



ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği

**SÜRDÜRÜLEBİLİR İNSAN KAYNAĞI YÖNETİMİ  
İÇİN BİR KARAR DESTEK MODELİ: BELİRSİZ  
FAYDA FONKSİYONLU DOĞRUSAL-OLMAYAN  
ATAMA PROGRAMI İLE ÇALIŞAN  
MEMNUNİYETİNİN ARTTIRILMASI**

Gül CORUH

Yüksek Lisans Tezi

Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan Turan

İstanbul, 2019

**SÜRDÜRÜLEBİLİR İNSAN KAYNAĞI YÖNETİMİ İÇİN BİR KARAR  
DESTEK MODELİ: BELİRSİZ FAYDA FONKSİYONLU DOĞRUSAL-  
OLMAYAN ATAMA PROGRAMI İLE ÇALIŞAN MEMNUNİYETİNİN  
ARTTIRILMASI**

**Gül CORUH**

Endüstri Mühendisliği

Fen Bilimleri Enstitüsü'ne

Yüksek Lisans

Tezi Olarak Sunulmuştur.

**ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ**

2019

Bu çalışma tarafımızca incelenmiş olup, kapsam ve kalite açısından Yüksek Lisans tezi olmaya yeterli bulunmuştur.

  
Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan Turan

Danışman

İnceleme Komitesi Üyeleri (İlk isim jüri başkanına, ikinci isim tez danışmanına aittir.)

Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan  
TURAN

Endüstri Mühendisliği Böl., Mühendislik  
ve Doğa Bilimleri Fak., Altınbaş Üniv.

Doç. Dr. Niyazi Onur BAKIR

Endüstri Mühendisliği Böl., Mühendislik  
ve Doğa Bilimleri Fak., Altınbaş Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Saadet ÇETİNKAYA

İşletme Böl., İşletme Fak., Kadir Has  
Üniv.

Bu çalışma bir Yüksek Lisans tezinin tüm gerekli şartlarını taşımaktadır.

  
Doç. Dr. Niyazi Onur BAKIR

Bölüm Başkanı

  
Prof. Dr. Oğuz BAYAT

Enstitü Müdürü

Fen Bilimleri Enstitüsü onayı: 02/09/2019

Bu dökümandaki tüm bilgilerin akademik kural ve etiğe bağılı kalınarak yazıldığını ve tez yazım kuralları kapsamında bu çalışmada bulunan ve özgün olmayan bütün bilgi ve materyallerin referanslandırıldığını temin ederim.

Gül CORUH



## İTHAF

Bu yüksek lisans tezimde çalışmam süresince bana her türlü yardım ve destek sağlayan, teknik bilgi ve tecrübeleri ile çalışmamı aydınlatan ve yol gösteren Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan Turan'a. Tez savunmama katılarak yorum, öneri ve geri bildirimleri ile tezime katkı sağlayan Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır, Dr. Öğr. Üyesi Saadet Çetinkaya'a ve tüm hayatım boyunca benim yanımda olan , her konuda desteklerini asla esirgemeyen değerli aileme ithaf ederim.



## ÖZET

# SÜRDÜRÜLEBİLİR İNSAN KAYNAĞI YÖNETİMİ İÇİN BİR KARAR DESTEK MODELİ: BELİRSİZ FAYDA FONKSİYONLU DOĞRUSAL-OLMAYAN ATAMA PROGRAMI İLE ÇALIŞAN MEMNUNİYETİNİN ARTTIRILMASI

