük Ölçekli, Çok Kaynaklı Su Tedarik Sistemlerinin İşletme Optimizasyonu	(Vieira ve diğerleri, 2011)
Optimizasyon	Dinamik Şantiye Yerleşimi Planlanması için Bir Matematiksel Model	(Andayesh ve Sadeghpour, 2013)
Optimizasyon	Köprü Yönetiminde Şebeke Seviyesindeki Proje Seçme Problemlerinin Çok Amaçlı Optimizasyonu	(Bai, Labi, Sinha ve Thompson, 2013)
Optimizasyon	İnşaat Mühendisliğinde Yapıların Maliyet Optimizasyonu	(Kravanja ve Žula, 2013)
Optimizasyon	Demiryolunun Koşul Bazlı Bakım Modelinin Stokastik Bozulması	(Vale ve Ribeiro, 2014)

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Optimizasyon	Büyük Ölçekli Alt Yapı Şebekelerinde Sermaye Yenileme Optimizasyonu: Gelişmiş Matematiksel Araçlara Karşı Genetik Algoritma	(Rashedi ve Hegazy, 2015)
Optimizasyon	Kanalizasyon Sistemlerinde En Uygun Boru Tasarımı ve Yerleşiminin Höristik Optimizasyon Modeli	(Steele, Mahoney, Karovic ve Mays, 2016)
Optimizasyon	Coimbatore'nin Güney Bölgesinin Entegre Belediye Katı Atık Yönetiminin İncelenmesi ve Optimizasyon Modeli	(Sivaraj, 2016)

Tablo 2-11 İnşaat Sektöründe GAMS Algoritması Uygulamaları (2017-2021)

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
Optimizasyon	İnşaat Projelerinde Risk Müdahale Stratejilerinin Seçilmesi için Bir Matematiksel Model: Saba Kulesi Vaka Çalışması	(Cheraghi, Khalilzadeh, Shojaei ve Zohrehvandi, 2017)
Optimizasyon	İnşaat Mühendisliğinde Lineer Olmayan Karışık Tamsayılı Programlama	(Kravanja, 2018a)
Optimizasyon	Bir Çelik Savağın Berkitme Çemberi İle Optimizasyonu	(Kravanja, 2018b)
Optimizasyon	Kirişlerin Üretim Kaynaklı Sürdürülebilirlik Kârının Optimizasyonu	(Žula ve Kravanja, 2018)
Optimizasyon	Mühendislik Sistemlerinin Sürdürülebilir Sentezi ve Optimizasyonu	(Bogataj, Čuček, Žula, Kravanja ve Kravanja, 2018)
Optimizasyon	Kanalizasyon Boru Hatlarının Teftiş Planlamasında Çok Amaçlı Bir Optimizasyon Modeli	(Elmasry, Zayed ve Hawari, 2019)
Optimizasyon	Dinamik Proje Planlanması Problemi ve Reaktif Planlamanın Uygulanması için Bir Matematiksel Model	(Ruhlusaraç, 2020)
Optimizasyon	Birden Çok İnşaat Projesinde En Uygun Alt-Taşeronun Seçilmesi ve Atanması:	(Afshar, Shahhosseini ve Sebt,

Kategori	Konu Başlığı	Referanslar
	Proje Portfolyo Planlama Uygulaması	2020)
Optimizasyon	Sel Suyu Yönetim Planlamasında Yeşil Alt Yapı Uygulamalarını Kullanan Bir Maliyet Optimizasyon Aracı	(Ellis, O'Donnell ve Vasconcelos, 2020)
Optimizasyon	Şantiye Yerleşim Optimizasyonu ve Bunun İnşaat Projelerinin Maliyeti Üzerindeki Etkisi	(Javad, Amiri, Hematian, Haghighi ve Barforooshi, 2021)
Optimizasyon	GAMS Kullanarak Şebeke Seviyesindeki Yol Kaplama Bakım Optimizasyon Yaklaşımı	(Rejani, Sunitha, Mathew ve Veeraragavan, 2021)
Optimizasyon	Deterministik Yaklaşım Kullanarak Su Dağıtım Ağlarının Optimizasyonu	(Cassiolato, Carvalho, Caballero ve Ravagnani, 2021)

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamındaki risk başlıkları, son 20 yıldaki "Yargıtay'da yer alan İnşaat Eser Sözleşmelerinden" kaynaklanan davalara ilişkin nihai kararlardaki risk olaylarının görülme sıklığına dayandırılmıştır.

Sözleşme taraflarının sözleşmedeki sorumluluk ve yükümlülükleri çıkartılarak proje süresince taraflar için risk unsurlarının neler olduğunun belirleneceği sözleşme risk zinciri "Ana Sözleşme Risk Kütüğü" adı altında oluşturulmuştur. Ayrıca buna ek olarak Tablo 4.6 "Standart Sözleşme Risk Olayları" tablosu da oluşturularak inşaat sözleşmelerindeki standart risk olayları ve bu risklere karşı risk önleme/müdahale planı oluşturulmuştur.

Risk yönetimi; riskleri belirleyebilmek, hangi risklerin önemli olduğuna karar verebilmek ve bu risklerle uğraşmak için gerekli stratejilerin uygulanmasını destekleyecek proaktif kararların ve aksiyonların alınmasını sağlayacak disiplinin ve ortamın kurulmasını tanımlamaktır. Risk yönetimi, tüm iş sektörlerinde kullanılabilir. Literatürde risk yönetimi için birçok kaynak bulmak mümkündür. Bazıları sözel, bazılarıysa sayısal risk yönetimi içindir (Yakın Cenkler, 2006).

Risk yönetiminde hangi çalışma programı tercih edilecek olursa olsun, tüm risk yöneticileri bir ***risk kütüğü*** geliştirip risklerin olası ve muhtemel tüm sonuçlarını ölçerek rasyonel kararlar almak ve bunları yetkili mercilerle paylaşmak isterler. Çünkü eldeki veriler, birçok açıdan geleneksel olasılık standartlarına ve trend analizlerine tam olarak uygun ve güvenilir değildir. Bu yüzden, karar vericilere yardımcı olmak amacıyla tatmin edici başka ölçme modellerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Risk= ihtimal x etki denkleminden yararlanılarak, **ihtimal**; inşaat sözleşme problemlerine ilişkin analiz edilmiş Yargıtay karar dosyalarından elde edilip, **etki** ise sözleşme sorumluluk ve yükümlülük tablosundan oluşturulmuştur. Ana Sözleşme Risk Kütüğü tablosundaki risk maddeleri PMBOK Kılavuzu Altıncı Baskıdaki Risk Tehdit Stratejilerine göre taşıma,

kaçınma, kabul, devir ve azaltma maddeleri ile risk sayısallaştırma yapılarak veri tablomuz elde edilmiştir.

Risk yönetimi sırasında, yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayabilmek için riskin sayısallaştırılması üzerinde durulmuştur. Ayrıca sigorta başlıkları projenin nevi'ne göre arttırılabilir. Özellikle risklerle daha çok karşılaşacak olan yükleniciler olduğu için yüklenici bakış açısı tercih edilmiş olup olumsuz riskler baz alınmıştır.

Risk Tehdit Stratejilerine göre taşıma, kaçınma, kabul, devir ve azaltma maddeleri ile risk sayısallaştırma yapılarak hazırlanmış olan veri tablomuz yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayacak sezgisel çözüm algoritmalarındaki gibi bir yapıda minimum noktasına ulaşma/yaklaşma amacıyla etki dağılım matrisi oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu etki dağılımından rastgele seçimler yapılarak minimum fonksiyonuna ulaşılmaya çalışılmıştır.

Doktora tezinin esas modelinin konusunu oluşturan sezgisel (höristik) araştırma teknikleri ve optimizasyon algoritmaları arasından birçok yöntem araştırılmıştır. Sezgisel optimizasyon algoritmaları her zaman en doğru sonucu vermeyi garanti etmemek ile birlikte, algoritmanın çalışması sonlanınca çözüm için bir öneride bulunarak en iyiyi, uygunu bulmayı amaçlar.

Son yıllarda doğadan esinlenerek oluşturulmuş modern sürü zekalı optimizasyon algoritmaları daha popüler hale gelmiştir. Bugüne kadar doğadan esinlenerek oluşturulmuş ve değiştirilmiş yapay arı kolonisi, bakteriyel besin arama gibi çok sayıda optimizasyon algoritması mevcuttur. Bunların içinde en fazla bilinenler olarak: genetik algoritma, yapay arı kolonisi ve parçacık sürü algoritmaları sayılabilir. Bu optimizasyon algoritmalarının bazı eksiklikleri ve zayıf yönlerine karşı daha modern algoritmalar ve iyileştirmeler gün geçtikçe artarak geliştirilmeye devam etmektedir.

Söz konusu modern algoritmalardan biri de ateşböceği optimizasyon algoritmasıdır. Ateşböceği algoritması, parçacık sürü algoritmasının tüm parçacıkların en iyiye yönelmesini daha ağırlıklı ve sınırlı yapılabilmesi için geliştirilmiş sürü zekâlı bir algoritmadır.

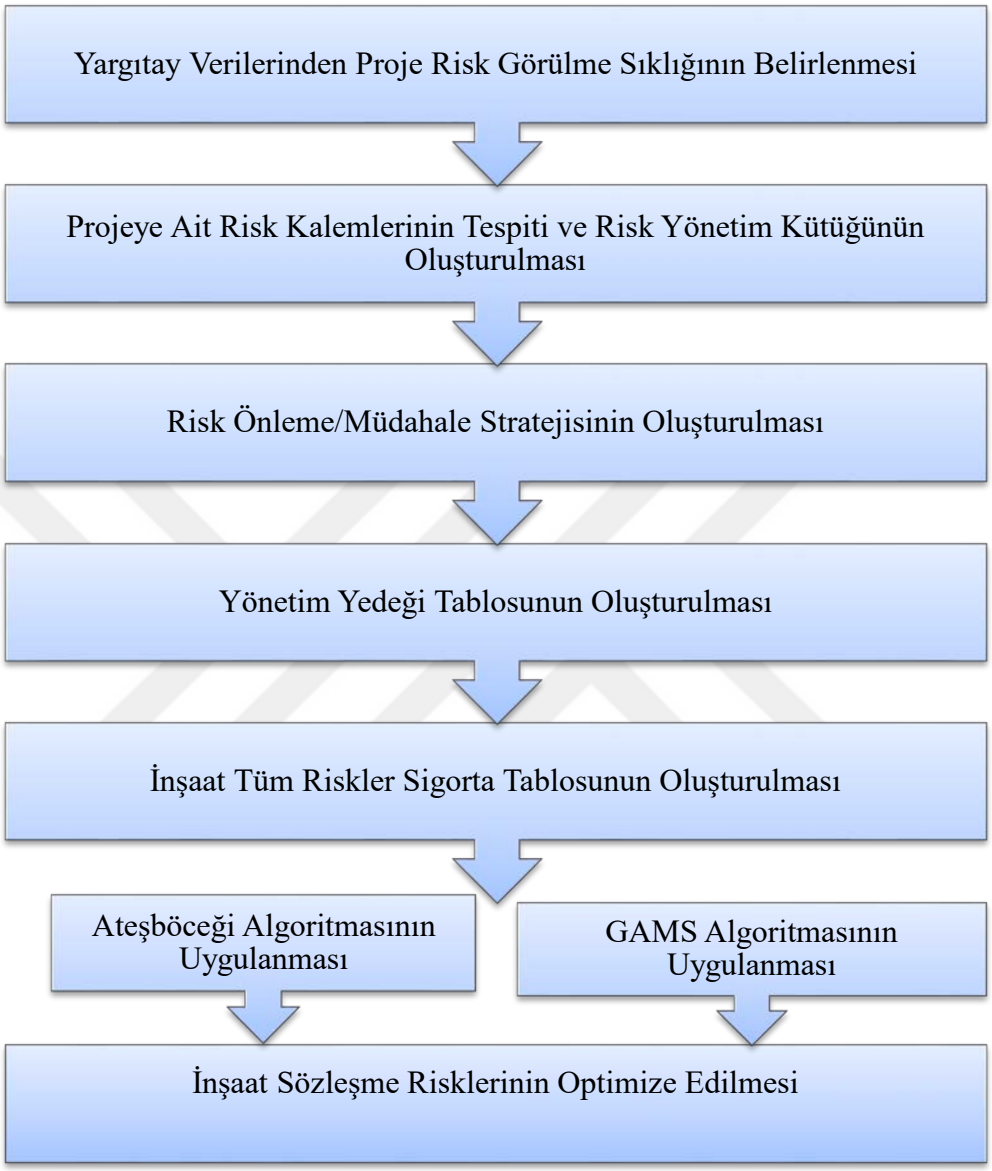
2008 Yılında Xin-She Yang tarafından geliştirilmiş, sürü tabanlı sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Ateşböceklerinin parlaklığa duyarlı sosyal davranışlarını ele alarak

geliştirilmiştir. Algoritma ateşböceklerini cinsiyet olmadan ele alır. Tüm ateşböcekleri birbirlerine yönelebilirler. Daha parlak olan ateşböcekleri daha çekicidir. Daha az parlak olan ateşböcekleri çekici olan ateşböceklerine doğru yönelir. Parlaklık etkisi uzaklık arttıkça azalacağı için daha uzaktaki ateşböcekleri uzaktaki parlak ateş böceklerinden daha az etkilenir. Ayrıca bir ateşböceği eğer kendinden daha parlak bir ateşböceği bulamazsa rastgele hareket gerçekleştirir.

Işık şiddeti optimizasyon algoritmasının uygunluk (amaç) fonksiyonu olarak kullanıldığında daha az parlak olanın parlak olana yönelmesi uygun veya en iyiyi bulma sonucunu doğurmaktadır. Işık, hava gibi bir ortamda yayılırken emilime uğramakta ve yayıldıkça şiddeti azalmaktadır. Hava gibi durumu değişkenlik (sisli, bulutlu gibi) gösteren bir ortam için kullanılan algoritmanın ışık soğurma parametre değeri de değişkenlik göstermelidir.

Söz konusu tez kapsamında oluşturduğumuz inşaat sözleşme risk optimizasyonu probleminin çözümünde kullandığımız meta-sezgisel yöntemlerden olan Ateşböceği Algoritmasının Matlab'de kodlanmış hem örnek problemlerde hem de tezde kullanılan örnek problem verilerinde uygulanmıştır.

Son olarak problem GAMS programında modellenmiş ve inşaat sözleşme risk optimizasyonu probleminin çözümünde matematiksel model kodları uygulanmıştır. Tezde izlenen adımlar Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3-1 Tez Çalışmasında Uygulanan Yöntem

3.1.1 Meta-Analiz Yöntemi

Son yıllarda teknolojinin artmasıyla birlikte bilimsel yayınlara ulaşım kolaylığı sayesinde bilimsel çalışma sayıları artış göstermektedir. Literatürde yer alan çalışmalarda benzer yönde fakat niceliksel olarak farklı sonuçların edilmesine ek olarak farklı yönde sonuçların bulunduğuna da sıklıkla rastlanmaktadır.

Aynı konuda yapılmış farklı araştırmaların sonuçlarının birbiriyle farklı ya da çelişkili olması, sorulan araştırma sorusuna verilmesi gereken cevabın ne olacağı konusunda bir netlik sağlamamaktadır. Zaman içerisinde bu farklılıkları inceleyerek nedenlerini ortaya koyabilmek ve tüm bu çalışmalardaki araştırma sorusuna ortak bir cevap bulabilmek için yeni yöntem arayışına girilmiştir.

İlk kez 1904 yılında Pearson "Report on Certain Enteric Fever Inoculation Statistics" isimli makalesinde İngiliz askerlerinin aşılama oranı ile tifo mortalitesi arasındaki korelâsyonlardan yola çıkarak bazı önemli metodolojik sorunları ortaya çıkarmıştır. 1954 yılında Cochrane bağımsız çalışmalarda elde edilen sonuçların ortalamasının alınabileceği yöntemleri tartışmıştır.

"Meta-analiz" terimi ilk kez Glass tarafından 1976 yılında *"Primary, Secondary and Meta-Analysis of Research"* isimli makalesinde kullanılmıştır.

Glass, yapılan bilimsel araştırmada;

- İstatistiksel yöntemler kullanılarak araştırma sorusuna cevap arandığı analizi ***birincil analiz***,
- Eski veriler ile yeni soruları cevaplamak veya daha gelişmiş istatistiksel yöntemler kullanılarak araştırma sorusuna cevap aramak için kullanılan yöntemi ise ***ikincil analiz*** olarak tanımlamıştır.

İkincil analizin ortaya çıkması ile orijinal verilerin korunmasının önemi artmıştır. Glass, meta-analiz ifadesini daha geniş türde yapılan analiz olarak öne sürmüştür.

Meta-analiz, kelime olarak ***analizlerin analizi*** anlamına gelmektedir ve bireysel çalışmalardan elde edilen bulguları birleştirmek amacıyla analiz sonuçlarının toplanarak istatistiksel olarak analiz edilmesidir (Umaroğlu, 2020).

Meta-analiz, aynı konuda yapılmış çalışmaların sonucunda tutarsızlık varsa, örneklem genişliği bir etkiyi ortaya çıkarmada yeterli olmadığında ya da bir araştırmacının yapması için çok geniş olması nedeniyle çok pahalı ve uzun sürmesi yüzünden gerçekleştirilen niceliksel bir yeniden inceleme çalışmasıdır (Yıldız ve Tez, 2009).

Meta-analiz,

- ilaç şirketleri tarafından ilaçların etkinliğinin araştırılması ve hangi ilacın daha etkili olduğunun belirlenmesi,
- kriminolojide kriminal davranışların azaltılması için kullanılan çeşitli programların etkinliğinin karşılaştırılması,
- psikoloji alanında kişilik ve davranış testlerinin birleştirilmesi,
- eğitim alanında uzaktan eğitim ve sınıf içi eğitimin karşılaştırılması

gibi farklı alanlarda birçok sorunun tek bir cevabına ulaşabilmek için kullanılan bir yöntemdir.

Meta Analizinin Amacı

Meta analizin amacı aşağıdaki başlıklarla sıralanabilir.

- Bir etkinin varlığını ortaya çıkarmak ve büyüklüğünü belirlemek.
- Tek bir analizin verdiği sonuçlardan daha güvenilir ve etkin sonuçlar vermek.
- Bilimsel yazılardaki tutarsızlığı değerlendirmek ve nedenini incelemek.
- İstatistiksel anlamlılığı artırmak.
- Çalışma başında düşünülmeyen yeni sorulara yanıt bulmak.
- Çalışmalar arası heterojenliği araştırmak, kaynaklarını bulmak.
- Elde edilen bulgulardan yola çıkarak yeni araştırma konularını tespit etmek.

Meta analiz genelde aşağıdaki aşamalarla gerçekleştirilir.

- İyi düzenlenmiş bir soru
    - Doğru sorulmuş bir soru analiz sürecinin daha iyi planlamasını ve yazının daha sağlıklı şekillenmesini sağlar.
    - Çalışmanın konuları nelerdir?
    - Çalışma yeni çalışmalara rehberlik edecek mi?
    - Çalışmanın geniş kitlelerde geçerli sonuçları var mı?
- Literatür taraması
    - Basılı literatür, basılmamış literatür, tamamlanmamış araştırma raporları ve çalışmaları
    - Geriye dönük arama: Yayının faydalandığı kaynaklara erişim
    - İleriye dönük arama: Yayına atıfta bulunan kaynaklara erişim
- Literatürün değerlendirilmesi
    - Çalışma meta analizi için uygun mu?
    - Hangi bilgiler bizim için gerekli hangisi değil?
- Çalışmaların birleştirilmesi ve analize uygunluğunun test edilmesi
    - Ortak ölçüler neler?
    - Çalışmalar homojen mi?
    - Hangi tip model kullanılmış? Sabit etkili model mi? Rastgele etkili model mi?
    - Hata veya yanlılık var mı?
    - İstemediğimiz sonuçları elde eden yayınların çalışmadan çıkarılması
- Yayımlama
    - Verilerin özet istatistiklerinden faydalanarak veri yapıları hakkında bilgi edinme
    - Çalışmanın uygunluğunun test edilmesi
        - Duyarlılık analizi

- Yayımlama yanlılığı

- Meta analizinin analiz aşaması bittiği zaman sonuçların raporlanması gerekir.

Özet çalışmanın iyi tasarlanıp tasarlanmadığı, yanlılık olup olmadığı bilgisini içermelidir.

İkincil Analiz

- Meta-Analiz ikincil analiz ile karıştırılmamalıdır.
- İkincil analiz aynı araştırma sorusuna yanıt aramak amacıyla araştırma verilerinin daha üst düzey istatistik süreçlerle yeniden çözümlenmesi ya da eski verilerle yeni sorulara yanıt arama işlemidir.
- Meta-analiz ise analizlerin analizidir. Bulguların birleştirilmesi amacıyla bireysel çalışmalardan derlenmiş geniş bir analiz kümesinin istatistiksel analizidir.
- Geçmiş yıllarda aynı konu üzerine yapılan çalışma sayısının az olması nedeniyle böyle bir analiz ihtiyacı olmayıp günümüzde aynı konu üzerine yapılan çalışma sayısının artması ile birlikte meta analizine hemen her bilim dalında ihtiyaç duyulur hale gelmiştir.

Meta-Analizinde Kullanılan Yöntemler

- Veri analizi için yöntemler benzer olsa da istatistiksel testlerin detayları ve yorumları farklılık göstermektedir.
- Sonuçların birleştirilmesi için çalışmalardaki değişim kaynakları tespit edilir ve bu değişim kaynaklarına uygun modeller seçilip bu modellere uygun olan istatistiksel yöntemler birleştirilerek meta-analizi ile sonuçlar birleştirilir.
- Sabit etki modeli (fixed effect model)
- Rastgele etki modeli (random effect model)

Sabit Etki Modeli

- Her bir çalışmanın aynı etkiyi tahmin etmesidir. Burada bulunan genel etki büyüklüğü aynı zamanda özet etki büyüklüğüdür.
- Bu modelde bir girişim etkileşim göstermez. Çalışmadan çalışmaya sabit kalır.
- Uygulanan yöntemler elimizde var olan çalışmalardaki ortalama için bir fayda sağladı mı? Sorusunun cevabı aranır.
- Çok sayıda faktör içeren modelden ilgilenilen j tanesi keyfi olarak seçilirse model sabit etki modelidir.

Etki büyüklüğü tahminlerini birleştirmede heterojenliği kabul etmemektedir.

- Gerçek etki büyüklüğünün tanımlanmış olduğu varsayımı bulunmaktadır ve çalışmalar arası etki büyüklüklerindeki değişimin tek nedeni örnekleme hatasından veya etki büyüklüğü tahminindeki hatadan kaynaklandığı düşünülür.
- Büyük çalışmalara ait etki büyüklüğü hakkında daha iyi bilgiye sahip olunduğundan küçük çalışmalar hakkındaki bilgiler çoğunlukla görmezden gelinebilir.
- Çalışmalar arası değişkenliği modellemede 2 yöntem mevcuttur.
    - ANOVA'ya meta-analitik yaklaşım
    - Regresyona meta-analitik yaklaşım

Rastgele Etki Modeli

- Gerçek etki büyüklüğünün çalışmadan çalışmaya değişkenlik gösterdiği varsayımı bulunmaktadır.
- Özet etki büyüklüğü bu örneklemdeki etki büyüklüğünden tahmin edilen ortalama etki büyüklüğüdür.
- Rastgele etki büyüklüğünde amaç tek bir tane gerçek etki büyüklüğü hesaplamak değil, etkilerin dağılımından bir ortalama etki büyüklüğü değeri tahmin etmektir.

- Küçük çalışmanın vereceği tahmin belirsiz olsa da diğer çalışmalarda olmayan o çalışmaya özel bir değerdir ve dikkate alınmalıdır. Benzer şekilde büyük çalışmalarda daha fazla ağırlıklandırılmazlar.
- Sabit etki modelinde örnekleme ve tahmin hatası belirsizliğin kaynağı iken rastgele etki modelinde buna ek olarak çalışmalar arası varyanstan kaynaklanan bir hata da söz konusu olabilir.
- Rastgele etki modelinde özet etki büyüklüğü için varyans, standart hata ve güven değerleri daha büyük ve geniştir.
- Çok sayıda faktör düzeyinden rastgele j tanesi seçilirse model rastgele etki modelidir.
- Çalışmalar arası değişkenliği modellemede 2 yöntem mevcuttur.
    - Momentler yöntemi
    - Maksimum benzerlik yöntemi (Umaroğlu, 2020)

Meta-analizinin Uygulama Aşamaları Nelerdir?

Bir meta-analizinin yürütülmesi, genel olarak aşağıdaki aşamaları içerir.

1. Problemi tanımlama,
2. Meta-analizine bireysel çalışmaları dâhil etme kriterlerini belirleme,
3. Bireysel araştırmaları elde etme,
4. Meta-analiziyle ilişkili karakteristiklere göre her bir çalışmayı kodlama ve sınıflandırma,
5. Bireysel çalışmaların bulgularını birleştirme,
6. Meta-analizinin karakteristikleriyle birleştirilmiş bulguların ilişkisini kurma,
7. Meta-analizinin bulgularını rapor etme.

Bir Meta-analizi Çalışmasını Değerlendirme

Yayınlanmış her bir meta-analizi en azından şu temel sorulara yanıtları içermelidir.

1. Çalışmalar nasıl bulunmuştur?

2. Çalışmalar nasıl seçilmiştir?
3. Çalışmaların ayırıcı yönleri, meta-analizini haklı çıkarmak için yeterince benzer midir?
4. Çalışmalar ne kadar iyi tasarlanmış ve uygulanmıştır?
5. Çalışmaların bulguları, onları birleştirmeyi haklı çıkarmak için yeterince tutarlı mıdır? (Akgöz Semra, Ercan İlker, 2004).

3.2 VERİ İŞLEMEDE KULLANILAN ARAÇ VE YAZILIMLAR

3.2.1 Ateşböceği Optimizasyon Algoritması İle Önerilen Modelin Oluşturulması

3.2.1.1 Ateşböceği Algoritması

Son yıllarda doğadan esinlenerek oluşturulmuş olan ve özellikle sürü zeka tabanlı olan meta-sezgisel algoritmalar, çok kısa zaman içerisinde literatürü önemli ölçüde genişleterek ve muhtelif uygulama çeşitliliğine ulaşarak çok dikkat çekmektedir. Bu algoritmalar arasında başı çeken Ateşböceği Algoritması ise ilk olarak Xin-She Yang tarafından 2007 yılının sonlarına doğru geliştirilmiş olup 2008'de yayınlanmıştır.

Ateşböcekleri, doğada yaklaşık iki bin türü bulunan, sıcak ve tropik bölgelerde yaşayan kısa ve ritmik ışık saçan bir böcek türüdür. Ateşböcekleri kimyasal olarak soğuk ışık oluşturabilme kabiliyetleri sayesinde karşı cinsi etkileyerek üreme, avlanma ve düşmanlarından korunma gibi eylemleri yerine getirmektedir. Ateşböceği optimizasyon algoritması eniyileme yapan sürü zekalı yaklaşımlardan biridir. Bu algoritma, doğadaki ateşböceklerinin çekiciliğine bağlı olarak birbirlerine veya rastgele bir yöne doğru hareket etme prensibini temel alarak çalışmaktadır (X.-S. Yang, 2014).

3.2.1.2 Klasik Ateşböceği Algoritması

Ateşböceği algoritması, ateşböceklerinin parlaklığa duyarlı sosyal davranışları ele alarak geliştirilmiştir. Algoritmayı daha kolay ve anlaşılır oluşturabilmek için üç adet varsayım kural kabul edilmektedir.

- Algoritma ateş böceklerini cinsiyet olmadan ele alır. Tüm ateşböcekleri cinsiyetsiz kabul edilir. Yani tüm ateş böcekleri birbirlerine yönelebilirler.
- Çekicilik ateşböceğinin parlaklığı ile ilgilidir. Bu şekilde iki adet ışık yayan ateşböceğinden daha sönük ışığa sahip olan parlak olana doğru hareket eder. Parlaklık aradaki uzaklığa bağlı olarak değişir. Eğer parlaklık seviyesi eşit ise rastgele hareket meydana gelmektedir.
- Parlaklık görünümü uygunluk (amaç) fonksiyonu ile belirlenir. En parlak olanı en iyi olarak kabul eden bir uygunluk fonksiyonu vardır (X.-S. Yang, 2014).

Ters kare yasasına göre bir ışık kaynağından (l_s) , r uzaklıkta elde edilen ışık şiddeti, ($I(r)$) 3.1 denklemiyle ile hesaplanır.

$$l(r) = l_s/r^2 \tag{3.1}$$

Bir ortamda ışık yayılırken, ışık şiddeti belli bir miktar emilime uğrar. Bu yüzden sabit bir ışık emilim katsayısı (γ) dikkate alındığında 3.2 denklemi elde edilmiş olmaktadır. I_0, $r=0$ olduğundaki ışık kaynağının şiddetidir. Sıfır sayısına bölünmede 3.1 denkleminin tanımsız durumunda olmaması için mesafe yaklaşık gauss dağılımı şeklinde yazılabilir.

$$l(r) = I_o e^{-\gamma r^2} \tag{3.2}$$

Böylece ateşböceğinin çekiciliği 3.3 denklemi ile hesaplanmaktadır. Çekicilik, aradaki mesafeye bağlı olarak değişmektedir. β_0 bir ateşböceğinin diğer komşu ateşböceğine aradaki mesafe $r=0$ olduğundaki çekicilik miktarıdır. $\beta(r)$ ise β_0 çekiciliğe sahip ateşböceğinin r mesafedeki çekicilik miktarıdır.

$$\beta(r) = \beta_o e^{-\gamma r^2} \tag{3.3}$$

i ve j iki ateşböceği ve iki boyutlu düzlemde sırasıyla konumları $X_i(x_i,y_i)$ ve $Xj(x_j,y_j)$ olsun. Aralarındaki mesafe (r_{ij}) Öklid bağıntısı yani 3.4 denklemi vasıtasıyla hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \sqrt{\left(x_{i,1} - X_{j,1}\right)^2 + \left(x_{i,2} - X_{j,2}\right)^2} \tag{3.4}$$

Böylece daha çekici ve parlak (j) olana doğru yönelmiş bir ateşböceğinin (i) yeni konumu (Xi) 3.5 denklemi gibi hesaplanmaktadır.

$$x_{i=}\, x_{i+}\, \beta_o e^{-\gamma r_{ij}^2}(\, x_{j-}\, x_{i)} + \, a(rand - \frac{1}{2}) \quad (3.5)$$

Eşitlikteki, α ∈ [0,1] aralığında sabit bir değer alan katsayı parametresidir. rand ise [0,1] arasında rastgele bir değer almaktadır. B_0 ise temel cazibe katsayısı olup genellikle $B_0=1$ olarak değer almaktadır (Aydilek, 2017).

Ayrıca Şekil 3.2'de Ateşböceği Algoritmasının Akış Diyagramı görülmektedir.

Ateşböceği Algoritmasının Sözde (Pseudo) Kodu

Amaç Fonksiyonu $f(x)$, $x = (x_1, ..., x_d)^T$.

n ateşböceğinin başlangıç popülasyonunun oluşturulması x_i (i = 1, 2, ..., n).

Işık yoğunluğu I_i, $f(x_i)$'den belirlenir.

Işık emilim katsayısı tanımlanır γ.

while (t <Maxjenerasyon),(durdurma kriteri)

for i = 1 : n (tüm ateşböcekleri için)

for j = 1 : n (tüm ateşböcekleri için)(iç halka)

if ($Ii < Ij$)

Ateşböcekleri i'den j'ye doğru gider.

end if

Çekicilik çeşitliliği uzaklık (r)ile exp[$-\gamma r2$] ile değişir.

Yeni sonuçlar değerlendirilir ve ışık yoğunluğu güncellenir.

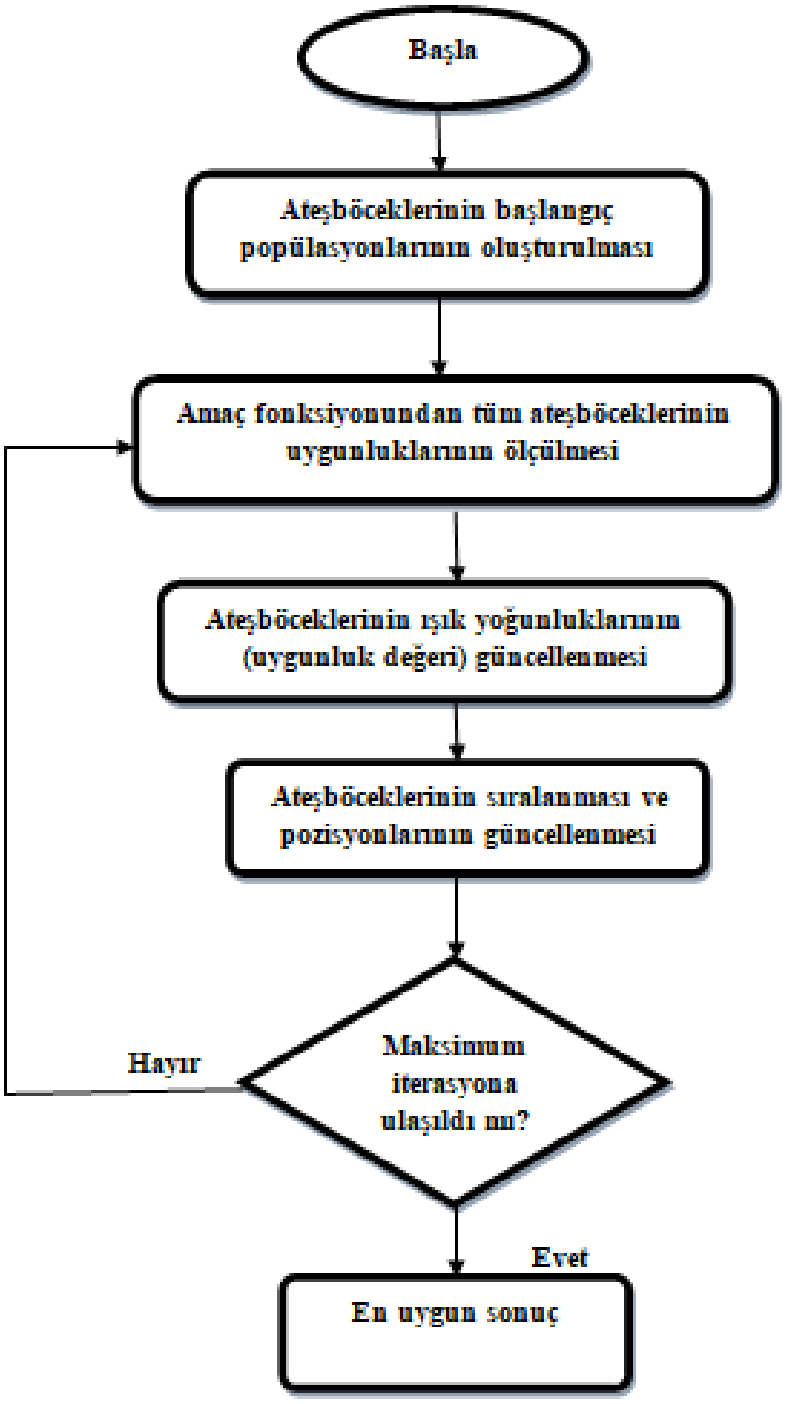
end for j

end for i

Ateşböcekleri sıraya konulur ve güncel global en iyi bulunur ($g*$)

end while

Son işlem sonrası sonuçlar ve görüntüleme



Şekil 3-2 Ateşböceği Algoritmasının Akış Diyagramı

3.2.2 GAMS Optimizasyon Algoritması ile Önerilen Modelin Oluşturulması

Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS), matematiksel programlama problemlerine uygun olan yüksek seviyeli bir modelleme sistemidir. Genel bakış olarak 237 derleyici ve yüksek performanslı kararlı çözücülerden oluşan dilsel çözüm yaklaşımlarını içermektedir. GAMS, karmaşık, büyük ölçekli modelleme uygulamaları için özel olarak hazırlanmıştır ve yeni durumlara çok hızlı bir şekilde uyum sağlayabilecek büyük, bakım yapılabilir modellerin geliştirilebilmesine izin verir.

GAMS paketi, özellikle modelleme, lineer, lineer olmayan ve karışık tamsayılı programlama problemleri için tasarlanmıştır. Geçerli GAMS lisansı olmadan, sistem (50'ye yakın ayrık değişkenler de dahil olmak üzere) toplam 300 değişken ve 300 kısıtlarıyla ücretsiz demo sistemi olarak sınırlı bir şekilde çalışabilmektedir (Sarker, Ruhul A., 2008).

Cebirsel modelleme dilleri (CMD), ilk olarak GAMS, LINGO ve MP model olarak 1970'li yılların sonlarında, 1980'lerin başında (optimizasyon problemlerini çözme amaçlı, bildirime dayalı diller olarak) ortaya çıkmıştır.

Cebirsel modelleme dilleri, değişkenler arasındaki kısıtlamaları ve ilişkileri (eşitlik ve eşitsizlik) devam ettirir, verileri ve matematiksel nesneleri bir çözücüyle birleştirir, fakat optimizasyon probleminin nasıl çözüleceğine dair bilgi içermez.

Cebirsel modelleme dilleri, 1980'li yılların başlarından beri matematiksel optimizasyon topluluğunda ve piyasada kullanılan optimizasyonda önemli bir rol oynamaktadır ve hala günümüzde de önemini korumaktadır.

1950'ler ve 1960'larda Assembler ve Fortran LP modellerini kodlamıştır. Daha sonra o günlerdeki LP modellerin birçoğunu çözen ve endüstriyel model formülasyonun standardını oluşturan IBM'in LP çözücüsü olan matris üreteci MPSX sektördeki yerini almıştır.

GAMS'in, ilk versiyonu Dünya Bankası'nda 1970'lerin sonlarına doğru Alexander Meeraus ve Jan Bisschop tarafından geliştirilmiş olup 1982'de kamuya mal olmuştur (Kallrath, 2012).

Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS), endüstriyel uygulamalar veya uygulamalı bilimler ve matematik alanlarındaki akademik araştırmalar için elverişli olan en güçlü eniyileştiricilerden (optimizer) biridir. Akademik uygulamalarda tam versiyon lisans ödemesi yapıldıktan sonra temin edilebilir, aksi takdirde değişken sayıları ve çözümleyicilerinde bazı sınırlandırmalar olan demo versiyon kullanılabilir.

Matematiksel Optimizasyon Modellerini Uygulamak için GAMS'i Kullanmanın Başlıca Avantajları

- Yüksek bilgisayar kapasite özellikleri gerekli değildir.
- İndirilmesi ve yüklenmesi kolaydır.
- İyi el kitapçıkları, kullanım kılavuzları ve birçok kitapta çok yönlü örnekleri mevcuttur.
- Demo versiyonunda 50'den fazla, farklı uzmanlaşmış çözücü vardır.
- Diğer kombinasyonlar arasında devamlı, ayrık veya iki elemanlı değişkenleri dikkate alan lineer veya lineer olmayan modelleri çözmek mümkündür.

GAMS'te Bir Optimizasyon Problemini Çözmek için Gereken Komutlar

1. Karar değişkenlerini bazı tanımlamaları kullanarak belirleyin: ***Değişkenler, tam sayı değişkenler, pozitif değişkenler veya iki elemanlı değişkenler.*** Değişken tiplerinin seçimi, optimizasyon programının türüne bağlıdır, örneğin çift elemanlı programlama modelleri veya karışık tam sayılı lineer olmayan modeller.

2. ***equations*** *komutunu* kullanarak gerekli denklemler kümesini belirleyin. Önce denklemlerin isimleri belirlenir ve daha sonra onların matematiksel ifadeleri yazılır.

Denklem ve eşitsizlikleri tanımladıktan sonra amaç fonksiyonu ve eşitsizlikler yazılabilir.

GAMS'de ilişkisel operatörler aşağıdaki şekilde tanımlanır.

= için = e = eşittir
≤ için = l = küçüktür ya da eşittir
≥ için = g = büyüktür ya da eşittir

3. Modelin ismini seçin. Modeli GAMS'de tanımladıktan sonra modelin çözümü için gerekli komutları vermemiz gereklidir. Bunun için öncelikle modelimize bir isim vermeliyiz. Örneğimizin adı "ornek1" olursa modelimizin oluşturulması sağlanabilir.

model ornek1/all/

Bu komut gereksiz gibi gözükse de aslında ileri seviyede, bir GAMS modeli üstünden birçok model çalıştırmak isteyen kullanıcılar için çok kullanışlıdır.

- "/all/" ifadesindeki "/" işareti ile sınırlandırılan alana, modele dahil edilmesi istenen denklem ve kısıtlar yazılarak model sınırlandırılabilir.
- Bu özellik, aynı zamanda her fonksiyonun önce neden tanımlanması gerektiğini açıklamaktadır.
- Biz modelimizde tüm kısıtları kullanmak istediğimiz için "all" (tümü) komutunu kullanacağız.

4. Son olarak modeli çözmek için "solve" komutu çağrılır.

- "Solve" komutu
- Çözülmek istenen modelin adı
- "using" komutu, bu komut kullanmak istediğimiz yöntemi seçim şansı sunar.

Çözüm yöntemi; çözüm yönteminin model yapısına uygun seçilmesi gerekmektedir.

GAMS içinde bulunan bazı yöntemler şunlardır.
“lp” doğrusal programlama
“nlp” doğrusal olmayan programlama
“mip” tamsayılı programlama
“rmip” genişletilmiş tamsayılı programlama
“minlp” tamsayılı, doğrusal olmayan programlama
“rminlp” genişletilmiş tamsayılı, doğrusal olmayan programlama
“mpec” denge kısıtlı matematiksel modeller
“cns” kısıtlanmış nonlinear sistemler

5. Amacınıza göre “minimizing” veya “maximizing” komutu

6. Optimize edilmek istenen değişkenin adı
(bu örnekte “z”)

Solve ornek1 using lp maximizing z;

7.Özel amaçlı sözcük GÖSTER’i (DISPLAY) kullanarak ilgili değişkenlerin çözümünü gör (Montoya Giraldo, 2017) (Küçükkoç, 2020).

Tablo 3.1’de bir GAMS Modelinin temel bileşenleri detaylıca görülmektedir.