CORUH, Gül

Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği, Altınbaş Üniversitesi,

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan TURAN

Tarih: Mayıs 2019

Sayfa Sayısı: 39

Kurumların sahip olduğu en önemli kaynak şüphesiz insandır ve insan kaynağını en doğru şekilde kullanabilmeleri zaman ve paradan tasarruf etmelerini sağlar. İnsan kaynağı yönetiminin en önemli adımlarından biri ise iş-personel eşleştirme sürecidir. Bu süreçte başarı için işe yerleştirilecek adayın teknik yeterliliğinin yanı sıra görev alacağı pozisyon ile ilgili memnuniyet ve beklentilerini de düşünmek gerekir. Bu bağlamda, sunulan tez çalışması ile güncel bir yaklaşım olan sürdürülebilir insan kaynağı yönetimi altında, çalışan memnuniyetini arttıracak bir iş-personel atama karar destek modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen karar destek modelinde çalışan memnuniyetini ölçmede fayda teorisi ve fonksiyonlarından yararlanılırken, optimal iş-personel eşleştirmesini gerçekleştirmede belirsiz fayda fonksiyonlu doğrusal-olmayan atama programı kullanılmıştır. Geliştirilen karar destek modeli ile hem çalışan memnuniyetinin ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlere göre çoğunlukla doğrusal-olmayan bir şekilde değişiklik göstermesi durumu, hem de çalışan memnuniyetinde olabilecek belirsizlikler aynı anda hesaba

katılarak, önceki modellerden daha gerçekçi bir yaklaşım sunulmuştur. Geliştirilen karar destek modelinin uygulaması kurgusal bir örnek üzerinden gösterilmiş, Monte Carlo benzetimi kullanılarak elde edilen sonuçlar duyarlılık analizi ile istatistiksel bağımsızlık ve bağımlılık durumları altında incelenmiştir. Bu sayede çalışmanın özgün tarafı detaylı olarak irdelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilir İnsan Kaynağı Planlaması, Çalışan Motivasyonu, Optimal İşe Yerleştirme, Optimal Personel İşe Alımı, Çalışan Üretkenliği ve Verimlilik, Sosyal Sürdürülebilirlik



## **ABSTRACT**

# **A DECISION SUPPORT MODEL FOR SUSTAINABLE HUMAN RESOURCE MANAGEMENT: IMPROVING EMPLOYEE SATISFACTION WITH A NON-LINEAR ASSIGNMENT PROGRAM INVOLVING UNCERTAIN UTILITY FUNCTIONS**

CORUH, Gül,

M.Sc., Industrial Engineering, Altinbas University,

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Fikret Korhan TURAN

Date: May 2019

Pages: 39

It is no doubt that the most significant resource for organizations is human capital and the optimal utilization of human capital enables them to make savings both from time and money. One of the most critical phases of human resource management is the job-personnel assignment process. For success in this process, it is necessary to consider a job candidate's satisfaction and expectations with regard to the job that he/she will be assigned, in addition to his/her technical competencies. Considering this fact, in the context of sustainable human resource management which is a topic highlighted in the extant literature, this research aims to develop a job-personnel assignment decision support model that can be used to improve employee satisfaction. While the model developed makes use of the utility theory and its functions in measuring employee satisfaction, it employs a non-linear assignment program with uncertain utility functions to determine the optimal job-personnel match. By taking into account both non-linearities and uncertainties in employee satisfaction changing with respect to economic, social and environmental factors, the model developed provides a more realistic approach than the previous models do. An illustration of the model developed is presented with a hypothetical example



where the results obtained through Monte Carlo simulation are statistically interpreted. To elaborate the contribution further, a sensitivity analysis is conducted, and the results are analyzed under both statistical independence and dependence assumptions.

**Keywords:** Sustainable Human Resource Planning, Employee Motivation, Optimal Job Placement, Optimal Personnel Recruitment, Employee Productivity and Efficiency, Social Sustainability



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>4</b>
<b>3. YÖNTEMSSEL YAKLAŞIM</b> .....	<b>8</b>
<b>4. ÖRNEK UYGULAMA</b> .....	<b>12</b>
4.1 UYGULAMA KURGUSU, VARSAYIMLAR VE SENARYOLAR.....	12
4.2 UYGULAMA SONUÇLARI VE İSTATİSTİKSEL ANALİZ .....	21
4.3 DUYARLILIK ANALİZİ VE İSTATİSTİKSEL BAĞIMLILIK.....	25
<b>5. YÖNTEMSSEL YAKLAŞIM VE ÖRNEK UYGULAMA İLE İLGİLİ KISITLAR</b> ...	<b>28</b>
<b>6. SONUÇ VE GELECEKTE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>29</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>30</b>