Tablo 3-1 Bir GAMS Modelinin Temel Bileşenleri

Girdiler	**Çıktılar**
• Sets ***(Kümeler)*** • Data: Parameters, table, scalars ***(Veri Girişi)*** • Variables ***(Değişkenler)*** • Bounds, initial values • Equations (equalities and inequalities) ***(Denklemler)*** • Model and solve statements ***(Model ve Çözüm İfadeleri)*** • DISPLAY / PUT statement (***Görüntüle)***	• Echo print • Reference maps • Equation listing • Variables listing • Status report • Results

1. ***Sets (Kümeler)***

SET küme adı açıklayıcı yazı(isteğe bağlı)
/ kümenin_ilk_öğesinin_adı açıklayıcı yazı(isteğe bağlı)
kümenin_ikinci_öğesinin_adı açıklayıcı yazı(isteğe bağlı) /;

Modelde verilen dört karar değişkeninin ayrı ayrı tanımlanmasına gerek yoktur. Bunun yerine bir X değişkeni tanımlanıp dört ayrı indis atanabilir.

GAMS modellerinde indisler "set" komutu ile tanımlanabilmektedir.
set i /1, 2 ,3 ,4/
Bu komut aynı sonucu verecek şekilde aşağıdaki gibi de yazılabilir.
set i /1*4/
Modeli bu şekilde açık olarak yazmak doğru olmasına rağmen, büyük kapsamlı modellerin yazımında problemler çıkabilmektedir.

alias komutu ise bir kümenin elemanlarını farklı bir isimdeki başka bir kümeye kopyalamak için kullanılır.

```
set
i   /1*5/
alias (i,j);
```

Her iki küme de (i,j) aynı elemanlardan oluşmaktadır(1,2,3,4,5)

2. *Data: Parameters, table, scalars (Veri Girişi)*

GAMS üç farklı formatta veri girişine olanak sağlar.

1. Liste ile

```
Parameters

     a(i)  capacity of plant i in cases
       /     seattle     350
             san-diego   600  /

     b(j)  demand at market j in cases
       /     new-york    325
             chicago     300
             topeka      275  / ;
```

2. Tablo ile

```
Table d(i,j)  distance in thousands of miles
                   new-york       chicago       topeka
    seattle           2.5            1.7           1.8
    san-diego         2.5            1.8           1.4  ;
```

3. Doğrudan atama ile

```
Parameter c(i,j)  transport cost in thousands of dollars per case ;
          c(i,j) = f * d(i,j) / 1000 ;
```

3. *Variables (Değişkenler)*

GAMS içindeki bir değişken optimize edilecek modelde veya çözümü aranan denklemlerde üzerinde oynanabilen sayısal bir büyüklük olarak tanımlanır. GAMS'te kullanılacak olan karar değişkenleri önceden tanımlanmalıdır.

positive variables x(i,j);
binary variables y(i);
variable z;

VARIABLES
x(i) **tamsayı karar değişkeni**
y(m) **ikili karar değişkeni**
z **amaç fonksiyonu;**

BINARY VARIABLE y;
INTEGER VARIABLE x;

4. Equations (equalities and inequalities) (Denklemler)

Equation kelimesi hem eşitlik hem de eşitsizlik durumları için kullanılır.

Toplama Formülü:
Sum belirteci ile gösterilir. Örneğin;
Sum (j, x(i,j))
Bu komut $\sum_j x_{ij}$'ye karşılık gelmektedir.
Çarpım Formülü:
prod komutu ile gösterilir.
prod(j, x(i, j))
Komutu aşağıdaki formüle karşılık gelmektedir.
$\prod_j X_{ij}$

**Denklemler model içerisinde herhangi bir şekilde tanımlanabilir. Fakat kullanılacak tüm değişkenler daha önceden tanımlanmış olmalıdır. Denklemler GAMS tarafından otomatik olarak en sade şekline dönüştürülürler.

- ***GAMS de şart ifadesi $ ile gösterilir. Eğer diye okunur.***

Koşullu İfadeler: $ Operatörü

- $ operatörü gerekli koşulların uygulanmasını mümkün kılar.
- $ **(koşul)** komutu "eğer koşul doğru ise" olarak düşünülebilir.
- $ eşitliğin ***solunda*** ise, koşul sağlanmazsa atama yok.
- $ eşitliğin ***sağında*** ise, her zaman atama yapılır. Fakat koşul sağlanmazsa $ ile belirtilen ifade 0 olur.
- $ tanımlamalar için kullanılamaz.
- $ kısıtları bazı koşullara göre süzmek için kullanılabilir.
- $ operatörü içinde değişken kullanılamaz.

sameas ve diag

- **sameas (i1, i2)** komutu, **i1** ve **i2**'nin birbirine eşit olma durumunu kontrol eder. Eşit olması durumunda **true**, olmaması durumunda ise **false** döndürür.
- **i1'**in verilen **"değer"e** eşit olma durumunu kontrol etmek için d**e sameas (i1, "değer")** komutu kullanılır.
- **diag** komutu da tıpkı **sameas** gibi kullanılır, ancak eşitlik durumunda **1** değerini, eşitsizlik durumunda ise **0** değerini döndürür.
- **sameas** ve **diag** iki kümenin birbirine eşit olup olmadığını sorgulamak için de kullanılabilir.

Amaç Fonksiyonu (Objective Function)

GAMS'te amaç fonksiyonu olarak tanımlanan ayrıca bir ifade yoktur. Bir amaç tanımlamak için, öncelikle scalar değerli ve serbest formda bir değişken tanımlanmalıdır.

5. Model

Model komutu oldukça kesin bir anlama sahiptir. Çözülecek modeli isimlendirmek ve modelin kapsamını belirlemek için kullanılır.

Örneğin;

model transport /all/ ;

Komutu ile, **transport** olarak isimlendirilen model, **/all/** belirteci ile tüm denklemleri içerecek şekilde oluşturulur.

Başka bir ifade ile aynı model;

model transport /cost, supply, demand /;

komutu ile de oluşturulabilir.

Bu özellik ileri düzey kullanıcılar için tek çalıştırmada birden fazla modelin çalıştırılabilmesi açısından oldukça faydalıdır.

6. Solve (Çözüm)

Model oluşturulduktan sonra **solve** komutu çağrılarak çalıştırılır. Örneğin;

Solve transport using lp minimizing z ;

solve komutunu model ismi izler ve **using** anahtar kelimesinden sonra model türü ile belirtilir.

Ardından çözücünün yönü **maximizing** veya **minimizing** belirteçleri ile belirtildikten sonra en iyilenecek değişkenin ismi yazılır (z).

“lp” doğrusal programlama
“nlp” doğrusal olmayan programlama
“mip” tamsayılı programlama
“rmip” genişletilmiş tamsayılı programlama

“minlp” tamsayılı, doğrusal olmayan programlama

“rminlp” genişletilmiş tamsayılı, doğrusal olmayan programlama

“mpec” denge kısıtlı matematiksel modeller

“cns” kısıtlanmış nonlinear sistemler

7. Display and Put (Görüntüleme)

Display Komutu

Solve komutu ile model çalıştırıldıktan sonra elde edilen sonuçlar rapor dosyasında gösterilmektedir. Bunun yanı sıra bazı değişkenler için elde edilen sonuçların ayrıca gösterilmesi istenebilir. Örneğin;

display x.1, x.m ;

Komutu x(i,j) değişkeninin optimum sonuç için elde edilen değerlerini ve x(i,j) için indirgenmiş maliyetlerini rapor edecektir.

.lo, .l, .up, .m veritabanı:

.lo lower bound (düşük sınır)

.l level or primal value (seviye veya ilk değer)

.up upper bound (üst sınır)

.m marginal or dual value (marjinal veya çift değer)

Put Komutu

- Program çalışırken çözüm sırasında (execution time) text dosyasına yazmak için kullanılır.
- Dosya ile birlikte bir de fileid (dosyano) kullanılır: **file fileid / dosya1.txt/;**
- Yazmak için bir veri akım yolu (stream) ve dosya adı seçilir: **put fileid;**
- Text, etiketler, numaralar yazdırmak için: **put item (, item) ;**
- Boş satır bırakmak için: **put /;**
- Veri akımını kapatmak için: putclose; (Küçükkoç, 2020).

4. BULGULAR

4.1 RİSK SAYISALLAŞTIRMA TABLOLARININ OLUŞTURULMASI

Risk yönetimi, muhtemelen proje yönetiminin en zor konularından biridir. Bir proje müdürünün kök risk nedenlerini ayırt edebilmesi ve tanımlayabilmesi gerekmektedir. Böylece bu nedenlerin projede doğurabileceği sonuçları da izleyebilsin. Buna ek olarak, inşaat proje yönetimi bağlamındaki risk yönetimi kapsamlıdır ve riskleri sistematik olarak tanımlayarak, analiz ederek ve risklere müdahale ederek proje hedeflerini tutturmayı başarabilmektedir.

Buradan hareketle, risk sayısallaşma tablolarının oluşturulmasıyla tezin konusunu oluşturan inşaat sözleşmeleri için risk yönetim modelinin kilometre taşları oluşturulmaya çalışılmıştır.

4.1.1 Yargıtay Verilerinden Proje Risk Görülme Sıklığının Belirlenmesi

Bu tez çalışması kapsamındaki risk başlıkları (kalemleri), Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4'te görülmekte olan 2000-2021 yılları arasında "Yargıtay'da yer alan İnşaat Eser Sözleşmelerinden" kaynaklanan davalara ilişkin nihai kararlardaki risk olaylarının görülme sıklığına dayandırılmıştır.

Ülkemizde sözleşmelere dair düzenlemelerin yer aldığı birincil kaynak, kişiler arasındaki borç ilişkisini düzenleyen Borçlar Kanunu'dur. Kanun her ne kadar bazı sözleşme tiplerini ayrıntılı olarak düzenlemişse de bu sözleşme çeşitleri sınırlayıcı değildir. Yasada yer almayan sözleşmesel ilişkiler, "sözleşme özgürlüğü" ilkesi gereğince, kanunda belirlenmiş sınırlar dâhilinde düzenlenebilir.

İnşaat sözleşmesi, uygulamada yaygın olan bir sözleşme şeklidir. Sözleşme, Borçlar Kanunu'nda ayrıca düzenlenmeyip "eser sözleşmesi" kapsamındadır. İnşaat sözleşmeleri esas olarak 6098 sayılı Yeni Borçlar Kanunu madde 470 (818 sayılı Eski Borçlar Kanunu ise Madde 355) hükümlerine tabidir. Borçlar Kanunu'nun her türlü borç ilişkilerine uygulanacak genel hükümleri de bu sözleşmeye uygulanabilir. Borçlar Kanununda "inşaat sözleşmesi" adı

altında ayrı bir düzenleme yapılmamış, sadece eser sözleşmesiyle ilgili bazı maddelerde inşaat sözleşmelerinden dolaylı olarak bahsedilmiştir. Eser sözleşmesinin en çok uygulandığı alan, inşaat sözleşmeleridir.

Çalışma konusu veri tabanı oluşturmak üzere; Türkiye'deki 2000-2021 yılları arasındaki inşaat sözleşme problemlerini araştırmak üzere Yargıtay Başkanlığı'na başvuruldu.

Yargıtay, adliye mahkemelerince verilen ve kanunun başka bir adli yargı merciine bırakmadığı karar ve hükümlerin son inceleme mercii olup Türkiye Cumhuriyeti Anayasası ile Yargıtay Kanunu ve diğer kanunların hükümlerine göre görev yapan bağımsız bir yüksek mahkemedir. Dolayısıyla bu mercideki kararlar bahse konu inşaat sözleşme problemleri için nihai kararları işaret etmektedir.

Yargıtay'da 2000-2021 yılları arasındaki Eser Sözleşmesi'nden (İstisna Akdi) kaynaklanan [818 sayılı Eski Borçlar Kanunu-Madde 355 ve 6098 sayılı Yeni Türk Borçlar Kanunu-Madde 470] tüm kararlara ulaşılmıştır.

Bu kararlar toplam 2677 adet dosyadan oluşmaktadır. Bu kararların alt dosyaları analiz edilip inşaat haricindeki eser sözleşmesi davaları (farklı imalat sektörü olan davalar örneğin; araç tamiri, gömlek imalatı, diş yapımı vb.) listeden çıkarılmıştır. Yargıtay'daki inşaat dışı dosyalar ve tapu tescil, izin, ruhsat iskan gibi yapı kullanımıyla ilgili dosyalar listeden çıkarıldıktan sonra geriye 1762 adet karar dosyası kalmıştır. Bu inşaat sözleşme problemlerine dair olan karar dosyalarının belli başlıklar altında sınıflandırma çalışması; söz konusu olan inşaat sözleşme ihtilaflarının spesifik olarak literatür taraması yapılarak en genel geçer olacak şekilde aşağıda görülmektedir. Yargıtay'daki gerçekleşmiş olan vakalar bu sınıflara ayrılmaya çalışılmıştır.

Tablo 4-1 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2000-2005)

No	2000-2005 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2000	2001	2002	2003	2004	2005
		Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355
1	İşin süresi: İşin, normal şartlar altında iş programında öngörülen sürede bitirilmesi Yüklenici'nin uhdesindedir. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Azaltma. c.Tehdit-Kabullen.	1	7	15	14	11	21
2	Farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması: Süre maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehd Devir.c. Tehdit-Azaltma. d. Tehdit-Kabullen.						
3	Ödeme usulü ve şartları: Yüklenici, bu tehdidi kabullenir ve yaptığı tüm masraflar için kendi yönetim yedeğini kullanır. Tehdit-Kabullen	3	5	12	21	31	60
4	Hatalı tasarım: Hatalı işin tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler.Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir	1	3	11	2	7	18
5	İş emri değişikliği (change order): Aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir		2				1
6	Zamanında yapılamayan satın alma: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen. c.Tehdit-Azaltma		5				1
7	Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya taşeronluk hizmetlerinin fiyatının artması. Maliyeti etkiler. Tehdit-Kabullen.			1	2		3
8	Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti Tehdit-Kabullen.			1	1		6
9	Şantiye tesislerinin (beton santrali, vb.) bozulması. Bu tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.						
10	Doğal afetler: Yapımın bir süreliğine gecikmesi / durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması Yüklenici'nin süre						

No	2000-2005 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2000	2001	2002	2003	2004	2005
		Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355
	uzatımına hak kazanmasını sağlayacaktır. Süre ve maliyeti etkiler. Tehdit-Devir						
11	İş kazalarının olması: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	1		2		2	3
12	Üçüncü şahıslara gelen zararlar: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.		1	4	4		1
13	Malzemenin kontrolü, (istiflenmesi ve ambarlanması): Yüklenici'nin kendisine ait veya İşveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi) sonucu malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen c.Tehdit-Devir d.Tehdit-Azaltma						
Toplam		6	23	46	44	51	114

Tablo 4-2 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2006-2010)

No	2006-2010 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2006	2007	2008	2009	2010
		Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355
1	İşin süresi: İşin, normal şartlar altında iş programında öngörülen sürede bitirilmesi Yüklenici'nin uhdesindedir. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Azaltma. c.Tehdit-Kabullen.	8	15	8	3	2
2	Farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.c. Tehdit-Azaltn d. Tehdit-Kabullen.					
3	Ödeme usulü ve şartları: Yüklenici, bu tehdidi kabullenir ve yaptığı tüm masraflar için kendi yönetim yedeğini kullanır. Tehdit-Kabullen	15	86	81	13	54
4	Hatalı tasarım: Hatalı işin tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler.Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir	5	21	18	3	12
5	İş emri değişikliği (change order): Aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir	1	3			
6	Zamanında yapılamayan satın alma: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen. c.Tehdit-Azaltma					
7	Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya taşeronluk hizmetlerinin fiyatının artması. Maliyeti etkiler. Tehdit-Kabullen.	1				
8	Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti Tehdit-Kabullen.		2	5	1	3
9	Şantiye tesislerinin (beton santrali, vb.) bozulması. Bu tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.					
10	Doğal afetler: Yapımın bir süreliğine gecikmesi / durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması Yüklenici'nin süre uzatımına hak kazanmasını sağlayacaktır. Süre ve maliyeti etkiler. Tehdit-Devir					
11	İş kazalarının olması: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma.	1	9	2		1

No	2006-2010 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2006	2007	2008	2009	2010
		Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355	Madde 355
	b.Tehdit-Devir.					
12	Üçüncü şahıslara gelen zararlar: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	2	1			
13	Malzemenin kontrolü, (istiflenmesi ve ambarlanması): Yüklenici'nin kendisine ait veya İşveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi) sonucu malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen c.Tehdit-Devir d.Tehdit-Azaltma				1	
Toplam		33	137	114	21	72

Tablo 4-3 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2011-2015)

No	2011-2015 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2011		2012		2013		2014		2015	
		Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470
1	İşin süresi: İşin, normal şartlar altında iş programında öngörülen sürede bitirilmesi Yüklenici'nin uhdesindedir. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Azaltma. c.Tehdit-Kabullen.	9		18	2	5	4	2	1		1
2	Farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.c. Tehdit-Azaltma. d. Tehdit-Kabullen.										
3	Ödeme usulü ve şartları: Yüklenici, bu tehdidi kabullenir ve yaptığı tüm masraflar için kendi yönetim yedeğini kullanır. Tehdit-Kabullen	95	1	80	13	32	8	43	12	38	32
4	Hatalı tasarım: Hatalı işin tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler.Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir	21	1	20	3	19		11	2	8	15
5	İş emri değişikliği (change order): Aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir				1	1					
6	Zamanında yapılamayan satın alma: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen. c.Tehdit-Azaltma										
7	Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya taşeronluk hizmetlerinin fiyatının artması. Maliyeti etkiler. Tehdit-Kabullen.									1	
8	Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti Tehdit-Kabullen.	3	1	2	1	4		6		6	1
9	Şantiye tesislerinin (beton santrali, vb.) bozulması. Bu tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup										

No	2011-2015 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2011		2012		2013		2014		2015	
		Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470
	muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.										
10	Doğal afetler: Yapımın bir süreliğine gecikmesi / durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması Yüklenici'nin süre uzatımına hak kazanmasını sağlayacaktır. Süre ve maliyeti etkiler. Tehdit-Devir										
11	İş kazalarının olması: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	**1**		**1**	**1**	**2**	**1**	**1**		**3**	
12	Üçüncü şahıslara gelen zararlar: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	**1**									
13	Malzemenin kontrolü, (istiflenmesi ve ambarlanması): Yüklenici'nin kendisine ait veya İşveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi) sonucu malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen c.Tehdit-Devir d.Tehdit-Azaltma										
Toplam		**130**	**3**	**121**	**21**	**63**	**13**	**63**	**15**	**56**	**49**

Tablo 4-4 İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması (2016-2021)

No	2016-2021 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
		Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470
1	İşin süresi: İşin, normal şartlar altında iş programında öngörülen sürede bitirilmesi Yüklenici'nin uhdesindedir. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Azaltma. c.Tehdit-Kabullen.	3	6	1	7	1	2	2	6		10		2
2	Farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehd Devir.c. Tehdit-Azaltma. d. Tehdit Kabullen.												
3	Ödeme usulü ve şartları: Yüklenici, bu tehdidi kabullenir ve yaptığı tüm masraflar için kendi yönetim yedeğini kullanır. Tehdit-Kabullen	17	58	19	89	17	35	7	55	3	62	3	37
4	Hatalı tasarım: Hatalı işin tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler.Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir	8	7	4	10	3	8	3	12	2	9	2	8
5	İş emri değişikliği (change order): Aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir			1									
6	Zamanında yapılamayan satın alma: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen. c.Tehdit-Azaltma												
7	Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya taşeronluk hizmetlerinin fiyatının artması. Maliyeti etkiler. Tehdit-Kabullen.	1	3		1								

No	2016-2021 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
		Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470
8	Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti Tehdit-Kabullen.	5	3	1	3		1		3		6		6
9	Şantiye tesislerinin (beton santrali, vb.) bozulması. Bu tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.												
10	Doğal afetler: Yapımın bir süreliğine gecikmesi / durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması Yüklenici'nin süre uzatımına hak kazanmasını sağlayacaktır. Süre ve maliyeti etkiler. Tehdit-Devir												
11	İş kazalarının olması: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.				1	1	1	2		1	4	2	2
12	Üçüncü şahıslara gelen zararlar: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.		1										
13	Malzemenin kontrolü, (istiflenmesi ve ambarlanması): Yüklenici'nin kendisine ait veya İşveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi) sonucu malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen c.Tehdit-Devir d.Tehdit-Azaltma												
Toplam		34	78	26	11	22	47	14	76	6	91	7	55

No	2016-2021 Yılları Arasındaki İnşaat Eser Sözleşmesinden Kaynaklı Yargıtay Dosyalarının Uyuşmazlık Sınıflandırılması	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
		Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470	Mad. 355	Mad. 470
					1								

4.1.2 Projeye Ait Risk Kalemlerinin Tespiti ve Risk Yönetim Kütüğünün Oluşturulması

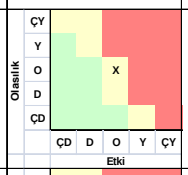
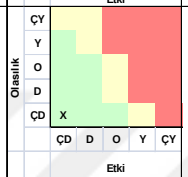
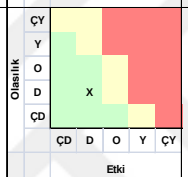
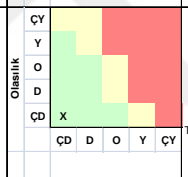
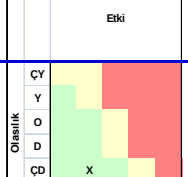
Risk yönetiminde hangi çalışma programı tercih edilecek olursa olsun, tüm risk yöneticileri bir ***risk kütüğü*** geliştirip risklerin olası ve muhtemel tüm sonuçlarını ölçerek rasyonel kararlar almak ve bunları yetkili mercilerle paylaşmak isterler. Çünkü eldeki veriler, birçok açıdan geleneksel olasılık standartlarına ve trend analizlerine tam olarak uygun ve güvenilir değildir. Bu yüzden, karar vericilere yardımcı olmak amacıyla tatmin edici başka ölçme modellerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

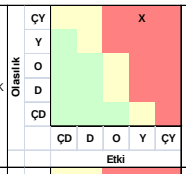
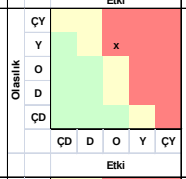
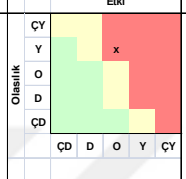
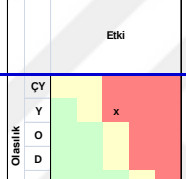
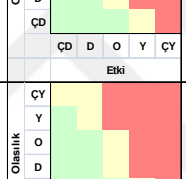
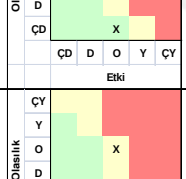
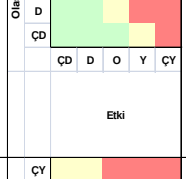
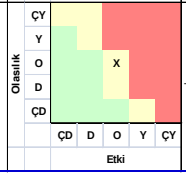
Risk= ihtimal x etki denkleminden yararlanılarak, **ihtimal**; inşaat sözleşme problemlerine ilişkin analiz edilmiş Yargıtay karar dosyalarından elde edilip, **etki** ise sözleşme sorumluluk ve yükümlülük tablosundan oluşturulmuştur.