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 4.1: Farklı tipte artan fayda fonksiyonları elde etmek için kullanılacak parametre değerleri.....	14
Tablo 4.2: Örnek uygulama için geliştirilen senaryolar .....	15
Tablo 4.3: Her bir senaryo için adaylara ait ekonomik fayda fonksiyonu parametre değerleri ....	17
Tablo 4.4: Her bir senaryo için adaylara ait sosyal-çevresel fayda fonksiyonu parametre değerleri .....	18
Tablo 4.5: Adayların atanacağı üç pozisyona ait ekonomik ve sosyal-çevresel getiri değerleri...	21
Tablo 4.6: Örnek uygulama sonucunda elde edilebilecek altı atama tipi.....	21
Tablo 4.7: 1., 2. ve 5. senaryolar için elde edilen sonuçlar .....	22
Tablo 4.8: 6. senaryo altında duyarlılık analizi ile istatistiksel bağımsızlık ve bağımlılık durumları için parametre değerleri.....	26

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 4.1: Tablo 3 ve Tablo 4’te verilen parametre değerleri kullanılarak oluşturulan fayda fonksiyonları .....	20
Şekil 4.2: 3., 4. ve 6. senaryo sonuçlarına ait histogram ve saplı kutu grafikleri .....	23
Şekil 4.3: 6. senaryo altında duyarlılık analizi ile istatistiksel bağımsızlık ve bağılılık durumlarına ait histogram ve saplı kutu grafikleri .....	27

# 1. GİRİŞ

Eski çağlarda, insan kaynakları yönetimi kavramı, görev ve sorumlulukların verimli bir şekilde ve bir düzen içerisinde yerine getirilmesi veya yönetilmesi olarak ortaya çıkmıştır. Bilimsel tanımı ise literatüre ilk defa Taylor [1] tarafından “bilimsel yöntem” yaklaşımının öne sürülmesi ile geçmiştir. Fakat, bu yaklaşım verimliliği arttırmak açısından uygun bir yöntem olsa da, insani ihtiyaçları ve ilişkileri hesaba katmayan katı bir hiyerarşiye sahipti. Bu nedenle, zaman içerisinde geçerliliğini yitirmiş yerini yönetim işlevini insani ihtiyaçlar ve ilişkiler ile beraber ele alan daha gelişmiş ve modern yaklaşımlara bırakmıştır.

Kurumların sahip olduğu en önemli kaynak şüphesiz insandır ve insan kaynağını en doğru şekilde kullanabilmeleri zaman ve paradan tasarruf etmelerini sağlar. İnsan kaynağı yönetiminin en önemli adımlarından biri ise iş-personel atama sürecidir. Bu süreçte başarı ve süreklilik için işe yerleştirilecek adayın teknik yeterliliklerinin yanı sıra görev alacağı pozisyon ile ilgili memnuniyet ve beklentilerini de düşünmek gerekir. Örneğin, Herzberg [2], Harvard Business Review dergisinde yayınlanan bir makalesinde, çalışan memnuniyetsizliğinin uzun vadede üretkenliği düşürdüğünü vurgulamış ve çalışan memnuniyetsizliğine sebep olan temel faktörleri ele almıştır. Bunlardan bazıları gereksiz şirket kuralları, aşırı denetim, çalışma arkadaşları ve yöneticiler ile ilişkilerdeki aksaklıklar, uygun olmayan çalışma koşulları, düşük ücretler, ödüllendirme sistemlerindeki sorunlar, çalışanın kendisini iş güvencesi bakımından tedirgin hissetmesi şeklinde sıralanabilir. Dolayısıyla, kısa vadenin yanı sıra uzun vadede de rekabet avantajını koruyabilmek, üretkenliği arttırmak ve kalkınma hedeflerine ulaşabilmek için sürdürülebilir bir insan kaynağı yönetim stratejisinin benimsenmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa Elkington [3] tarafından ortaya sürülmüştür. Elkington [3] sunduğu “üçlü dip çizgisi” yaklaşımı ile sürdürülebilir gelişim için kurumların karar verme süreçlerinde ekonomik faktörlerin yanı sıra sosyal ve çevresel faktörleri de hesaba katmaları gerektiğini belirtmiştir. Sürdürülebilir insan kaynağı yönetimi ise uzun vadede ekonomik, toplumsal ve çevresel fayda sağlamak için personel işe alma, seçme, yerleştirme, eğitim ve gerekirse işten çıkarma gibi süreçleri içermektedir [4]. Bu süreçlerde, kısa vadenin yanı sıra uzun vadenin, ekonomik faktörlerin yanı sıra sosyal ve çevresel faktörlerin de hesaba katılması