Aşağıda görülmekte olan Tablo 4.5 Ana Sözleşme Risk Kütüğü'ndeki risk maddeleri PMBOK Kılavuzu Altıncı Baskıdaki Risk Tehdit Stratejilerine göre taşıma, kaçınma, kabul, devir ve azaltma maddeleri ile risk sayısallaştırma yapılarak veri tablomuz elde edilmiştir.

Tablo 4-5 Ana Sözleşme Risk Kütüğü

Ana Sözleşme Risk Yönetimi Kütüğü

Risklerin Tanımlanması								Niteliksel Risk Değerlendirme			Risk Müdahale Planı		İzleme ve Kontrol	
#	Durum	Risk Kategorisi	Risk Olayı	Risk Olayının Nedeni	Risk Olayının Etkisi	Tehdit / Fırsat	Birincil Amaç	Olasılık	Etki	Risk Matrisi	Önlem / Müdahale Stratejisi	Önlem / Müdahale Faaliyeti	Sorumlu Taraf	Aralık / Kilometretaşı Kontrolü
1	Aktif Olmayan	Organizasyon	İşin Süresi	Yüklenici'nin iş programına riayet etmemesi, bahse konu revizyonları yapmaması ve akabinde işin süresinin uzaması	İş programında gecikmelerin olması	Tehdit	Maliyet / Zaman	ORTA	ORTA		Kaçın	Ara terminlere de dikkat edilerek, iş programının Yüklenici tarafından günlük bazda takip edilmesi ve gerekli durumlarda ivedilikle revize edilmesi.	Yüklenici	Günlük Olarak
2	Aktif Olmayan	Tasarım	Farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması	Beklenmeyen geoteknik sorunların çıkması	Bu risk, başlangıçta kütüğe maliyeti arttırabilecek bir risk olarak kaydedilmiştir ancak zemin etüdünün %96 oranında tamamlandığı mevcut durumda öngörüler ile gerçek saha koşullarının büyük oranda örtüştüğü görüldüğünden, risk minimum olarak kabul	Tehdit	Maliyet / Zaman	ÇOK DÜŞÜK	ÇOK DÜŞÜK		Etkiyi Hafiflet	Jeoloji uzmanlarından oluşan ekip jeolojik verileri inceleyerek bu verilerin beklenenle büyük oranda uyumlu bulmaktadır; bazı bölgelerde ise gerekli tasarım revizyonları yapılmıştır.	Yüklenici	Zemin araştırmalarının tamamlandığı tarihte
3	Aktif Olmayan	Proje Yönetimi	Ödeme usulü ve şartları	Sözleşme türüne göre sözleşme bedelinin aylık hakedişlerle zamanında Yüklenici'ye ödenmemesi	Aynı işin tekrar yapılması ve ilave maliyetler	Tehdit	Maliyet	DÜŞÜK	DÜŞÜK		Kaçın	Proje tasarım aşamasında finansman bütçesi dikkatle yapılmıştır. Ödemelerde sıkıntı çıkması öngörülmemektedir.	İşveren	Günlük Olarak
4	Aktif Olmayan	Tasarım	Hatalı tasarım	İnsan kaynaklı hatalar	Aynı işin tekrar yapılması ve ilave maliyetler	Tehdit	Maliyet	ÇOK DÜŞÜK	ÇOK DÜŞÜK		Kaçın / Transfer Et	Yüklenici için çok deneyimli bir dizayn kontrol ekibi kurulmuştur; Yüklenici tarafından hazırlanan tasarım çok saygın bir bağımsız müşavir tarafından kontrol edilmektedir. Risk back-to-back sözleşmeler ile çok güvenilir ve prestijli tasarımcılara transfer edilmiştir; ki bu tasarımcılar da **profesyonel sorumluluk sigortası teminatı** altındadır.	Yüklenici	Gerektiğinde
5	Aktif Olmayan	İnşaat	Zamanında yapılamayan satın alma	Satın almanın veya sözleşme imzalanmasında yaşanan gecikmeler	İnşaatta gecikmeler olması	Tehdit	Maliyet / Zaman	ÇOK DÜŞÜK	DÜŞÜK		Etkiyi Hafiflet	Farklı niteliklerde tedarikçi ve taşeronlardan meydana gelen bir havuz oluşturulmuş olup bu firmalardan fiyat teklifleri toplanmıştır; böylelikle herhangi bir tedarikçi veya taşeronun istenilen zamanda göreve başlaması, ihale süreci tamamlanmış olduğundan çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.	Yüklenici	Gerektiğinde

6	Aktif Olmayan	Proje Yönetimi	Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya taşeronluk hizmetlerinin fiyatının artması	Fiyatların artması	İlave maliyet	Tehdit	Maliyet	ÇOK YÜKSEK	YÜKSEK		Kabul Et	Satın alınacak tüm malzemeler ve/veya taşeron marifetiyle gerçekleştirilecek tüm işler bütçede yer almakta olup beklenen fiyat artışları da bu bütçeye ilave edilmiştir.	Yüklenici	Gerektiğinde
7	Aktif Olmayan	İnşaat	İş değişikleri (İş miktarının artması veya azalması)	Tasarımda revizyon yapılması, eksik veya fazla metraj yapılması	İnşaat maliyetinin artması	Tehdit	Maliyet	YÜKSEK	ORTA		Kabul Et	Beklenmeyen durumlar için yeterli seviyede bütçe ayrılmıştır.	Yüklenici	Gerektiğinde
8	Aktif Olmayan	İnşaat	Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti	Birim fiyat cetvelinde fiyatı bulunmayan yeni iş kalemlerinin bedelleri, İşveren'in yazılı talebi üzerine Genel Şartnamedeki hükümler çerçevesinde Yüklenici ile yeni birim fiyatların tespit edilmesi	İnşaat maliyetinin artması	Tehdit	Maliyet	YÜKSEK	ORTA		Kabul Et	Beklenmeyen durumlar için yeterli seviyede bütçe ayrılmıştır.	İşveren /Yüklenici	Gerektiğinde
9	Aktif Olmayan	İnşaat	Şantiye tesislerinin (beton santrali, vb.) bozulması	Tesislerin yanlış/aşırı kullanımı, kazalar	İnşaat maliyetinin artması	Tehdit	Maliyet	YÜKSEK	ORTA		Kabul Et	Tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir. Gecikmeleri engellemek için yedek tesisler düşünülmüştür. (Birden fazla taşeron görevlendirilecektir). Ayrıca, makine ve ekipmanlar CPM sigorta poliçesi ile teminat altına alınmıştır.	Yüklenici	Gerektiğinde
10	Aktif Olmayan	Dış Faktörler	Doğal Afetler	Mücbir Sebepler	Yapımın bir süreliğine gecikmesi / durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması Yüklenici'nin süre uzatımına hak kazamasını sağlayacaktır;	Fırsat	Maliyet / Zaman	ÇOK DÜŞÜK	ORTA		Faydalan	Mücbir Sebepler nedeniyle oluşacak gecikmeler İşveren tarafından tazmin edilecektir. Tek risk hasar tazminatının hasar tespitini takip eden 90 gün içinde alınamamasıdır; ki bu da İnşaat Bütün Riskler sigorta poliçesi kapsamında teminat altındadır.	Yüklenici	Gerektiğinde
11	Aktif Olmayan	Dış Faktörler	İş kazalarının olması	İş güvenliği ve işçi sağlığı yükümlülüklerinin yerine getirilmemesi	Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi	Tehdit	Maliyet / Zaman	ORTA	ORTA		Kaçın	İş Güvenliği Mühendisleri, iki haftada gerekli eğitimleri işçilere verecek ve güvenlik koşullarına riayet edilip edilmediğini denetleyecek ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlayacaktır.İş Güvenliği Mühendisleri araçların bakım ve onarım belgelerini düzenli olarak kontrol edip sahada gerekli yerlerde uyarı levhalarının bulunmasını sağlayacaktır. Sürücülerin ehliyet belgeleri düzenli olarak kontrol edilecektir.	Yüklenici (İş Sağlığı ve Güvenliği Müdürü)	Gerektiğinde
12	Aktif Olmayan	İnşaat	Üçüncü şahıslara gelen zararlar	İş güvenliği ve işçi sağlığı yükümlülüklerinin yerine getirilmemesi	Üçüncü şahısların yaralanması veya ölmesi, araçlarının hasar görmesi	Tehdit	Maliyet / Zaman	ORTA	ORTA		Transfer Et	İş Güvenliği Mühendisleri, iki haftada gerekli eğitimleri işçilere verecek ve güvenlik koşullarına riayet edilip edilmediğini denetleyecek ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlayacaktır.İş Güvenliği Mühendisleri araçların bakım ve onarım belgelerini düzenli olarak kontrol edip sahada gerekli yerlerde uyarı levhalarının bulunmasını sağlayacaktır. Sürücülerin ehliyet belgeleri düzenli olarak kontrol edilecektir.	Yüklenici	Gerektiğinde
13	Aktif Olmayan	Organizasyon	Malzemenin kontrolü, (istiflenmesi ve ambarlanması)	Yüklenicinin kendisine ait veya İşveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi)	Malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi	Tehdit	Maliyet / Zaman	ORTA	ORTA		Transfer Et	Yüklenicinin, malzemelerin istiflenme ve ambarlanmasına dikkat edilmesi, rutin olarak ambar sayımının yapılması, kilitli depo alanı ve bekçi vasıtasıyla lüzumlu güvenlik önlemlerinin alınması	Yüklenici	Gerektiğinde

Tablo 4-6 Standart Sözleşme Risk Olayları

NO	RİSK OLAYI
1	**İşin Süresi** İşin, normal şartlar altında iş programında öngörülen sürede bitirilmesi yüklenicinin uhdesindedir. Süre ve maliyeti etkiler.
2	**Farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması** Süre ve maliyeti etkiler**.**
3	**Ödeme usulü ve şartları** Yüklenici, bu tehdidi kabullenir ve yaptığı tüm masraflar için kendi yönetim yedeğini kullanır.
4	**Hatalı Tasarım** Hatalı işin tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder (devreder).
5	**İş Emri Değişikliği (Change Order)** Aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.
6	**Zamanında Yapılamayan Satınalma** Süre ve maliyeti etkiler.
7	**Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya yüklenicilik hizmetlerinin fiyatının artması** Maliyeti etkiler.
8	**Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti** Yüklenici projenin başında böyle bir tehditle karşılaşabileceğini öngörerek bütçede yönetim yedeği oluşturur.
9	**Şantiye tesislerinin (beton santrali vb.) bozulması** Bu tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir.
10	**Doğal Afetler** Yapımın bir süreliğine gecikmesi/durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması yüklenicinin süre uzatımına hak kazanmasını sağlayacaktır. Süre ve maliyeti etkiler.
11	**İş kazalarının olması** Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi.
12	**Üçüncü şahıslara gelen zararlar** Üçüncü şahısların yaralanması veya ölmesi, araçlarının hasar görmesi.
13	**Malzemenin kontrolü (istiflenmesi ve ambarlanması)** Yüklenicinin kendisine ait veya işveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi) sonucu malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi. Süre ve maliyeti etkiler.

4.1.3 Risk Önleme/Müdahale Stratejisinin Oluşturulması

Risk Tehdit Stratejilerine göre taşıma, kaçınma, kabul, devir ve azaltma maddeleri ile risk sayısallaştırma yapılarak hazırlanmış olan veri tablomuz yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayacak sezgisel çözüm algoritmalarındaki gibi bir yapıda minimum noktasına ulaşma/yaklaşma amacıyla etki dağılım matrisi oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu etki dağılımından rastgele seçimler yapılarak minimum fonksiyonuna ulaşılmaya çalışılmıştır.

Tablo 4-7 Risk Önleme/ Müdahale Stratejileri

No	Risk Olayı	Tehditler			
		Kaçınma	Kabul	Devir	Azaltma
			Yönetim Yedeği	Harcanan	Harcanan
1	İşin süresi İşin, normal şartlar altında iş programında öngörülen sürede bitirilmesi Yüklenici'nin uhdesindedir. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Azaltma. c. Tehdit-Kabullen.	a.Yüklenici, bahse konu işe teklif verirken, projeye ait iş programında karşılaşabileceği tüm riskleri ve olumsuz olayları da hesaba katarak, yani iş kalemlerinin bolluklarını da öngörerek reel iş programı hazırlanması ve revizyonlarına da dikkat ederek sıkı bir şekilde takip edilmesine önem vererek **tehditten kaçınır.**	d.Yüklenici, **tehdidi kabullenir** ve kendi yönetim yedeğini kullanır. **Yüklenici'nin maliyeti** Proje Süresi:(Mayıs 2013-2014-2015-Nisan2016)=36ay=1080gün Toplam Maliyet:2.485.000.000$ 1 günlük maliyet(işçilik+malzeme+nakliye+montaj) =**2.485.000.000/1080 =2.300.925,93$**		c.Yüklenici, işin süresi hasar sonucu proje gecikmesi ise **DSU sigortasına rücu eder.** **DSU (Delay Start Up) Sigortası** **Sigorta Primi= 691.031$**

2	Farklı jeolojik koşullarla karşılaşılması Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir. c. Tehdit-Azaltma. d. Tehdit-Kabullen.	a.Yüklenici, bahse konu işe teklif verirken, projeye ait olası farklı jeolojik koşullar için gerek iş programındaki süre uzatımlarını gerekse de olası karşılaşabileceği tüm jeolojik risklerin çalışma metodunu değiştirmek suretiyle maliyeti arttırabileceğini de hesaba katarak, yani hem iş kalemlerinin bolluklarını da öngörerek reel iş programı hazırlanması ve revizyonlarına da dikkat ederek sıkı bir şekilde takip edilmesine önem vererek hem de bütçeyi daha tedbirli bol tutarak **tehditten kaçınır.**	**b.Yüklenici, alt yüklenicisinin profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder)** **Profesyonel Sorumluluk Sigorta Poliçesi:** **Kapsamı: 20.000.000$'dan az olmamak kaydıyla** d.Yüklenici, **tehdidi kabul eder** ve kendi yönetim yedeğini kullanır. **Yüklenici'nin maliyeti** **Böyle bir risk sözkonusu olduğunda, Yüklenici belirli bir yüzde öngörülerek toplam proje bedeli ile çarpılarak yönetim yedeği oluşturulmalıdır.** **Toplam proje bedelinin %1'i kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır.** **2.485.000.000*0,01= 24.850.000$**		
3	Ödeme usulü ve şartları Yüklenici, bu tehdidi kabullenir ve yaptığı tüm masraflar için kendi yönetim yedeğini kullanır. Tehdit-Kabullen		Böyle bir risk sözkonusu olduğunda,Yüklenici **tehdidi kabul eder** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Toplam proje bedelinin %10'u kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır.** **2.485.000.000*0,10= 248.500.000$**		

4	Hatalı tasarım Hatalı işin tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir			a..Yüklenici, alt yüklenicisinin **profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder)** Profesyonel Sorumluluk Sigorta Poliçesi: Kapsamı: 20.000.000$'dan az olmamak kaydıyla	c..Yüklenici, işin süresi hasar sonucu proje gecikmesi ise **DSU sigortasına rücu eder.** **DSU (Delay Start Up) Sigortası Sigorta Primi= 691.031$**
5	İş emri değişikliği (change order) Aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir			a..Yüklenici, alt yüklenicisinin **profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder)** Profesyonel Sorumluluk Sigorta Poliçesi: Kapsamı: 20.000.000$'dan az olmamak kaydıyla	
6	Zamanında yapılamayan satın almaSüre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma.b.Tehdit-Kabullen.C.Tehdit-Azaltma	a. Farklı niteliklerde tedarikçi ve taşeronlardan meydana gelen bir havuz oluşturularak bu firmalardan fiyat teklifleri toplanması; böylelikle herhangi bir tedarikçi veya taşeronun istenilen zamanda göreve başlaması, ihale süreci tamamlanmış olduğundan çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilebile cektir. Bu sayede **tehditten kaçınılabilir.**	b.Böyle bir risk sözkonusu olduğunda,Yüklenici **tehdidi kabul eder** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır.**Toplam proje bedelinin %2'si kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır.2.485.000.000*0,02=** **49.700.000$**		

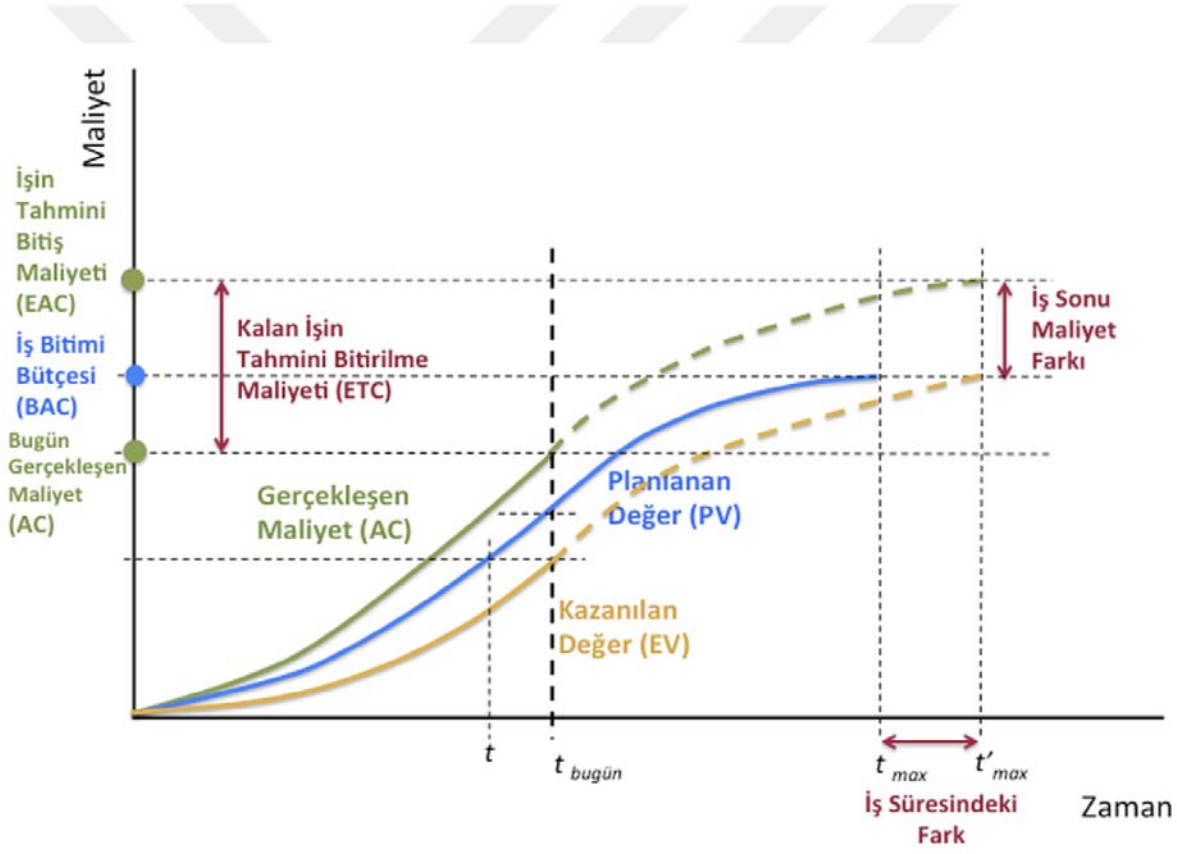
7	Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya taşeronluk hizmetlerinin fiyatının artması Maliyeti etkiler. Tehdit-Kabullen.		Böyle bir risk sözkonusu olduğunda,Yüklenici **<u>tehdidi kabul eder</u>** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Toplam proje bedelinin %5'i kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır. 2.485.000.000*0,05= 124.250.000$**		
8	Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti Tehdit-Kabullen.		Böyle bir risk sözkonusu olduğunda,Yüklenici **<u>tehdidi kabul eder</u>** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Toplam proje bedelinin %5'i kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır. 2.485.000.000*0,05= 124.250.000$**		
9	Şantiye tesislerinin (beton santrali, vb.) bozulması Bu tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	a.Gecikmeleri engellemek için yedek tesisler düşünülmüştür.		b.Yüklenici, **<u>kendi inşaat all risks sigortasına rücu eder. (devreder)</u>** Makine ve ekipmanlar CPM (Construction Equipment, Plant and Machinery) sigorta poliçesi ile teminat altına alınmıştır. **Sigorta Primi:** **CAR toplam primi= 9.834.635$** **Bu klozun primi= (9.834.635*750.000)/142.100.000= 51.906,94$** **İnşaat Bütün Riskler Sigorta Poliçesi:** **Her bir olay için <u>750.000$</u> aşmamak kaydıyla**	

10	Doğal afetler Yapımın bir süreliğine gecikmesi / durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması Yüklenici'nin süre uzatımına hak kazanmasını sağlayacaktır. Süre ve maliyeti etkiler. Tehdit-Devir			Yüklenici, **kendi inşaat all risks sigortasına rücu eder. (devreder)** **Sigorta Primi:** **CAR toplam primi= 9.834.635$** **Bu klozun primi=(9.834.635*250.000)/142.100.000= 17.302,31$** **İnşaat Bütün Riskler Sigorta Poliçesi:** **Deprem için; Her bir olay için 1.000.000$ max. 5.000.000$'ı aşmamak kaydıyla, Diğer doğal afetler için 250.000$**	
11	İş kazalarının olması Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	a.Yüklenici kendi bünyesindeki İş Güvenliği ekibini profesyoneller arasından seçerek, gerek ideal İş Güvenliği planlarına ve gerekse de inşaat ekibinin haftalık İş Güvenliği eğtimlerine ağırlık vererek İş Güvenliği bilincini ve önlemleri arttırarak **tehditten kaçınmaya** çalışır.		b.Yüklenici, **kendi inşaat all risks sigortasına rücu eder. (devreder)** **Sigorta Primi:** **CAR toplam primi= 9.834.635$** **Bu klozun primi=(9.834.635*5.000.000)/142.100.000= 346.046,27$** **İşveren Mali Mesuliyet Sigorta Poliçesi:** **Toplam 5.000.000$'dan az olmamak kaydıyla**	

12	Üçüncü şahıslara gelen zararlar Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	a.Yüklenici kendi bünyesindeki İş Güvenliği ekibini profesyoneller arasından seçerek, gerek ideal İş Güvenliği planlarına ve gerekse de inşaat ekibinin haftalık İş Güvenliği eğitimlerine ağırlık vererek İş Güvenliği bilincini ve önlemleri arttırarak **tehditten kaçınmaya** çalışır.		b.Yüklenici, **kendi inşaat all risks sigortasının 3.şahıs sorumluluk (Third Party Liability) sigortasına rücu eder.(devreder.)** **Sigorta Primi:** **TPL toplam primi= 695.553$** **Bu klozun primi=(695.553*5.000.000)/10.050.000= 346.046,27$** **Üçüncü Şahıslar Mali Mesuliyet Sigorta Poliçesi:** **Toplam 5.000.000$** **Her bir olay için 100.000$ aşmamak kaydıyla**	
13	Malzemenin kontrolü, (istiflenmesi ve ambarlanması)Yüklenicinin kendisine ait veya İşveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi) sonucu malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi.Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen c.Tehdit-Devir d.Tehdit-Azaltma	a.Yüklenici, kendi bünyesinde güçlü bir ambar ekibi oluşturarak gerek ambarlara malzeme istiflenmesi, malzeme stok kayıtlarının güncel olarak tutulması, malzemelerin ideal şartlarda muhafaza edilmesi ve gerekse de malzemelerin çalınmaktan korunması hususlarında sıkı takibe önem vererek **tehditten kaçınır.**	b. Malzemelerin çalınması durumunda, Yüklenici **tehdidi kabul eder** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Toplam proje bedelinin %2'si kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır.2.485.000.000*0,02=49.700.000$**		**b.Malzemelerin zarar görmesi veya kullanılamaz duruma gelmesi halinde, Yüklenici İnşaat All Risks Sigortasına rücu eder.(devreder) Sigorta Primi:CAR toplam primi= 9.834.635$Bu klozun primi=(9.834.635*750.000)/142.100.000= 51.906,94$İnşaat Bütün Riskler Sigorta Poliçesi:Her bir olay için 750.000$ aşmamak kaydıyla**

4.1.4 Yönetim Yedeği Tablosunun Oluşturulması

Risk yönetimi sırasında, yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayabilmek için riskin sayısallaştırılması üzerinde durulmuştur. Ayrıca sigorta başlıkları projenin nevine göre arttırılabilmektedir. Özellikle risklerle daha çok karşılaşacak olan yükleniciler olduğu için yüklenici bakış açısı tercih edilmiş olup olumsuz riskler baz alınmıştır.



Şekil 4-1 Maliyet Temel Çizgisi, Harcamalar ve Finansman Gereksinimleri

Tablo 4-8 Yönetim Yedeği Risk Olayları Tablosu

No	Yönetim Yedeği Risk Başlıkları	Tehditler		
		Kaçınma	Kabul	Azaltma
			Yönetim Yedeği	Yönetim Yedeği
1	İşin süresi: İşin, normal şartlar altında iş programında öngörülen sürede bitirilmesi Yüklenici'nin uhdesindedir. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Azaltma. c.Tehdit-Kabullen.	a.Yüklenici, bahse konu işe teklif verirken, projeye ait iş programında karşılaşabileceği tüm riskleri ve olumsuz olayları da hesaba katarak, yani iş kalemlerinin bolluklarını da öngörerek reel iş programı hazırlanması ve revizyonlarına da dikkat ederek sıkı bir şekilde takip edilmesine önem vererek tehditten kaçınır.	c.Yüklenici, **tehdidi kabullenir** ve kendi yönetim yedeğini kullanır. **Yüklenici'nin maliyeti** Proje Süresi:(Mayıs 2013-2014-2015-Nisan2016)=36ay=1080 gün Toplam Maliyet:2.485.000.000$ 1günlükmaliyet(işçilik+malzeme+nakliye+montaj) =**2.485.000.000/1080= 2.300.925,93$** **toplam proje günü olan 1080 günün %3'ü kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır.** **1080*0,03=32,4 =32 gün** **32gün*2.300.925,93$= 73.629.629,76$**	b.Yüklenici, gecikme **tehdidini azaltabilmek için** kendi proje ekibini daha uzman profesyoneller arasından seçer. Daha deneyimli ve daha güçlü planlama ekibinin oluşturulması. **Yüklenici'nin maliyeti** (Ekibin 5 kişi arttırılması) Planlama ekibi için uzman bir inşaat mühendisinin olası maaşı (net): 6.600$ Ekibin minimum 5 kişi arttırılması: 5 yeni personelin 1 günlük maliyeti=6600/30 gün*5kişi = **1.100$** **1080 gün*1.100$=1.188.000$** **(1.188.000*100)/2.485.000.000= 0,00048=0,0005**

2	Farklı jeolojik koşulla karşılaşılması: Süre maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir. c. Tehdit-Azaltma. d. Tehdit-Kabullen.	a.Yüklenici, bahse nu işe teklif verirken, ojeye ait olası farklı olojik koşullar için rek iş programındaki re uzatımlarını gerekse olası karşılaşabileceği m jeolojik risklerin lışma metodunu ğiştirmek suretiyle aliyeti arttırabileceğini hesaba katarak, yani m iş kalemlerinin lluklarını da öngörerek el iş programı zırlanması ve vizyonlarına da dikkat lerek sıkı bir şekilde kip edilmesine önem rerek hem de bütçeyi ha tedbirli bol tutarak hditten kaçınır.	**<u>toplam jeolojik işler bedeli:10.965.860$+7.515.663$=18.481.523</u>** d.Yüklenici, **<u>tehdidi kabul eder</u>** ve kendi yönetim yedeğini kullanır. **Yüklenici'nin maliyeti Böyle bir risk sözkonusu olduğunda, <u>Yüklenici</u> belirli bir yüzdesini öngörerek toplam jeolojik işler bedeli ile çarparak yönetim yedeğini oluşturmalıdır.** **<u>Toplamjeolojik işler bedelinin %2'si kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır.</u>** **<u>18.481.523$ *0,02=</u>** **<u>369.630,40$</u>**	c.Yüklenici, gecikme ve maliyetin artması **<u>tehdidini azaltabilmek</u>** için Jeoloji uzmanlarından oluşan ekibin jeolojik verileri inceleyerek, bazı bölgelerde gerekli tasarım revizyonları yapmasını sağlar. **Yüklenici'nin maliyeti (Ekibin 5 kişi arttırılması) Planlama ekibi için uzman bir inşaat mühendisinin olası maaşı (net): 6.600$ Ekibin minimum 5 kişi arttırılması:** **5 yeni personelin 1 günlük maliyeti=6600/30 gün*5kişi = 1.100$** **<u>1080 gün*1.100$=1.188.000$</u>** **<u>(1.188.000*100)/2.485.000.000= 0,00048=0,0005</u>**
3	Ödeme usulü ve şartları: Yüklenici, bu tehdidi kabullenir ve yaptığı tüm masraflar için kendi yönetim yedeğini kullanır. Tehdit-Kabullen		Böyle bir risk sözkonusu olduğunda, Yüklenici **<u>tehdidi kabul eder</u>** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır.	

			<u>Toplam proje bedelinin %10'u kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır.</u> **<u>2.485.000.000*0,10=</u>** **<u>248.500.000$</u>**	
4	Hatalı tasarım: Hatalı işin tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler.Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir			**a.**Yüklenici, tasarım alt yüklenicisini daha sıkı denetleyebilmek ve bu sayede hatalı tasarım **<u>tehdidini azaltabilmek için</u>** kendi proje ekibini daha uzman profesyoneller arasından seçer ve ekibin sayısını arttırır. Daha deneyimli ve daha güçlü tasarım denetleme ekibinin oluşturulması. **<u>Yüklenici'nin maliyeti</u>** (Ekibin 5 kişi arttırılması) Tasarım denetleme ekibi için uzman bir inşaat mühendisinin/mimarın olası maaşı (net): 6.600$ Ekibin minimum 5 kişi arttırılması: 5 yeni personelin 1 günlük maliyeti=6600/30 gün*5kişi = **1.100$** **<u>1080 gün*1.100$=1.188.000$</u>** **<u>(1.188.000*100)/2.485.000.0</u>**

				00= 0,00048=0,0005
5	İş emri değişikliği (change order): Aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması. Süre ve maliyeti etkiler. Yüklenici, tasarımcının profesyonel sorumluluk sigortasına rücu eder.(devreder) a.Tehdit-Azaltma b.Tehdit-Devir			a.Yüklenici, aynı işin (düzeltilerek ya da revize edilerek) tekrar yapılması **tehdidini azaltabilmek için** kendi proje ekibinin saha imalat kontrol ve denetleme ekibini daha uzman profesyoneller arasından seçer. Daha deneyimli ve daha güçlü saha imalat kontrol ve denetleme ekibinin oluşturulması.**Yüklenici'nin maliyeti** (Ekibin 5 kişi arttırılması)Planlama ekibi için uzman bir inşaat mühendisinin olası maaşı (net): 6.600$Ekibin minimum 5 kişi arttırılması: 5 yeni personelin 1 günlük maliyeti=6600/30 gün*5kişi = **1.100$1080 gün*1.100$=1.188.000$(1.188.000*100)/2.485.000.000=0,00048=0,0005**
6	Zamanında yapılamayan satın alma: Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen.	a. Farklı niteliklerde tedarikçi ve taşeronlardan meydana gelen bir havuz oluşturularak bu firmalardan fiyat teklifleri toplanması; böylelikle herhangi bir tedarikçi veya	b.Böyle bir risk sözkonusu olduğunda,Yüklenici **tehdidi kabul eder** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır.	c. Genel geçer en çok miktarda kullanılan malzemelerin (kum, demir,çimento vb.)ihzaratı yapılarak **tehdit azaltılabilir. (ambar+bekçi+stok maliyeti)** **Toplam proje bedelinin**

	c.Tehdit-Azaltma	taşeronun istenilen zamanda göreve başlaması, ihale süreci tamamlanmış olduğundan çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilecektir. Bu sayede tehditten kaçınılabilir.	**Toplam proje bedelinin %2'si kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır. 2.485.000.000*0,02= 49.700.000$**	**%40'ı kadar malzeme maliyeti olduğu varsayılarak bunun %2'si kadar azaltma yönetim yedeği ayrılmalıdır. 2.485.000.000*0,40*0,02=19.880.000$**
7	Uzun vadeli sözleşmelerle satın alınan malzemelerin veya taşeronluk hizmetlerinin fiyatının artması. Maliyeti etkiler. Tehdit-Kabullen.		Böyle bir risk sözkonusu olduğunda, Yüklenici **tehdidi kabul eder** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Toplam proje bedelinin %3'ü kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır. 2.485.000.000*0,03= 74.550.000$**	
8	Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti Tehdit-Kabullen.		Böyle bir risk sözkonusu olduğunda, Yüklenici **tehdidi kabul eder** ve belirli bir yüzdeyi öngörüp toplam proje bedeli ile çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Toplam proje**	

			bedelinin <u>%2</u>'si kadar yönetim yedeği ayrılmalıdır. **2.485.000.000*0,02=** **49.700.000$**	
9	Şantiye tesislerinin (beton santrali, vb.) bozulması. Bu tesisler büyük tedarikçilerden temin edilecek olup muhtemel riskler tedarikçilere transfer edilecektir. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	a.Gecikmeleri engellemek için yedek tesisler düşünülmüştür.	b.Böyle bir risk sözkonusu olduğunda, Yüklenici tehdidi kabul eder ve sigortadaki tam kapsamlı primin (%80'lik) kapsamadığı geriye kalan (yüklenicinin üstlendiği %20'lik) primi belirli bir yüzdeyi öngörüp çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Bu maddenin %80'lik kapsamlı primi: <u>51.906,94$</u>** **Bu maddenin %20'lik kapsamlı primi: <u>12.976,74$</u>** **Yüklenici'de sigorta havuzu olmadığından %20'lik kapsamlı primin %25 arttırılmış kadarı yönetim yedeği ayrılmalıdır.** **12.976,74$** ***1,25=<u>16.220,92$</u>**	
10	Doğal afetler:		b.Böyle bir risk	

	Yapımın bir süreliğine gecikmesi / durması. Mücbir sebepler nedeniyle gecikmenin olması Yüklenici'nin süre uzatımına hak kazanmasını sağlayacaktır. Süre ve maliyeti etkiler. Tehdit-Devir		sözkonusu olduğunda, Yüklenici tehdidi kabul eder ve sigortadaki tam kapsamlı primin (%80'lik) kapsamadığı geriye kalan (yüklenicinin üstlendiği %20'lik) primi belirli bir yüzdeyi öngörüp çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır.**Bu maddenin %80'lik kapsamlı primi:** 346.046,27$ +17.302,31$=**363.348,58$** **Bu maddenin %20'lik kapsamlı primi:90.837,15$ Yüklenici'de sigorta havuzu olmadığından, proje yeri olan İstanbul'un deprem bölgesi olması ve 20 yıldır deprem olmaması nedeniyle %20'lik kapsamlı primin %30 arttırılmış kadarı yönetim yedeği ayrılmalıdır.90.837,15 $ *1,30=118.088,30$**	
11	İş kazalarının olması: Personelin	a.Yüklenici kendi bünyesindeki İş	b.Böyle bir risk sözkonusu olduğunda,	

	yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	Güvenliği ekibini profesyoneller arasından seçerek, gerek ideal İş Güvenliği planlarına ve gerekse de inşaat ekibinin haftalık İş Güvenliği eğtimlerine ağırlık vererek İş Güvenliği bilincini ve önlemleri arttırarak tehditten kaçınmaya çalışır.	Yüklenici tehdidi kabul eder ve sigortadaki tam kapsamlı primin (%80'lik) kapsamadığı geriye kalan (yüklenicinin üstlendiği %20'lik) primi belirli bir yüzdeyi öngörüp çarparak yönetim yedeği oluşturmalıdır. **Bu maddenin %80'lik kapsamlı primi: <u>346.046,27$</u>** **Bu maddenin %20'lik kapsamlı primi: <u>86.511,57$</u>** **Yüklenici'de sigorta havuzu olmadığından %20'lik kapsamlı primin %20 arttırılmış kadarı yönetim yedeği ayrılmalıdır.** **86.511,57$*1,20=<u>103.813,88$</u>**	
12	Üçüncü şahıslara gelen zararlar: Personelin yaralanması veya ölmesi, araçların hasar görmesi. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Devir.	a.Yüklenici kendi bünyesindeki İş Güvenliği ekibini profesyoneller arasından seçerek, gerek ideal İş Güvenliği planlarına ve gerekse de inşaat ekibinin haftalık İş Güvenliği eğtimlerine ağırlık vererek İş	b.Böyle bir risk sözkonusu olduğunda, Yüklenici tehdidi kabul eder ve sigortadaki tam kapsamlı primin (%80'lik) kapsamadığı geriye kalan (yüklenicinin üstlendiği %20'lik) primi belirli bir yüzdeyi öngörüp çarparak yönetim	

		Güvenliği bilincini ve önlemleri arttırarak tehditten kaçınmaya çalışır.	yedeği oluşturmalıdır. **Bu maddenin %80'lik kapsamlı primi: <u>346.046,27$</u>** **Bu maddenin %20'lik kapsamlı primi: <u>86.511,57$</u>** **Yüklenici'de sigorta havuzu olmadığından %20'lik kapsamlı primin %25 arttırılmış kadarı yönetim yedeği ayrılmalıdır.** **86.511,57$*1,25=<u>108.139,46$</u>**	
13	Malzemenin kontrolü, (istiflenmesi ve ambarlanması): Yüklenici'nin kendisine ait veya İşveren tarafından kendisine verilmiş olan malzemelerin kontrolünün sağlanmaması (istiflenmesi ve/veya ambarlanmasına dikkat edilmemesi) sonucu malzemelerin çalınması, yanlış istiflenmesinden dolayı zarar görmesi ve/veya ambarlanma	a.Yüklenici, kendi bünyesinde güçlü bir ambar ekibi oluşturarak gerek ambarlara malzeme istiflenmesi, malzeme stok kayıtlarının güncel olarak tutulması, malzemelerin ideal şartlarda muhafaza edilmesi ve gerekse de malzemelerin çalınmaktan korunması hususlarında sıkı takibe önem vererek	b. Malzemelerin çalınması durumunda, Yüklenici **<u>tehdidi kabul eder</u>** ve Toplam proje bedelinin %40'ı kadar malzeme maliyeti olduğu varsayılarak bunun %2'si kadar azaltma yönetim yedeği ayrılmalıdır. **2.485.000.000*<u>0,40*0,02=</u>** **<u>19.880.000$</u>**	d. Yüklenici, kendi bünyesinde güçlü bir ambar ekibi oluşturarak gerek ambarlara malzeme istiflenmesi, malzeme stok kayıtlarının güncel olarak tutulması, malzemelerin ideal şartlarda muhafaza edilmesi ve gerekse de malzemelerin çalınmaktan korunması hususlarında sıkı takip yapılabilmesi için bekçi sayısının arttırılması **<u>tehdidi azaltacaktır.</u>** **<u>Yüklenici'nin maliyeti (Ekibin 5 kişi arttırılması)</u>** **1 Ambar bekçisininolası**

	şekli yüzünden malzemelerin kullanılamaz hale gelmesi. Süre ve maliyeti etkiler. a.Tehdit-Kaçınma. b.Tehdit-Kabullen c.Tehdit-Devir d.Tehdit-Azaltma	tehditten kaçınır.		**maaşı (net):1.500$ Ekibin minimum 5 kişi arttırılması:** **5 yeni personelin 1 günlük maliyeti=1.500/30 gün*5kişi = 250$** **1080 gün*250$=270.000$** **(270.000*100)/2.485.000.000=%1**

4.2 ATEŞBÖCEĞİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE ÖNERİLEN MODELİN BULGULARININ ANALİZİ

Söz konusu tezin esas modelinin konusunu oluşturan Sezgisel (Höristik) Araştırma Teknikleri ve Optimizasyon Algoritmaları arasından birçok yöntem araştırılmıştır. Sezgisel optimizasyon algoritmaları her zaman en doğru sonucu vermeyi garanti etmemek ile birlikte, algoritmanın çalışması sonlanınca çözüm için bir öneride bulunarak en iyiyi, uygunu bulmayı amaçlar.