kurumlara olumsuzluk ve başarısızlıklara karşı daha dayanıklı olma ve böylece uzun vadede rekabet avantajını koruyabilme imkanı sağlamaktadır [4].

Literatürde, insan kaynakları yönetimi konusu altında, iş-personel atama problemini ele alan çeşitli karar destek modelleri mevcuttur; ancak, bu modellerin çoğu sosyal ve çevresel faktörleri göz ardı edip yalnızca ekonomik faktörlere odaklanan ve bunu yaparken de doğrusallık ve belirlilik gibi problemi aşırı derecede basite indirgeyen çeşitli varsayımlar içermektedir. Bu nedenlerle, geliştirilen modellerin pek çoğu gerçekçi bir yaklaşım sunamamakta ve modellerden elde edilen çıktılar gerçek hayat koşullarında kullanışlı olamamaktadır. Dolayısıyla, bu tez çalışması ile önceki yaklaşımların kısıtlarını da düşünerek cevaplanmaya çalışılan araştırma sorusu şu şekilde özetlenebilir: “Ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlere göre çoğunlukla doğrusal-olmayan bir şekilde değişiklik gösteren çalışan memnuniyetini belirsizlik altında enbüyükleyecek optimal bir iş-personel ataması nasıl gerçekleştirilebilir?”

Bu amaçla, yani sürdürülebilir insan kaynağı yönetimi altında belirtilen spesifik araştırma sorusunu yanıtlamak amacıyla, sunulan tez çalışması ile çalışan memnuniyetindeki doğrusal olmama durumu ve bunlardaki belirsizliği aynı anda hesaba katacak ve böylece literatürde bulunan önceki iş-personel ataması karar destek modellerinden daha gerçekçi bir yaklaşım sunacak yeni bir karar destek modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek modelinde ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlerin çalışan memnuniyetini nasıl ya da ne seviyede etkilediğini ölçümlemede fayda teorisi ve fonksiyonlarından yararlanılırken, toplam çalışan memnuniyetini enbüyükleyecek optimal iş-personel eşleştirmesini gerçekleştirmede belirsiz fayda fonksiyonlu doğrusal-olmayan atama programı kullanılmıştır.

Geliştirilen karar destek modelinin uygulaması ise, belirli varsayım ve senaryolar altında, üç pozisyon ile üç adayın bulunduğu ve çalışan memnuniyetini etkileyen faktörlerin ekonomik (parasal) ve sosyal-çevresel (parasal olmayan) şeklinde iki ana grup altında ele alındığı görece küçük, kurgusal bir örnek ile gösterilmiştir. Monte Carlo benzetimi ile elde edilen örnek uygulama sonuçları istatistiksel olarak yorumlanmış, bu sayede belirsiz doğrusal-olmayan atama programının değeri doğrusal, doğrusal-olmayan ve belirsiz doğrusal atama programlarına göre ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, çalışmanın özgün tarafını detaylandırmak adına, hem elde edilen sonuçlar üzerinden bir duyarlılık analizi yapılmış, hem de istatistiksel bağımsızlık ve bağımlılık durumları altında sonuçların nasıl ya da ne şekilde değişebileceği araştırılmıştır.