Tez çalışması kapsamında Ateşböceği algoritması ile modellenen problemde öncelikle belirlenen sürü sayısınca değer oluşturulmasıdır. Rastgele oluşturulacak sürü için oluşturulan MATLAB kodu aşağıda verilmiştir.

```
for ii =1:pop

    for i = 1:length(alt)
    pop_altmatris (ii,i) = randi([1,alt(i,3)],1,1);
    [I,J] = find(ind_matris==alt(i,pop_altmatris (ii,i)+3));
```

```
    pop_sigprm (ii,i) = prj_bedel * (YBindeKat + YDeprem) * InsSure *
ind_matris(I,J+1) * (alt(i,2)/100);
    top_sigprm (ii) = top_sigprm (ii) + pop_sigprm (ii,i);
    pop_yonyed (ii,i) = prj_bedel * ind_matris(I,J+2) * (alt(i,2)/100);
    top_yonyed (ii) = top_yonyed (ii) + pop_yonyed (ii,i);

    end

end
```

Daha sonra risk devri için sigorta primi ve organizasyon tarafından karşılanacak riskler için ayrılan yönetim yedeği ödünleşimi problemi çözümü için Ateşböceği algoritması düzenlenmiştir. Bu aşamada oluşturulan MATLAB kodu aşağıda verilmiştir.

```
for ii = 1:iter
  for i = 1:pop
   for j = 1:pop


      if  fitfonk(i) < fitfonk(j)
         pop_altmatris(i,:) = pop_altmatris(i,:);

      elseif fitfonk(i) > fitfonk(j)
         Xi = pop_altmatris(i,:);
         Xj = pop_altmatris(j,:);
         r = sqrt(sum((Xi - Xj).^2));
         beta = beta0*exp(-gamma*r.^2);
         steps = alpha.*(rand(1,length(alt)) - 0.5).*scale;
         Xnew = Xi + beta*(Xj - Xi) +steps;
```

```
            for k = 1:length(alt)
               Xnew(k) = round(Xnew(k));
               if Xnew(k) > alt(k,3)
                  Xnew(k) = alt(k,3);
               elseif Xnew(k) < 1
                  Xnew(k) = 1;
               end
            end
            ntop_sigprm = 0;
            ntop_yonyed = 0;
            for z = 1:length(alt)
              [K,L] = find(ind_matris==alt(z,Xnew(z)+3));
              npop_sigprm (z) = prj_bedel * (YBindeKat + YDeprem) * InsSure *
ind_matris(K,L+1) * (alt(z,2)/100);
              ntop_sigprm  = ntop_sigprm  + npop_sigprm (z);
              npop_yonyed (z) = prj_bedel * ind_matris(K,L+2) * (alt(z,2)/100);
              ntop_yonyed  = ntop_yonyed  + npop_yonyed (z);
            end

            nfitfonk = (ntop_sigprm  / max_sigprm) + (ntop_yonyed  / max_yonyed);
         end
       end
      end

   end
```

Uygunluk fonksiyonu olarak aşağıdaki formül kullanılmıştır

FF = (Yönetim Yedeği / max (Yönetim Yedeği) + Sigorta Primi / max (Sigorta Primi))

Bu formülün kullanılmasındaki amaç, hesaplanacak Yönetim Yedeği ile Sigorta Primi değerleri arasındaki oransal büyük farkı karşılaştırılabilir düzeylere indirgeyebilmektir.

Oluşturulan höristik model örnek üzerinde uygulanmıştır. Seçilen örnekte kullanılan sözleşmede;

Proje Bedeli: 2.485.000.000 TL

Proje Süresi: 3 yıl

Söz konusu projede ne kadar Sigorta Primi ödendiği ve ne kadar Yönetim Yedeği ayrıldığı bilgisi ticari sır kapsamında açıklanamamaktadır.

Ateşböceği popülasyonu 50 olarak alınmıştır.

Tablo 4-9'da problemin çözümünde kullanılan olası risk devir oranları verilmiştir.

Tablo 4-9 Risk Devir Oranları

Riskler	**Risk Devir Oranları**					
1	80	75	0	-	-	-
2	80	77	75	0	-	-
3	0	-	-	-	-	-
4	0	-	-	-	-	-
5	0	-	-	-	-	-
6	0	77	76	70	60	0
7	0	-	-	-	-	-
8	0	-	-	-	-	-
9	80	77	76	70	60	0
10	80	77	75	0	-	-
11	80	77	0	-	-	-
12	80	77	76	70	0	-
13	80	0	-	-	-	-

Risk Devir Oranlarının Hesaplanması

Tezin literatür bölümünde, risklerin en uygun şekilde yönetilebilmesi için; risklerin detaylı bir şekilde tanımlanmış ve dikkatlice taraflar arasında dağıtılmış olması gerektiği ve riskin

devredilmesinin, riskin sorumluluğunun diğer tarafa ya sigorta vasıtasıyla, ya da sözleşme vasıtasıyla geçirilmesi anlamına geldiği belirtilmişti.

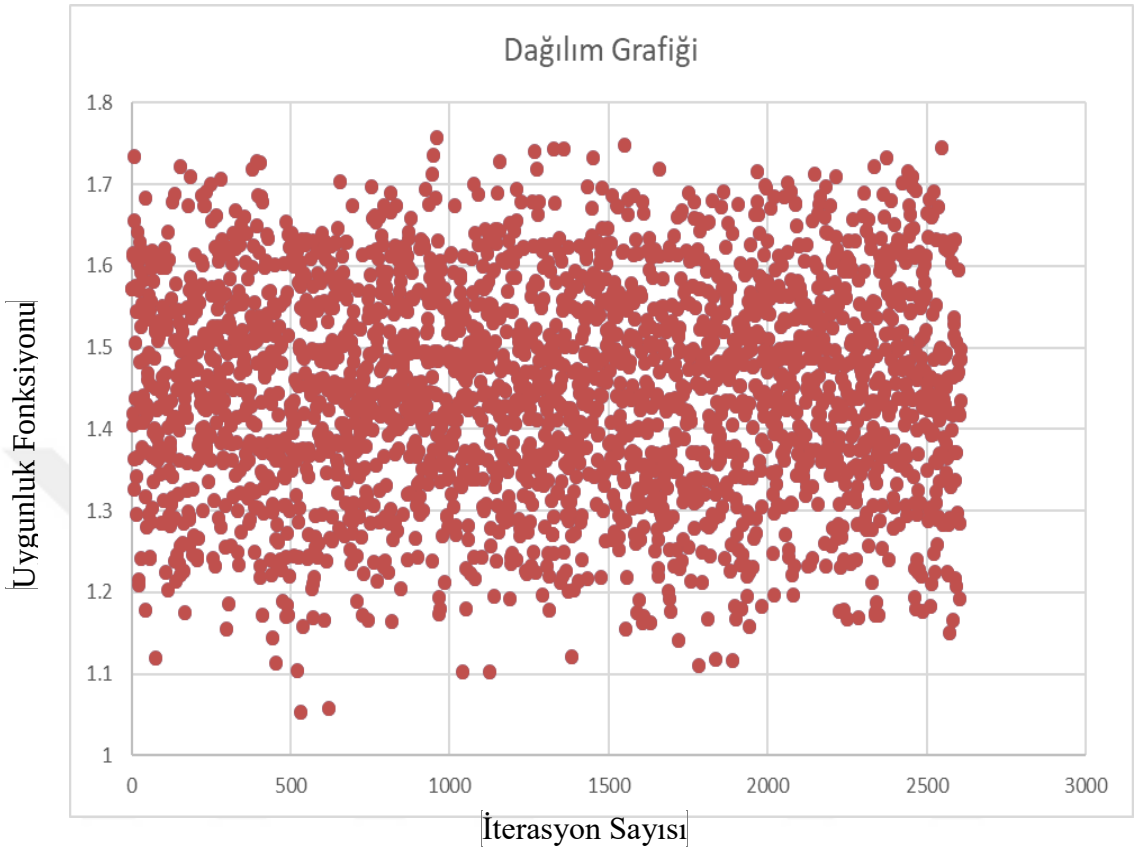
Buradan hareketle Tablo 4.9'un nasıl oluşturulduğunu irdelemek istersek 1. sütun standart sözleşme risk maddelerini göstermektedir. Diğer sütunlarda ise, T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı Sigortacılık Genel Müdürlüğü 13454 sayılı 4.11.2019 tarihli "Tarife ve Talimatname"sine göre belirtilen oranlara göre bahse konu riskin sigorta kapsamına girme oranı belirtilmektedir.

Bu tarife ve talimatnameye göre;

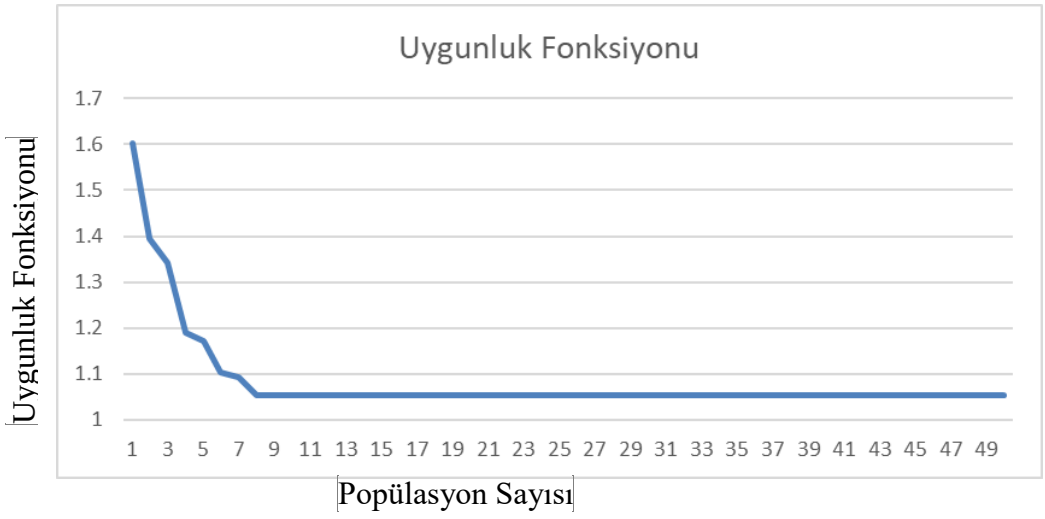
- "Sigortacılıkta herhangi bir risk %100 sigortalandığında, risk gerçekleştiğinde sigortacının kapsamına düşen sorumluluk maksimum %80'dir.
- "Bir risk, minimum %40 sigortalanabilir. Bunun aşağısında poliçe düzenlenmez.

Matlab kodu çalıştırıldığında uygunluk fonksiyonu dağılım grafiği Şekil 4-2'de verilmiştir. Şekil 4-3'te uygunluk fonksiyonunun çözüm sırasında hesaplanan değer seyri verilmiştir.

Tablo 4-10 elde edilen çözüm kümesini göstermektedir. Şekil 4-4 ve Şekil 4-5'te çözüm sırasında hesaplanan sırasıyla sigorta primi ve yönetim yedeği değerinin grafikleri verilmiştir.



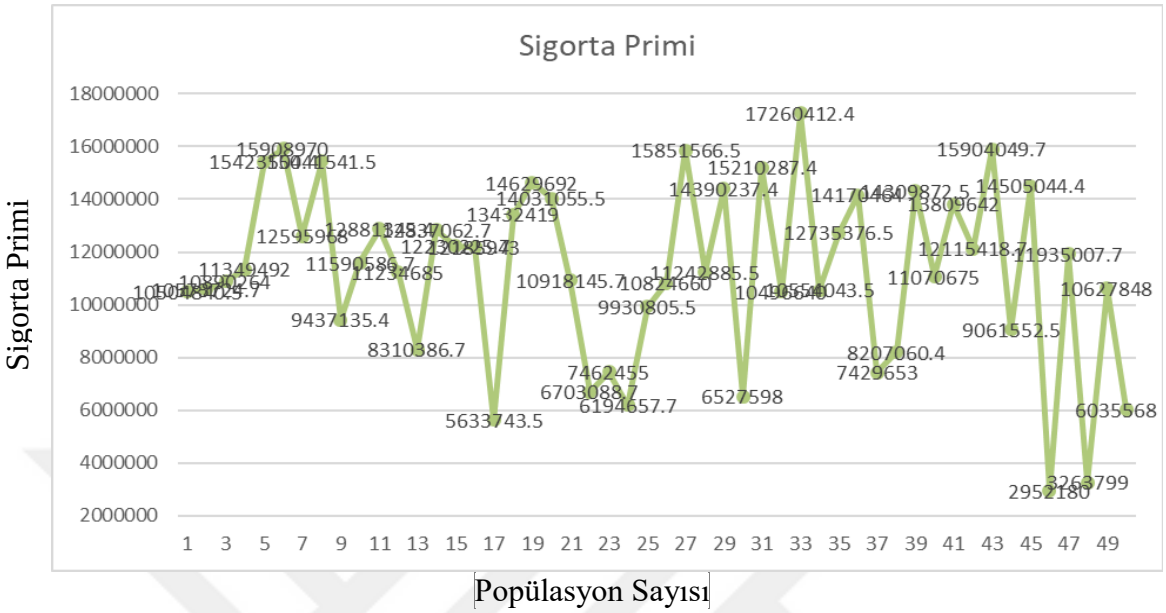
Şekil 4-2 Uygunluk Fonksiyonu Dağılımı



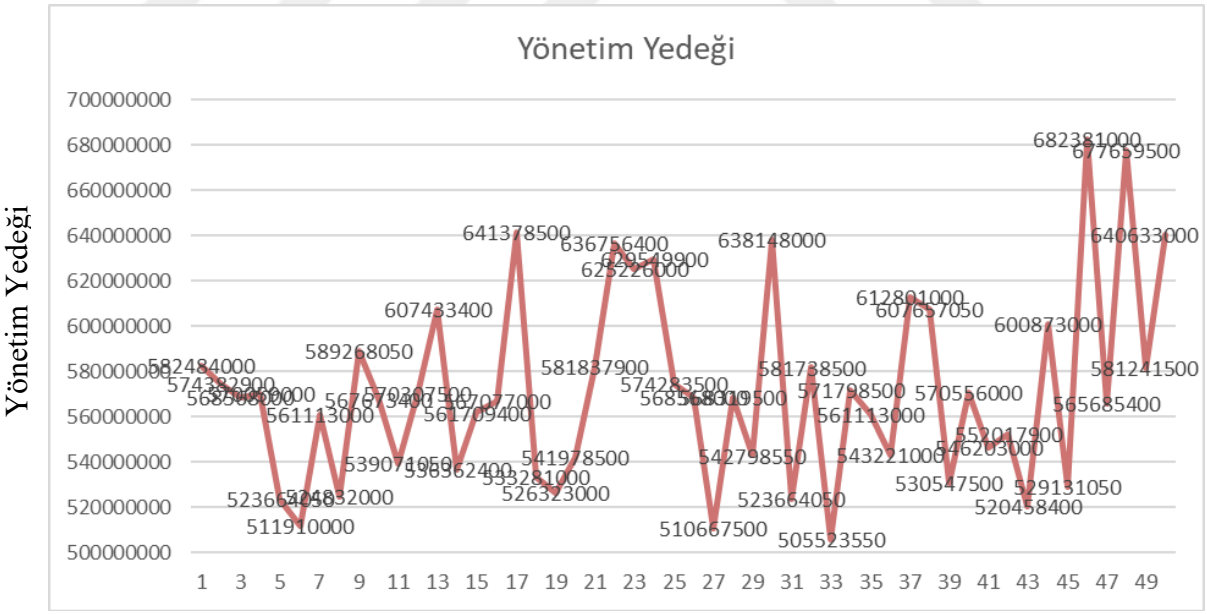
Şekil 4-3 Çözüm Boyunca Oluşan Uygunluk Fonksiyonu Seyri

Tablo 4-10 Çözüm Alternatifleri

Popülasyon	Çözüm Alternatifleri												
1	1	2	1	1	1	6	1	1	4	3	3	4	2
2	3	3	1	1	1	5	1	1	3	1	2	1	1
3	2	3	1	1	1	6	1	1	6	2	1	4	2
4	2	4	1	1	1	2	1	1	6	4	2	3	1
5	1	2	1	1	1	3	1	1	2	3	2	2	2
6	2	1	1	1	1	2	1	1	6	2	1	4	1
7	1	2	1	1	1	6	1	1	5	3	1	2	2
8	1	1	1	1	1	3	1	1	4	3	3	1	1
9	3	3	1	1	1	4	1	1	2	2	3	1	1
10	1	4	1	1	1	4	1	1	3	2	2	5	1
11	2	2	1	1	1	5	1	1	2	4	1	4	1
12	2	2	1	1	1	3	1	1	6	4	3	5	1
13	3	2	1	1	1	4	1	1	3	4	3	1	1
14	2	3	1	1	1	5	1	1	3	3	2	2	2
15	1	3	1	1	1	6	1	1	3	3	2	1	2
16	3	2	1	1	1	2	1	1	6	1	1	3	1
17	2	4	1	1	1	6	1	1	4	2	3	5	2
18	2	3	1	1	1	4	1	1	1	2	1	5	1
19	2	3	1	1	1	2	1	1	5	2	1	1	2
20	1	2	1	1	1	3	1	1	4	1	3	3	2
21	3	2	1	1	1	2	1	1	3	1	2	3	2
22	3	1	1	1	1	1	1	1	3	4	1	1	2
23	3	2	1	1	1	6	1	1	6	1	3	3	1
24	3	4	1	1	1	5	1	1	3	3	2	2	2
25	2	3	1	1	1	5	1	1	4	4	2	5	2
26	2	2	1	1	1	4	1	1	5	4	3	2	2
27	1	3	1	1	1	4	1	1	4	2	2	1	1
28	2	3	1	1	1	1	1	1	4	4	1	2	1
29	1	1	1	1	1	2	1	1	2	4	3	1	1
30	3	1	1	1	1	2	1	1	1	4	3	5	2
31	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3	2
32	2	1	1	1	1	6	1	1	1	1	3	3	2
33	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3	1
34	2	4	1	1	1	5	1	1	4	1	2	1	2
35	1	2	1	1	1	2	1	1	4	4	2	5	2
36	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	5	1
37	3	2	1	1	1	5	1	1	6	1	3	4	2
38	3	4	1	1	1	4	1	1	2	2	1	3	1
39	2	2	1	1	1	3	1	1	4	2	3	3	1
40	3	1	1	1	1	4	1	1	6	1	1	4	1
41	1	1	1	1	1	1	1	1	6	3	2	3	1
42	1	3	1	1	1	5	1	1	3	3	3	3	2
43	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	3	2
44	1	4	1	1	1	6	1	1	4	3	1	4	2
45	1	3	1	1	1	3	1	1	2	2	3	4	1
46	3	4	1	1	1	1	1	1	6	4	1	5	1
47	3	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	4	1
48	3	4	1	1	1	6	1	1	5	2	1	5	2
49	2	1	1	1	1	1	1	1	5	1	3	1	2
50	3	2	1	1	1	6	1	1	5	3	2	5	2



Şekil 4-4 Hesaplanan Alternatif Sigorta Primi Değerleri



Şekil 4-5 Hesaplanan Alternatif Yönetim Yedeği Değerleri

4.3 GAMS YAZILIMI İLE ÖNERİLEN MODELİN BULGULARININ ANALİZİ

GAMS yüksek bilgisayar kapasite özellikleri gerekli değildir. İndirilmesi ve yüklenmesi kolaydır. İyi el kitapçıkları, kullanım kılavuzları ve birçok kitapta çok yönlü örnekleri mevcuttur. Demo versiyonunda 50'den fazla, farklı uzmanlaşmış çözücü vardır. Diğer kombinasyonlar arasında devamlı, ayrık veya iki elemanlı değişkenleri dikkate alan lineer veya lineer olmayan modelleri çözmek mümkündür. Bunlara ek olarak GAMS, karmaşık, büyük ölçekli modelleme uygulamaları için özel olarak hazırlanmıştır ve yeni durumlara çok hızlı bir şekilde uyum sağlayabilecek büyük, bakım yapılabilir modellerin geliştirilebilmesine izin verir.

Tez çalışmasında önerilen sigorta primi ödemesi ve yönetim yedeği ödünleşimi GAMS yazılımı ile modellenmiştir. Modelin çalıştırılmasında aynı değerler kullanılmıştır. Aşağıdaki gibi her risk başlığı için bir değer hesabı oluşturulmuştur.

```
ST1.. S('1') =e= (prj_bedel * (YBindeKat + YDeprem) * InsSure * a1 * 0.03);
YT1.. Y('1') =e= (prj_bedel * b1 * 0.03);
   .
   .
   .
ST13.. S('13') =e= (prj_bedel * (YBindeKat + YDeprem) * InsSure * a13 * 0.008);
YT13.. Y('13') =e= (prj_bedel * b13 * 0.008);
```

Uygunluk fonksiyonu olarak Ateşböceği algoritmasında olduğu gibi değil burada sigorta primi ödemesi ile yönetim yedeği toplamı kullanılmıştır.

```
OF =e= sum(r, S(r)) + sum(r, Y(r));
```

CPLEX, kullanıcıların GAMS ile ilgili yüksek seviye modelleme kabiliyetlerini CPLEX optimizasyoncularıyla birleştirilmesine izin veren bir GAMS solver'ıdır. CPLEX, büyük ve zor problemleri hızlı bir şekilde ve minimum kullanıcı müdahalesiyle çözme amacıyla tasarlanmıştır. CPLEX çözüm algoritmaları lisansın içeriğinin kapsayıcılığına bağlı olarak lineer programlama, kuadratik kısıtlı ve karışık tamsayılı programlama problemleri için daha

ileri sonuçlar sağlamaktadır. GAMS'te muhtelif çözüm opsiyonları mevcut olduğu halde, CPLEX spesifik problemlerde dahi en iyi değerleri otomatik olarak hesaplamakta ve en fazla miktarda opsiyonu oluşturmaktadır.

Çözüm için Lineer Programlama kullanılmış ve uygunluk fonksiyonunun minimize edilmesi amaçlanmıştır. Literatürde daha iyi sonuç verdiği konusunda (Anand, Aggarwal ve Kumar, 2017) birçok çalışma olduğundan çözücü için CPLEX solver tercih edilmiştir.

Optimizasyon problemlerinde önerilen çözümün tekrarlanması olduğundan çeşitli sayılarda çözüm tekrarlanmıştır. Fakat Ateşböceği algoritmasıyla ulaşılan değerlere kıyasla daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeninin uygunluk fonksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çözümlerden biri aşağıda verilmiştir.

```
S O L V E      S U M M A R Y

     MODEL   PrjRsk              OBJECTIVE  OF
     TYPE    MIP                 DIRECTION  MINIMIZE
     SOLVER  CPLEX               FROM LINE  147

---- EQU Amac                        .                   .                   .
1.0000

---- VAR Y

          LOWER          LEVEL          UPPER         MARGINAL

1         -INF      1.4910000E+7        +INF             .
2         -INF      9940000.0000        +INF             .
3         -INF      2.4850000E+8        +INF             .
4         -INF      2.4850000E+7        +INF             .
5         -INF      4.9700000E+7        +INF             .
6         -INF      9940000.0000        +INF             .
7         -INF      7.4550000E+7        +INF             .
8         -INF      4.9700000E+7        +INF             .
9         -INF       497000.0000        +INF             .
10        -INF      4970000.0000        +INF             .
11        -INF      4970000.0000        +INF             .
12        -INF      4970000.0000        +INF             .
13        -INF      3976000.0000        +INF             .

---- VAR S

          LOWER          LEVEL          UPPER         MARGINAL

1         -INF      4920300.0000        +INF             .
2         -INF      3280200.0000        +INF             .
```

```
3          -INF              .            +INF              .
4          -INF              .            +INF              .
5          -INF              .            +INF              .
6          -INF      3280200.0000         +INF              .
7          -INF              .            +INF              .
8          -INF              .            +INF              .
9          -INF       164010.0000         +INF              .
10         -INF      1640100.0000         +INF              .
11         -INF      1640100.0000         +INF              .
12         -INF      1640100.0000         +INF              .
13         -INF      1312080.0000         +INF              .

                            LOWER                 LEVEL                 UPPER
MARGINAL

---- VAR OF                 -INF      2.7527001E+8        +INF              .


**** REPORT SUMMARY :        0     NONOPT
                    SUM    2.7527001E+8
                    MAX    5.9640000E+7
                    MEAN   5505400.2080
```

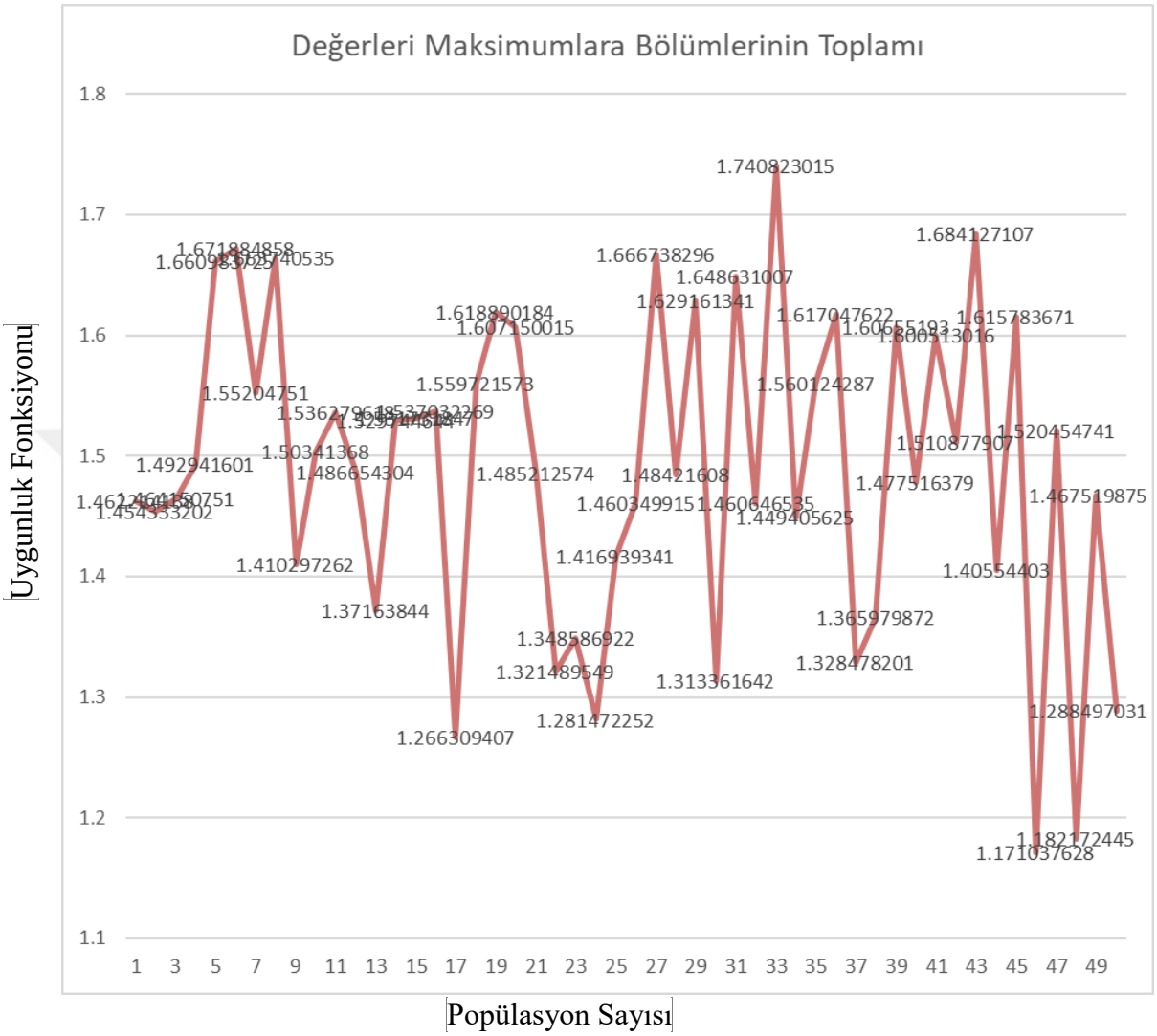
5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İnşaat sözleşmeleri için meta-sezgisel bir risk yönetim modeli isimli tez çalışması kapsamında literatür taramalarında yapılan detaylı araştırmalarda literatürde sayısallaştırılmış bir risk yönetimi sürecinin inşaat sektöründeki sezgisel bir sözleşme modeline uygulanma çalışması hakkında kaynak yoktur.

Buradan hareketle, tez çalışması kapsamında Sigorta Primi Ödemesi ile Yönetim Yedeği ödünleşim modeli geliştirilerek literatürdeki bu boşluğu kapatmak ve risk sayısallaştırma kavramına yenilik getirmek hedeflenmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen Sigorta Primi Ödemesi ile Yönetim Yedeği ödünleşim modeli ilk olarak meta-sezgisel bir optimizasyon algoritması olan Ateşböceği algoritmasıyla akabinde mukayese etme amacıyla GAMS ile de çözülmüştür.

Tez çalışması kapsamında önerilen Sigorta Primi Ödemesi ile Yönetim Yedeği ödünleşim modeli meta-höristik bir optimizasyon algoritması olan Ateşböceği algoritmasıyla çözümlenmiştir. Çözümlemede elde edilen sonuçlar Şekil 5-1'de gösterilmiştir.

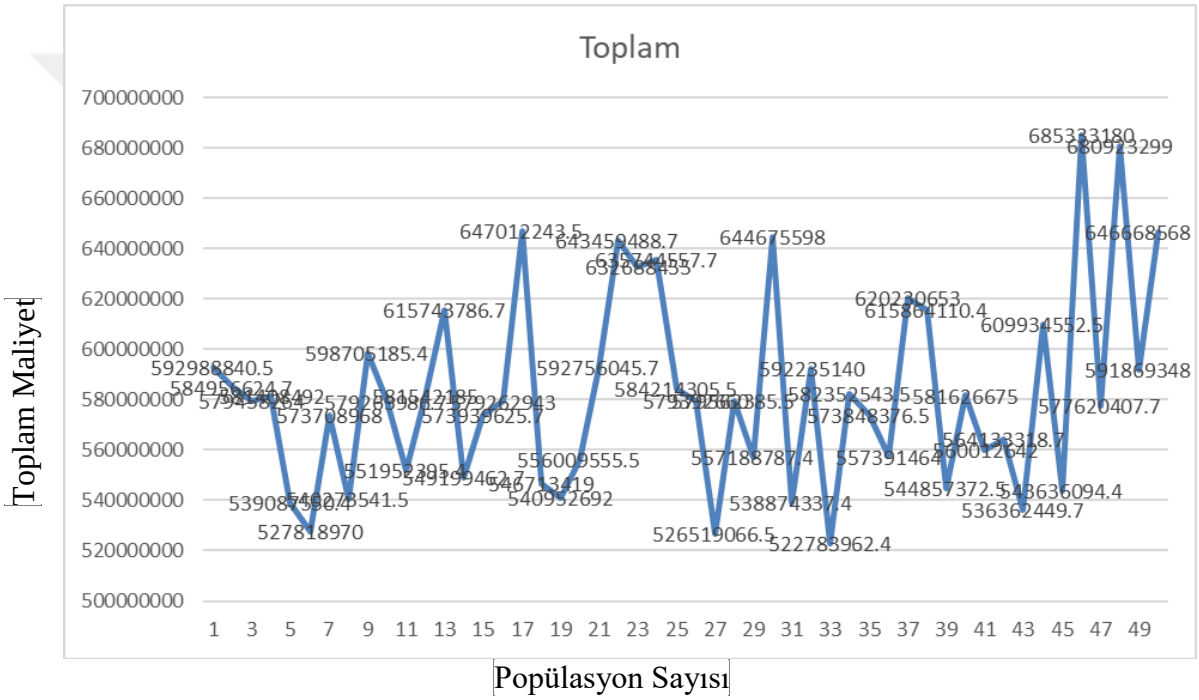


Şekil 5-1 Değerleri Maksimumlara Bölümlerinin Toplamı

Tablo 5-1 Alternatif Çözümler

Alternatif Çözümler	Yönetim Yedeği	Sigorta Primi	Toplam	Değerleri Maksimumlara Bölümlerinin Toplamı
1	582484000	10504840,5	592988840,5	1,462214138
2	574382900	10573724,7	584956624,7	1,454333202
3	568568000	10890264	579458264	1,464150751
4	570059000	11349492	581408492	1,492941601
5	523664050	15423500,4	539087550,4	1,660983725
6	511910000	15908970	527818970	1,671884858
7	561113000	12595968	573708968	1,55204751
8	524832000	15441541,5	540273541,5	1,663740535
9	589268050	9437135,4	598705185,4	1,410297262
10	567673400	11590586,7	579263986,7	1,50341368
11	539071050	12881345,4	551952395,4	1,536279618
12	570307500	11234685	581542185	1,486654304
13	607433400	8310386,7	615743786,7	1,37163844
14	536362400	12837062,7	549199462,7	1,529744644
15	561709400	12230225,7	573939625,7	1,531731847
16	567077000	12185943	579262943	1,537032269
17	641378500	5633743,5	647012243,5	1,266309407
18	533281000	13432419	546713419	1,559721573
19	526323000	14629692	540952692	1,618890184
20	541978500	14031055,5	556009555,5	1,607150015
21	581837900	10918145,7	592756045,7	1,485212574
22	636756400	6703088,7	643459488,7	1,321489549
23	625226000	7462455	632688455	1,348586922
24	629549900	6194657,7	635744557,7	1,281472252
25	574283500	9930805,5	584214305,5	1,416939341
26	568568000	10824660	579392660	1,460349915
27	510667500	15851566,5	526519066,5	1,666738296
28	568319500	11242885,5	579562385,5	1,48421608
29	542798550	14390237,4	557188787,4	1,629161341
30	638148000	6527598	644675598	1,313361642
31	523664050	15210287,4	538874337,4	1,648631007
32	581738500	10496640	592235140	1,460646535
33	505523550	17260412,4	522783962,4	1,740823015
34	571798500	10554043,5	582352543,5	1,449405625
35	561113000	12735376,5	573848376,5	1,560124287
36	543221000	14170464	557391464	1,617047622
37	612801000	7429653	620230653	1,328478201
38	607657050	8207060,4	615864110,4	1,365979872
39	530547500	14309872,5	544857372,5	1,60655193
40	570556000	11070675	581626675	1,477516379
41	546203000	13809642	560012642	1,600513016
42	552017900	12115418,7	564133318,7	1,510877907
43	520458400	15904049,7	536362449,7	1,684127107
44	600873000	9061552,5	609934552,5	1,40554403
45	529131050	14505044,4	543636094,4	1,615783671
46	682381000	2952180	685333180	1,171037628
47	565685400	11935007,7	577620407,7	1,520454741
48	677659500	3263799	680923299	1,182172445
49	581241500	10627848	591869348	1,467519875
50	640633000	6035568	646668568	1,288497031

Şekil 5-1 Ateşböceği algoritmasında kullanılan uygunluk fonksiyonu gibi hesaplanan alternatif değerlerinin alternatiflerden maksimum olan değere bölümlerinin toplamını göstermektedir. Şekil 5-2 ise alternatiflerin hesaplanan sigorta primi ödemesi ile yönetim yedeği değerlerinin toplamını göstermektedir. Karar verici bu alternatifler arasında bir strateji belirleyebilmektedir. Tablo 5-1'de hesaplanan değerler verilmiştir.



Şekil 5-2 Alternatif Sigorta Pirimi Ve Yönetim Yedeği Toplamları

Söz konusu model GAMS ile de çözülmüştür. Lineer programlama kullanılarak elde edilen çözümler Ateşböceği algoritmasında elde edilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Bunun en önemli nedeninin tercih edilen uygunluk fonksiyonu olduğu düşünülmektedir. Sonraki çalışmalarda bu eksikliğin giderilmesi planlanmaktadır.

Önerilen bu yeni çözüm modeliyle yönetim yedeği ile sigortaya devredilecek kısmın dengelenmesini sağlayarak inşaat sözleşme risklerini optimize edilmeye çalışılmıştır, ayrıca buna ek olarak;

- Bahse konu risk kalemlerinin gerçekleşmediği durumlarda **bütçede gereksiz yere yüksek meblağlarda yönetim yedeği tutulmaması sağlanmış olmuştur**,
- Öngörülmesi pek mümkün olamayan ama gerçekleştiğinde etkisi çok yüksek olan risk kalemleri için bütçede yönetim yedeği tutmak yerine inşaat tüm riskler sigortası poliçesi satın alarak daha cüzi miktarlarda maliyetle **risklerin sigorta şirketine devredilmesi sağlanmıştır**
- Bahse konu işe teklif verirken, projeye ait iş programında karşılaşabileceği tüm riskleri ve olumsuz olayları da hesaba katarak, yani iş kalemlerinin bolluklarını da öngörerek reel iş programı hazırlanması ve revizyonlarına da dikkat ederek sıkı bir şekilde takip edilmesine önem vererek **tehditten kaçınılabir.**
- Farklı niteliklerde tedarikçi ve taşeronlardan meydana gelen bir havuz oluşturarak bu firmalardan fiyat teklifleri toplanması; böylelikle herhangi bir tedarikçi veya taşeronun istenilen zamanda göreve başlaması, ihale süreci tamamlanmış olduğundan çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilecektir. Bu sayede **tehditten kaçınılabilir**.
- Gecikmeleri engellemek için yedek tesisler düşünülmüştür. Bu sayede **tehdit azaltılabilir.**
- Kendi bünyemizde güçlü bir ambar ekibi oluşturarak gerek ambarlara malzeme istiflenmesi, malzeme stok kayıtlarının güncel olarak tutulması, malzemelerin ideal şartlarda muhafaza edilmesi ve gerekse de malzemelerin çalınmaktan korunması hususlarında sıkı takibe önem vererek **tehditten kaçınılabilir**.

Ayrıca tezin içindeki mevcut çalışmaya ek olarak Yargıtay'daki nihai kararlardan yola çıkılarak risk olayları reel olaylara dayandırılarak sayıları arttırılabilir ve her bir risk olayındaki risk bedelinin karşılaşacak sözleşme bedelinden hesaplama yapması tayin edilmeye çalışarak sadece sigorta ve reasürans matbu tarifesindeki indirim oranları kısıtı

kaldırılarak maksimum kapsamlı olan %80’lik sigorta koruma şemsiyesiyle, minimum koruma olan % 60’lık sigorta koruma şemsiyesi arasındaki kalan her bir olay için iterasyon yaparak örneklemimizi daha zengin bir veri seti ve akabinde de çözüm setine ulaşılabilecek daha hassas bir sisteme sahip olmak hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Afshar, M. R., Shahhosseini, V. ve Sebt, M. H. (2020). Optimal sub-contractor selection and allocation in a multiple construction project: Project portfolio planning in practice. *Journal of the Operational Research Society*, *0*(0), 1–14. doi:10.1080/01605682.2020.1835450

Akgöz Semra, Ercan İlker, K. İ. (2004). Meta-Analiz. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, *30*(2), 107–112.

Albayrak, G. ve Özdemir, I. (2018). Multimodal optimization for time-cost trade-off in construction projects using a novel hybrid method based on FA and PSO. *Revista de la Construccion*, *17*(2), 304–318. doi:10.7764/RDLC.17.2.304

Anand, R., Aggarwal, D. ve Kumar, V. (2017). A comparative analysis of optimization solvers. *Journal of Statistics and Management Systems*, *20*(4), 623–635. doi:10.1080/09720510.2017.1395182

Andayesh, M. ve Sadeghpour, F. (2013). A mathematical model for dynamic site layout planning. *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*, *2*(January), 1169–1178.

Aungkulanon, P., Chai-ead, P. ve Luangpaiboon, P. (2011). Simulated manufacturing process improvement via particle swarm optimisation and firefly algorithms. *IMECS 2011 - International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011*, *2*, 1123–1128.

Aydilek, I. B. (2017). Multi-class classification with modified firefly optimization algorithm. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, *32*(4), 1097–1107. doi:10.17341/gazimmfd.369406

Bai, Q., Labi, S., Sinha, K. C. ve Thompson, P. D. (2013). Multiobjective Optimization for Project Selection in Network-Level Bridge Management Incorporating Decision-Maker's Preference Using the Concept of Holism. *Journal of Bridge Engineering*, *18*(9), 879–889. doi:10.1061/(asce)be.1943-5592.0000428

Banaitiene, Nerija & Banaitis, A. (2012). We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 %. *Intech* içinde (ss. 429–447). doi:http://dx.doi.org/10.5772/51460 1.

Banati, H. ve Bajaj, M. (2011). Fire Fly Based Feature Selection Approach. *International Journal of Computer Science Issues*, *8*(4), 473–480.

Barros, M. T. L., Zambon, R. C., Barbosa, P. S. F. ve Yeh, W. W.-G. (2008). Planning and

Operation of Large-Scale Water Distribution Systems with Preemptive Priorities. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *134*(3), 247–256. doi:10.1061/(asce)0733-9496(2008)134:3(247)

Bazargan, J., Hashemi, H., Mousavi, S. M. ve Sabzi, H. Z. (2011). Optimal Operation of Single-Purpose Reservoir for Irrigation Projects under Deficit Irrigation Using Particle Swarm Algorithms. *Canadian Journal on Environmental, Construction and Civil Engineering*, *2*(7).

Bellagamba, L. (1999). 4 Estimating Risk Adjusted Cost or Schedule Using Fuzzy Logic. *INCOSE International Symposium*, *9*(1), 241–246. doi:10.1002/j.2334-5837.1999.tb00166.x

Bogataj, M., Čuček, L., Žula, T., Kravanja, S. ve Kravanja, Z. (2018). Sustainable synthesis and optimization of engineering systems. *WIT Transactions on the Built Environment*, *175*, 185–194. doi:10.2495/HPSM180191

Bouti, A. K. D. A. (1994). A State of the Art Review of FMEA/FMECA. *Internataional Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, *1*(4), 515–543.