Sunulan tez çalışmasının diğer bölümleri kısaca şu şekilde özetlenebilir. İkinci bölümde literatürde bulunan önceki iş-personel ataması karar destek modellerinde kullanılan yöntemsel yaklaşımlar ele alınmış, literatüre yapılan özgün katkı detaylı olarak açıklanmıştır. Üçüncü bölümde fayda teorisi ve fonksiyonları yardımıyla, toplam çalışan memnuniyetini enbüyükleyecek belirsiz doğrusal-olmayan genel bir atama programı geliştirilmiştir. Dördüncü bölümde ise örnek uygulamaya yer verilip, Monte Carlo benzetimi ile elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak yorumlanmış, bu sonuçlar duyarlılık analizi ile istatistiksel bağımsızlık ve bağımlılık durumları altında test edilmiştir. Son olarak, beşinci ve altıncı bölümlerde ise sırasıyla çalışmanın kısıtları tartışılmış ve gelecekte konuyla ilgili yapılabilecek yeni çalışmalardan bahsedilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde bulunan iş-personel eşleştirmesi karar destek modellerinde kullanılan atama programları doğrusal, karışık tamsayı, doğrusal-olmayan, belirsiz doğrusal, belirsiz karışık tamsayı ve belirsiz doğrusal-olmayan atama programları olmak üzere altı ana grup altında toplanabilir.

Çalışmalarında doğrusal atama programı kullananlar arasında Çevik [5] ve Kahveci ve Gidersoy [6] gösterilebilir. Çevik [5] geliştirdiği doğrusal atama programı ile Tokat ilinde faaliyet gösteren bir firma için en az maliyetli iş gücü planlaması yapmış ve sonucunda hangi vardiyada hangi personelden kaç adet çalıştırılması gerektiğini belirlemiştir. Kahveci ve Gidersoy [6] firma maliyetlerini en aza indirirken, karı enbüyüklemeyi amaçlayan bir doğrusal atama programı geliştirmiş ve bunu Macar algoritması ile çözmüştür.

Norman vd. [7] ve Fırat ve Hunkers [8] çalışmalarında karışık tamsayı atama programından yararlanmıştır. Norman vd. [7] etkenliği en üst düzeye çıkaracak iş-personel atama organizasyonunu gerçekleştirmeyi hedeflemiş, bu amaçla geliştirdikleri karışık tamsayı atama programını toplam maliyete, personele verilen eğitime, verimlilik katsayısına ve kalite seviyesine göre değişiklik gösteren 32 farklı senaryo altında test etmiştir. Fırat ve Hunkers [8] teknisyenlerin birden çok beceri gerektiren işlere atanması konusunu ele almış, geliştirdikleri karışık tamsayı atama programı yardımıyla işleri ve gerekli yeteneklere sahip olan teknisyenleri farklı bakım ve onarım kısıtları altında birbiri ile eşleştirmiştir.

Brusco [9], Othman vd. [10], Heimerl ve Kolisch [11], Çelik vd. [12], Nembhart ve Bentefouet [13] ve Hewitt vd. [14] çalışmalarında doğrusal-olmayan atama programı kullanmıştır. Brusco [9] personel kıtlığı çeken şirketlerde personelin farklı iş kollarında çapraz çalıştırılmasının sıklıkla karşılaşılan bir durum olduğunu belirterek çapraz çalıştırılan personelin işlere atanması konusunu ele almıştır. Fayda teorisi ve fonksiyonlarından yararlanarak hedefin toplam faydayı enbüyüklemek olduğu ve bunun ikinci dereceden bir fonksiyon ile tanımlandığı doğrusal-olmayan bir atama programı geliştirmiştir. Geliştirdiği programı bir dal-sınır algoritması ile çözmüş ve bu algoritmanın pratikte uygulanan görece küçük problemlerde başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir. Othman vd. [10] iş gücü planlaması amacıyla geliştirdikleri doğrusal-



olmayan atama programında hem işe alım, işten çıkarma, eğitim ve fazla mesai maliyetlerinin en aza indirilmesini, hem de işten çıkarılan üretken personel sayısının düşürülmesini hedeflemiştir. Heimerl ve Kolisch [11] emek yoğunluğuna sahip firmalarda birden çok niteliğin hesaba katılarak iş-personel ataması yapılması gerektiğinin önemini vurgulamış ve bu tip atama problemlerinin karmaşıklığından bahsederek çok vasıflı, öğrenmeye açık insan kaynağının doğru ve verimli bir şekilde görevlere atanmasını sağlayacak doğrusal-olmayan bir atama programı geliştirmiştir. Çelik vd. [12] yazılım geliştirme sürecinde uzun ve kısa vadedeki ihtiyaçları karşılamaya yönelik işgücü planlaması için çok hedefli doğrusal-olmayan bir atama programı geliştirmiş ve geliştirdikleri programı ajan tabanlı benzetim yardımıyla analiz etmiştir. Nembhart ve Bentefouet [13] sistem çıktısını en yüksek seviyeye çıkarmak amacıyla personelin yaparak ya da eğitim ile öğrenerek elde ettiği bilgi ve becerileri hesaba katacak bir doğrusal-olmayan atama programı geliştirmiş, programı sezgisel yöntemler kullanarak çözmüştür. Hewitt vd. [14] insanlarda deneyim ve üretkenlik arasındaki ilişkiyi açıklayan sürecin doğrusal olmadığını vurgulayarak doğrusal-olmayan bir atama programı geliştirmiş; ancak, geliştirdikleri programın çözümünün zor olduğunu belirterek, programı ikili ve sürekli değişkenler yardımıyla karışık tamsayı atama programı haline getirip çözmüştür.

Martel ve Price [15], Bordoloi ve Matsuo [16] ve Niknafs [17] çalışmalarında belirsiz doğrusal atama programından faydalanmıştır. Martel ve Price [15] hedef programlarının iş gücü talebinin bilinmediği durumlara nasıl adapte edilebileceğini araştırmış, bu amaçla belirsizliklerin normal ve beta dağılımlar ile tanımlandığı belirsiz doğrusal atama programı geliştirmiştir ve bu programı eşdeğer belirli bir program haline getirerek çözmüştür. Bordoloi ve Matsuo [16] yarı iletken malzeme imalatı yapan bir firmanın montaj hattı üretkenliğini arttırmaya odaklanmış, bu amaçla hem firmadaki bilgi birikimini dengeleyen, hem de işten ayrılma oranındaki belirsizliği hesaba katan belirsiz kısıtlı bir doğrusal atama programı kullanmıştır. Niknafs [17] Kanada'da bulunan bir atık ve geri dönüşüm firmasında personel sayısındaki değişiklikleri ya da belirsizlikleri hesaba katan belirsiz doğrusal bir atama programı geliştirmiş, programın çözümünde genetik algoritmaya dayalı evrimsel dinamik eniyileme yöntemi kullanmıştır.

Ritt vd. [18] ise çalışmaları için belirsiz karışık tamsayı atama programı geliştirmiştir. Ritt vd. [18] montaj hatlarında çalışan personelin işe gelmeme oranlarının oldukça yüksek olduğunu belirterek bu gibi durumlar için üretimde sürekliliği ve verimliliği sağlama amaçlı belirsiz karışık

tamsayı atama programı geliştirmiş, programı yerel aramalı sezgisel yöntemler kullanarak çözmüştür.

Son olarak, Krokmal ve Murphey [19], Lin [20] ve Fan ve Huang [21] çalışmalarında belirsiz doğrusal-olmayan atama programı kullanmıştır. Krokmal ve Murphey [19] silah-hedef eşleştirme problemi için riski en aza indirecek bir belirsiz doğrusal-olmayan atama programı geliştirmiş, programı parçalı doğrusal fonksiyonlar yardımıyla doğrusallaştırarak çözmüştür. Lin [20] bir yönetici ve işçilerin bulunduğu ve en düşük performanslı çalışanın performansının enbüyüklenmesinin amaçlandığı belirsiz doğrusal-olmayan bir atama programı geliştirmiştir. Geliştirdiği programda yöneticinin ve işçilerin performanslarını sırasıyla toplam maliyet ve işçilere verilen maaş ile ilişkilendirerek bunlara bulanık değerler vermiştir. Çözüm için ise programı 0-1 kesirli programa dönüştürmüş ve bu yeni programın çözümü için dal-kesit algoritmasına alternatif yeni bir algoritma önermiştir. Fan ve Huang [21] bir personelin atandığı işi başarabilme ihtimalini olasılıksal bir değişken, için tamamlanması karşılığında alınacak ödülü ise bulanık bir değer olarak tanımlayarak, bir belirsiz doğrusal-olmayan atama programı geliştirmiş, geliştirdikleri programı hem Monte Carlo benzetimi yardımıyla, hem de sezgisel bir yaklaşım ile çözmüştür.