Breza, M. ve McCann, J. A. (2008). Lessons in implementing bio-inspired algorithms on Wireless Sensor Networks. *Proceedings of the 2008 NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems, AHS 2008*, 271–276. doi:10.1109/AHS.2008.72

Bui, D. K., Nguyen, T. N., Ngo, T. D. ve Nguyen-Xuan, H. (2020). An artificial neural network (ANN) expert system enhanced with the electromagnetism-based firefly algorithm (EFA) for predicting the energy consumption in buildings. *Energy*, *190*(October 2019). doi:10.1016/j.energy.2019.116370

Cassiolato, G., Carvalho, E. P., Caballero, J. A. ve Ravagnani, M. A. S. S. (2021). Optimization of water distribution networks using a deterministic approach. *Engineering Optimization*, *53*(1), 107–124. doi:10.1080/0305215X.2019.1702980

Chapman, C. ;Ward S. (2003). *Project Risk Management. Processes, Techniques and Insights* (2nd bs.). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Chatterjee, A. ve Mahanti, G. K. (2013). Minimization in variations of different parameters in different φ planes of a small-size concentric ring array antenna using firefly algorithm. *Annales des Telecommunications/Annals of Telecommunications*, *68*(5–6), 299–306. doi:10.1007/s12243-012-0323-x

Chattopadhyay, D. (1999). Application of general algebraic modeling system to power system optimization. *IEEE Transactions on Power Systems*, *14*(1), 15–22. doi:10.1109/59.744462

Cheng, M. Y. ve Hoang, N. D. (2018). Estimating construction duration of diaphragm wall using firefly-tuned least squares support vector machine. *Neural Computing and*

Applications, *30*(8), 2489–2497. doi:10.1007/s00521-017-2840-z

Cheraghi, E., Khalilzadeh, M., Shojaei, S. ve Zohrehvandi, S. (2017). A mathematical Model to select the Risk Response Strategies of the Construction Projects: Case Study of Saba Tower. *Procedia Computer Science*, *121*, 609–616. doi:10.1016/j.procs.2017.11.080

Chou, J. S. ve Pham, A. D. (2015). Smart Artificial Firefly Colony Algorithm-Based Support Vector Regression for Enhanced Forecasting in Civil Engineering. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, *30*(9), 715–732. doi:10.1111/mice.12121

Condamin, L., Louisot, J.-P. ve Na¨ım, P. N. (2007). *Risk Quantification Management, Diagnosis and Hedging*. Wiley.

Değertekin, S. Ö., Lamberti, L. ve Ülker, M. (2015). Uzay Kafes Yapıların Ateşböceği Algoritması Yöntemi Optimizasyonu. *XIX. Ulusal Mekanik Kongresi*, 390–397.

Dekhici, L., Borne, P. ve Khaled, B. (2012). Firefly Algorithm for Economic Power Dispatching With Pollutants Emission. *Informatica Economica*, *16*(2), 45–57.

Ellis, J. R., O'Donnell, F. C. ve Vasconcelos, J. G. (2020). A Cost-Optimization Tool for Stormwater Management Plans Using Green Infrastructure Practices. *World Environmental and Water Resources Congress 2020: Water, Wastewater, and Stormwater and Water Desalination and Reuse - Selected Papers from the Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress 2020*, (May), 52–59. doi:10.1061/9780784482988.006

Elmasry, M., Zayed, T. ve Hawari, A. (2019). Multi-Objective Optimization Model for Inspection Scheduling of Sewer Pipelines. *Journal of Construction Engineering and Management*, *145*(2), 04018129. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001599

Emblemsvåg, J. ve Endre Kjølstad, L. (2002). Strategic risk analysis – a field version. *Management Decision*, *40*(9), 842–852. doi:10.1108/00251740210441063

Erdal, F. (2017). A firefly algorithm for optimum design of new-generation beams. *Engineering Optimization*, *49*(6), 915–931. doi:10.1080/0305215X.2016.1218003

Escobar, C. M., González-estrada, O. A., Escobar, C. M., González-estrada, O. A., Guillermo, H. ve Acevedo, S. (2018). Damage detection in a unidimensional truss using the firefly optimization algorithm and finite elements Guillermo Sánchez Acevedo To cite this version : HAL Id : hal-01538689 PREPRINT PAPER DAMAGE DETECTION IN A UNIDIMENSIONAL TRUSS USING THE, (April).

Fan, C. F. ve Yu, Y. C. (2004). BBN-based software project risk management. *Journal of Systems and Software*, *73*(2), 193–203. doi:10.1016/j.jss.2003.12.032

Fang, C. ve Marle, F. (2012). A simulation-based risk network model for decision support in project risk management. *Decision Support Systems*, *52*(3), 635–644.

doi:10.1016/j.dss.2011.10.021

Fateen, S. E. K., Bonilla-Petriciolet, A. ve Rangaiah, G. P. (2012). Evaluation of Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy, Shuffled Complex Evolution and Firefly Algorithms for phase stability, phase equilibrium and chemical equilibrium problems. *Chemical Engineering Research and Design*, *90*(12), 2051–2071. doi:10.1016/j.cherd.2012.04.011

Fister, I., Yang, X. S. ve Brest, J. (2013). A comprehensive review of firefly algorithms. *Swarm and Evolutionary Computation*, *13*. doi:10.1016/j.swevo.2013.06.001

Gandomi, A. H., Yang, X. S. ve Alavi, A. H. (2011). Mixed variable structural optimization using Firefly Algorithm. *Computers and Structures*, *89*(23–24), 2325–2336. doi:10.1016/j.compstruc.2011.08.002

Ghahramanzadeh, M. (2013). Managing Risk of Construction Projects: A case study of Iran, (October), 312. http://hdl.handle.net/10552/3502 adresinden erişildi.

Gomar, J. E., Haas, C. T. ve Morton, D. P. (2002). Assignment and Allocation Optimization of Partially Multiskilled Workforce. *Journal of Construction Engineering and Management*, *128*(2), 103–109. doi:10.1061/(asce)0733-9364(2002)128:2(103)

Harou, J. J., Pinte, D., Tilmant, A., Rosenberg, D. E., Rheinheimer, D. E., Hansen, K., … Zhu, T. (2010). An open-source model platform for water management that links models to a generic user-interface and data-manager. *Modelling for Environment's Sake: Proceedings of the 5th Biennial Conference of the International Environmental Modelling and Software Society, iEMSs 2010*, *2*, 1041–1049.

Hassanzadeh, T. ve Meybodi, M. R. (2012). A new hybrid approach for data clustering using firefly algorithm and K-means. *AISP 2012 - 16th CSI International Symposium on Artificial Intelligence and Signal Processing*, (Aisp), 7–11. doi:10.1109/AISP.2012.6313708

Hillson, D. (1997). Towards a Risk Maturity Model. *The International Journal of Project and Business Risk Management*.

Hillson, D. (2003). Using a Risk Breakdown Structure in project management. *Journal of Facilities Management*, *2*(1), 85–97. doi:10.1108/14725960410808131

Hillson, D., Grimaldi, S. ve Rafele, C. (2006). Managing Project Risks Using a Cross Risk Breakdown Matrix. *Risk Management*, *8*(1), 61–76. doi:10.1057/palgrave.rm.8250004

Horng, M. H. ve Liou, R. J. (2011). Multilevel minimum cross entropy threshold selection based on the firefly algorithm. *Expert Systems with Applications*, *38*(12), 14805–14811. doi:10.1016/j.eswa.2011.05.069

Horng, M. ve Jiang, T. (2010). The Codebook Design of Image Vector Quantization, 438–

447.

Hou, L., Zhao, C., Wu, C., Moon, S. ve Wang, X. (2017). Discrete Firefly Algorithm for Scaffolding Construction Scheduling. *Journal of Computing in Civil Engineering*, *31*(3), 04016064. doi:10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000639

Jakimovski, B., Meyer, B. ve Maehle, E. (2010). Firefly flashing synchronization as inspiration for selfsynchronization of walking robot gait patterns using a decentralized Robot Control Architecture. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *5974 LNCS*, 61–72. doi:10.1007/978-3-642-11950-7_7

Jati, G. K. ve Suyanto. (2011). Evolutionary discrete firefly algorithm for travelling salesman problem. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *6943 LNAI*(1), 393–403. doi:10.1007/978-3-642-23857-4_38

Javad, M., Amiri, T., Hematian, M., Haghighi, F. ve Barforooshi, M. J. (2021). Site Layout Optimization and its Impact on the Cost of Construction Projects, *53*(2), 121–122.

Jin, X. H. ve Zhang, G. (2011). Modelling optimal risk allocation in PPP projects using artificial neural networks. *International Journal of Project Management*, *29*(5), 591–603. doi:10.1016/j.ijproman.2010.07.011

Kallrath, J. (2012). *Algebraic Modeling Systems*. (J. Kallrath, Ed.). Springer. doi:10.1007/978-3-642-23592-4

Kazemzadeh Azad. (2011). Optimum design of structures using an improved firefly algorithm. *International Journal of Optimization in Civil Engineering*, *2*, 327–340. doi:10.1007/s11690-010-0231-z

Khadwilard, A., Chansombat, S., Thepphakorn, T., Thapatsuwan, P., Chainate, W. ve Pongcharoen, P. (2011). Application of firefly algorithm and its parameter setting for job shop scheduling. *First Symposium on Hands-On Research and Development*, *1*(1).

Klan, U. ve Der, M. P. (2008). Cost Optimal Project Scheduling, *41*(4), 153–158.

Klimeś, L. ve Popela, P. (2010). An implementation of progressive hedging algorithm for engineering problems. *Mendel*, 459–464.

Kravanja, S. (2018a). Mixed-integer Non-linear Programming in Civil Engineering, 42–47. doi:10.22616/ce.2017.006

Kravanja, S. (2018b). Optimization of a Steel Penstock With Stiffener Rings. *Elektronički časopis građevinskog fakulteta Osijek*, (17), 64–73. doi:10.13167/2018.17.7

Kravanja, S. ve Žula, T. (2013). Cost optimization of structures in civil engineering. *ISEC*

2013 - 7th International Structural Engineering and Construction Conference: New Developments in Structural Engineering and Construction, (January 2013), 1325–1330. doi:10.3850/978-981-07-5354-2-St-98-291

Küçükkoç, İ. (2020). *Optimizasyon Teknikleri Ders Notları*.

Kumar, V. ve Kumar, D. (2020). A Systematic Review on Firefly Algorithm: Past, Present, and Future. *Archives of Computational Methods in Engineering*, (0123456789). doi:10.1007/s11831-020-09498-y

Kwiecień, J. ve Filipowicz, B. (2012). Firefly algorithm in optimization of queueing systems. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, *60*(2), 363–368. doi:10.2478/v10175-012-0049-y

Łukasik, S. ve Zak, S. (2009). Firefly algorithm for continuous constrained optimization tasks. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *5796 LNAI*, 97–106. doi:10.1007/978-3-642-04441-0_8

Lyons, T. ve Skitmore, M. (2004). Lyons , Terry and Skitmore , Martin (2004) Project risk management in the Queensland engineering construction industry : a survey . International Journal Copyright 2004 Elsevier PROJECT RISK MANAGEMENT IN THE QUEENSLAND ENGINEERING CONSTRUCTION INDUSTRY. *International Journal of Project Management*, *22*(November 2002), 51–61.

Mauder, T., Sandera, C., Stetina, J. ve Seda, M. (2011). Optimization of the quality of continuously cast steel slabs using the firefly algorithm. *Materiali in Tehnologije*, *45*(4), 347–350.

Miguel, L. F. F. ve Fadel Miguel, L. F. (2012). Shape and size optimization of truss structures considering dynamic constraints through modern metaheuristic algorithms. *Expert Systems with Applications*, *39*(10), 9458–9467. doi:10.1016/j.eswa.2012.02.113

Montoya Giraldo, O. D. (2017). Solving a Classical Optimization ProblemUsing GAMS Optimizer Package: Economic Dispatch ProblemImplementation. *Ingeniería y Ciencia*, *13*(26), 39–63. doi:10.17230/ingciencia.13.26.2

Montoya, O. D., Gil-González, W. ve Grisales-Noreña, L. F. (2021). On the mathematical modeling for optimal selecting of calibers of conductors in DC radial distribution networks: An MINLP approach. *Electric Power Systems Research*, *194*(July 2020). doi:10.1016/j.epsr.2021.107072

Mullai, A. (2006). *Risk Management System- Risk Assessment Framworks and Techniques* (DaGoB Pub.). Turku, Finland.: DaGoB (Safe and Reliable Transport Chains of Dangerous Goods in the Baltic Sea Region) Project Office, Turku School of Economics, Turku, Finland.

Nasiri, B. ve Meybodi, M. R. (2016). Improved speciation-based firefly algorithm in dynamic and uncertain environments. *Journal of Information Science and Engineering*, *32*(3), 661–676. doi:10.6688/JISE.2016.32.3.9

Noyan, Eda & Giran, O. (2020). IPCMC2020_Paper_96. *An Overview of Risk Management in Construction Projects: Literature Review* içinde (s. 9).

Ozsoydan, F. B. ve Baykasoğlu, A. (2015). A multi-population firefly algorithm for dynamic optimization problems. *2015 IEEE International Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems, EAIS 2015*. doi:10.1109/EAIS.2015.7368777

PMBOK. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK Guide Sixth Edition*. Project Management Institute, Inc.

PMI, P. M. I. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* (4th bs.). Newton Square, Pensylvania USA: Project Management Institute, Inc.

Pop, C. B., Chifu, V. R., Salomie, I., Baico, R. B., Dinsoreanu, M. ve Copil, G. (2011). A hybrid firefly-inspired approach for optimal semantic web service composition. *Scalable Computing*, *12*(3), 363–369. doi:10.12694/scpe.v12i3.730

Purnus, A. ve Bodea, C.-N. (2013). Considerations on Project Quantitative Risk Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *74*, 144–153. doi:10.1016/j.sbspro.2013.03.031

Rashedi, R. ve Hegazy, T. (2015). Capital renewal optimisation for large-scale infrastructure networks: genetic algorithms versus advanced mathematical tools. *Structure and Infrastructure Engineering*, *11*(3), 253–262. doi:10.1080/15732479.2013.866968

Rebernik, M. ve Bradač, B. (2011). Idea evaluation methods and techniques. *Idea evaluation methods and techniques*, *15*(1), 1–69.

Rejani, V. U., Sunitha, V., Mathew, S. ve Veeraragavan, A. (2021). A Network Level Pavement Maintenance Optimisation Approach Deploying GAMS. *International Journal of Pavement Research and Technology*, (0123456789). doi:10.1007/s42947-021-00058-6

Ruhlusaraç, M. (2020). BUSINESS & MANAGEMENT STUDIES :, (4), 83–97.

S. Gholizadeh, H. B. (2012). A comparative study on three metaheuristics for optimum design of trusses. *International Journal of Optimization in Civil Engineering*, *3*, 423–441.

Santos, A. F. do., Campos Velho, H. F. d., Luz, E. F. P., Freitas, S. R., Grell, G. ve Gan, M. A. (2013). Firefly optimization to determine the precipitation field on South America. *Inverse Problems in Science and Engineering*, *21*(3), 451–466. doi:10.1080/17415977.2012.712531

Sarker, Ruhul A., N. C. S. (2008). *Optimization Modelling A Practical Approach*. Taylor &

Francis.

Sayadi, M. K., Ramezanian, R. ve Ghaffari-Nasab, N. (2010). A discrete firefly meta-heuristic with local search for makespan minimization in permutation flow shop scheduling problems. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, *1*(1), 1–10. doi:10.5267/j.ijiec.2010.01.001

Senthilnath, J., Omkar, S. N. ve Mani, V. (2011). Clustering using firefly algorithm: Performance study. *Swarm and Evolutionary Computation*, *1*(3), 164–171. doi:10.1016/j.swevo.2011.06.003

Severin, S. ve Rossmann, J. (2012). A comparison of different metaheuristic algorithms for optimizing blended PTP movements for industrial robots. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *7508 LNAI*(PART 3), 321–330. doi:10.1007/978-3-642-33503-7_32

Sezen, B. ve Erben, B. (2019). Sürdürülebilir ulaşımda önemli bir yere sahip olan bisikletin Gams küme kapsama modeli ile konumlandırılması : Gebze Teknik Üniversitesi örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, *2*(1), 1–15.

Sheikholeslami, R., Gholipour Khalili, B. ve Zahrai, S. M. (2014). Optimum Cost Design of Reinforced Concrete Retaining Walls Using Hybrid Firefly Algorithm. *International Journal of Engineering and Technology*, *6*(6), 465–470. doi:10.7763/ijet.2014.v6.742

Šilih, S., Žula, T. ve Kravanja, S. (2007). The MINLP optimization in civil engineering MINLP model formulation Optimization, 299–304.

Singh, Dharamveer, Maheshwari, S., Zaman, M. ve Commuri, S. (2018). Kernel machines and firefly algorithm based dynamic modulus prediction model for asphalt mixes considering aggregate morphology. *Construction and Building Materials*, *159*, 408–416. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.10.133

Singh, Divya, Garjan, H. S., Singh, S. V. ve Bhardhwaj, G. (2021). A Novel Optimization Technique for Integrated Supply Chain Network in Industries - A Technical Perspective. *Proceedings of 2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management, ICIEM 2021*, 550–554. doi:10.1109/ICIEM51511.2021.9445392

Sivaraj, K. (2016). Study and Optimization Model for Integrated Municipal Solid Waste Management in South Zone of Coimbatore, (January).

Steele, J. C., Mahoney, K., Karovic, O. ve Mays, L. W. (2016). Heuristic Optimization Model for the Optimal Layout and Pipe Design of Sewer Systems. *Water Resources Management*, *30*(5), 1605–1620. doi:10.1007/s11269-015-1191-8

Tahershamsi, A., Kaveh, A., Sheikholeslami, R. ve Kazemzadeh Azad, S. (2014). An improved firefly algorithm with harmony search scheme for optimization of water distribution systems. *Scientia Iranica*, *21*(5), 1591–1607.

Taillandier, F., Taillandier, P., Tepeli, E., Breysse, D., Mehdizadeh, R. ve Khartabil, F. (2015). A multi-agent model to manage risks in construction project (SMACC). *Automation in Construction*, *58*, 1–18. doi:10.1016/j.autcon.2015.06.005

Talatahari, G. and Y. (2012). Optimum design of tower structures using firefly algorithm. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, *23/5*(July 2014), 350–361. doi:10.1002/tal.1043

Tawai, P. ve Siemanond, K. (2018). *Simulation/optimization of bio-hydrogenated diesel process with techno-economic analysis*. *Computer Aided Chemical Engineering* (C. 43). Elsevier Masson SAS. doi:10.1016/B978-0-444-64235-6.50067-X

Tin-Loi, F. (1993a). A GAMS model for the plastic limit analysis of plane frames. *Applied Mathematical Modelling*, *17*(11), 595–602. doi:10.1016/0307-904X(93)90067-Q

Tin-Loi, F. (1993b). Plastic limit analysis, mathematical programming and gams. *Engineering Optimization*, *20*(4), 273–286. doi:10.1080/03052159308941285

Umaroğlu, M. M. (2020). *Meta-Analizinde Aykırı Değerlerin İncelenmesi ve Aykırı Değerlerin olduğu Durumda Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması*. Hacettepe Üniversitesi.

Vale, C. ve Ribeiro, I. M. (2014). Railway condition-based maintenance model with stochastic deterioration. *Journal of Civil Engineering and Management*, *20*(5), 686–692. doi:10.3846/13923730.2013.802711

Vieira, J., Cunha, M. C., Nunes, L., Monteiro, J. P., Ribeiro, L., Stigter, T., … Lucas, H. (2011). Optimization of the Operation of Large-Scale Multisource Water-Supply Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *137*(2), 150–161. doi:10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000102

Wang, M.-T. ve Chou, H.-Y. (2003). Risk Allocation and Risk Handling of Highway Projects in Taiwan. *Journal of Management in Engineering*, *19*(2), 60–68. doi:10.1061/(asce)0742-597x(2003)19:2(60)

Yakın Cenkler. (2006). Quantifying Risk Management Process in a Software Organization, (April).

Yang, X.-S. (2014). Firefly Algorithms. *Nature-Inspired Optimization Algorithms*, 111–127. doi:10.1016/b978-0-12-416743-8.00008-7

Yang, X. (2014). *Studies in Computational Intelligence 516 Cuckoo Search and Firefly Algorithm*. (X. Yang, Ed.)*Cuckoo Search and Firefly Algorithm Theory and Applications*. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-02141-6_1 adresinden erişildi.

Yang, X. S. (2009). Firefly algorithms for multimodal optimization. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and*

Lecture Notes in Bioinformatics), 5792 LNCS, 169–178. doi:10.1007/978-3-642-04944-6_14

Yang, X. S. (2013). Multiobjective firefly algorithm for continuous optimization. *Engineering with Computers*, *29*(2), 175–184. doi:10.1007/s00366-012-0254-1

Yang, X. S. (2014). Preface. *Studies in Computational Intelligence*, *585*, v–vi. doi:10.1007/978-3-319-02141-6

Yang, X. S. ve He, X. (2013). Firefly algorithm: recent advances and applications. *International Journal of Swarm Intelligence*, *1*(1), 36. doi:10.1504/ijsi.2013.055801

Yang, X. S., Hosseini, S. S. S. ve Gandomi, A. H. (2012). Firefly Algorithm for solving non-convex economic dispatch problems with valve loading effect. *Applied Soft Computing Journal*, *12*(3), 1180–1186. doi:10.1016/j.asoc.2011.09.017

Yıldız, N. ve Tez, M. (2009). Meta-analizinde kategorik verilerin birleştirilmesinde kullanılan istatistiksel yöntemler: Aktif ve pasif sigara içicilerin değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi Istanbul University Journal of the School of Business Administration Cilt*, *38*(2), 134–146.

Yücel Melda, K. A. E. B. G. N. S. M. (2021). *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları ve Mühendislik Uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık.

Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M. ve Venugopal, M. (2013). Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction*, *29*, 183–195. doi:10.1016/j.autcon.2012.05.006

Žula, T. ve Kravanja, S. (2018). Optimization of the sustainability profit generated by the production of beams, (February 2020), 159–165. doi:10.18690/978-961-286-211-4.12