Literatürde daha önce yapılmış işi-personel atama konusunu ele alan çalışmalar yukarıdaki şekilde altı ana grup altında özetlenmiştir. Bu programlar arasında belirsiz doğrusal-olmayan atama programı daha gerçeğçi bir modelleme yaklaşımı sunmaktadır; ancak, belirsiz doğrusal-olmayan atama programının geliştirilmesi ve çözümü görece diğerlerine göre güç olup, bu grup altında kısıtlı sayıda çalışma yapılmıştır (örneğin, [19], [20] ve [21]). Diğer taraftan, literatürde bulunan bazı atama programlarında fayda teorisi ve fonksiyonlarından yararlanılmasına rağmen (örneğin, [9]), bu programlarda adayların fayda fonksiyonlarının kesin olarak belirlenebileceği varsayılmıştır, yani belirsizlik göz ardı edilmiştir. Ancak, fayda fonksiyonlarının belirlenmesinde rasyonellik, süreklilik, tutarlılık, olasılıksal düşünme vb. varsayımlara dayanan Kesinlik Eşdeğeri ve Olasılık Eşdeğeri olmak üzere iki temel yöntem kullanılmaktadır ve pratikteki uygulamalarda bir aday için oluşturulan fayda fonksiyonları kullanılan yöntemle göre değişiklik gösterebilmektedir [22]. Hatta, bir aday için aynı yöntemin birden çok uygulanması durumunda bile elde edilen fayda fonksiyonlarında bir varyasyon mevcuttur [22]. Dolayısıyla, adayların tutumlarını temsil eden fayda fonksiyonları için bir belirsizlik söz konusudur. Bu bağlamda,

sunulan tez çalışması ile fayda fonksiyonlarındaki belirsizliği hesaba katan literatürdeki ilk belirsiz doğrusal-olmayan atama programının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Programın çözümünde ise Monte Carlo benzetiminden yararlanılmış, çalışmanın özgün tarafını detaylandırmak amacıyla elde edilen sonuçlar duyarlılık analizi ile istatistiksel bağımsızlık ve bağımlılık durumları altında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.



### 3. YÖNTEMSEL YAKLAŞIM

Geliştirilen karar destek modelinde çalışan memnuniyetini etkileyen ekonomik (örneğin, maaş ya da ücret) ve sosyal-çevresel (örneğin, eğitim olanakları, çalışma ortamı, kurum kültürü ile uyum, vb.) niteliklerin çalışana olan faydasını ölçmede fayda teorisi ve fonksiyonlarından yararlanılırken, toplam faydayı enbüyüklemek için belirsiz doğrusal-olmayan bir atama programı geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek modelinin matematiksel temsilinde kullanılan parametreler ve karar değişkenleri aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

Parametreler:

- $P$  : Pozisyon kümesi  
 $A$  : Aday kümesi  
 $M$  :  $P$  ve  $A$  kümelerindeki eleman sayısı  
 $N$  : Nitelik sayısı  
 $\omega$  : Belirsizlik içeren parametreler için herhangi bir rastgele gerçekleşmeyi ifade etmektedir.
- $f_{pan}(\omega)$  :  $p$  pozisyonuna yerleştirilen  $a$  adayının  $n$  niteliğinden kazanacağı fayda  
 $f_{pa}(\omega)$  :  $p$  pozisyonuna yerleştirilen  $a$  adayının kazanacağı toplam fayda  
 $k_{an}(\omega)$  :  $a$  adayına göre  $n$  niteliğinin önemi ( $0 \leq k_{an}(\omega) \leq 1$ )  
 $k_a(\omega)$  :  $a$  adayına ait  $k_{an}(\omega)$  değerleri için ölçeklendirme katsayısı  
 $k_{anr}(\omega)$  :  $a$  adayına göre  $n$  ve  $r$  nitelikleri arasındaki etkileşimi gösterir katsayı  
 $k_{anrs}(\omega)$  :  $a$  adayına göre  $n$ ,  $r$  ve  $s$  nitelikleri arasındaki etkileşimi gösterir katsayı  
 $k_{a123\dots N}(\omega)$ :  $a$  adayına göre  $1,2,3, \dots, N$  nitelikleri arasındaki etkileşimi gösterir katsayı  
 $F_{abc\dots h}(w)$  : İşverenin  $abc \dots h$  atama tipinden kazanacağı fayda ( $a, b, c, \dots, h \in A$  ve  $a \neq b \neq c \neq \dots \neq h$ )  
 $F$  : İşverenin kazanmak istediği minimum ya da eşik fayda değeri

Karar değişkenleri:

- $y_{pa}$  :  $\begin{cases} 1 & \text{Eğer } p \text{ pozisyonuna } a \text{ adayı yerleştirilirse öyle ki } p \in P \text{ ve } a \in A \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$

Geliştirilen karar destek modeli birinci-onuncu denklemler ile gösterilmiştir. Birinci denklem amaç fonksiyonunu göstermekte olup, amaç toplam faydayı enbüyüklemektir. Burada  $f_{pan}(\omega)$ , dolayısıyla da  $f_{pa}(\omega)$ ,  $y_{pa}$ 'nın bir fonksiyonu olup, dördüncü bölümdeki örnek uygulamada gösterildiği şekilde ihtiyaca göre doğrusal ya da doğrusal-olmayan bir biçimde tanımlanabilir. Farklı niteliklere yönelik fayda fonksiyonlarının toplanmasında belirli varsayımlara dayanarak özelden genele üç yaklaşım mevcuttur [23][24]. İlk olarak ve en özel haliyle, katkısız fayda bağımsızlığı varsayımının yapılabildiği durumlar için ikinci ve üçüncü denklemler ile tanımlanan katkısız çok-nitelikli fayda fonksiyonu kullanılabilir. İkinci olarak, karşılıklı fayda bağımsızlığı varsayımının yapılabildiği durumlar için dördüncü ve beşinci denklemler ile tanımlanan çarpanlı çok-nitelikli fayda fonksiyonu kullanılabilir. Son olarak ve en genel haliyle, yalnızca fayda bağımsızlığı varsayımının yapılabildiği durumlar için altıncı denklem ile tanımlanan çoklu-doğrusal çok-nitelikli fayda fonksiyonu kullanılabilir.

Yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu denklemler ise modele ait kısıtları tanımlanmaktadır. Öyle ki, yedinci denklem her pozisyona mutlaka bir adayın yerleştirilmesini gerekli kılarken, sekizinci denklem her adayın mutlaka bir pozisyona yerleştirilmesini sağlamaktadır. Dokuzuncu denklem ise çalışan memnuniyetini enbüyükleyecek optimal atama tipinin işverene en az iş verenin belirlediği minimum ya da eşik fayda değeri kadar fayda sunmasını sağlar. Son olarak, onuncu denklem ise atama problemindeki karar değişkenlerinin ikili tamsayı olduğunu göstermektedir.

Amaç fonksiyonu:

$$Maks Z = \sum_{p=1}^M \sum_{a=1}^M f_{pa}(\omega) \quad (3.1)$$

Katkısız fayda bağımsızlığı varsayımı altında,

$$f_{pa}(\omega) = \sum_{n=1}^N k_{an}(\omega) f_{pan}(\omega) \quad (3.2)$$

öyle ki,

$$\sum_{n=1}^N k_{an}(\omega) = 1 \quad (3.3)$$

Karşılıklı fayda bağımsızlığı varsayımı altında,

$$\begin{aligned} f_{pa}(\omega) &= \sum_{n=1}^N k_{an}(\omega) f_{pan}(\omega) \\ &+ k_a(\omega) \sum_{\substack{n=1 \\ r>n}}^N k_{an}(\omega) k_{ar}(\omega) f_{pan}(\omega) f_{par}(\omega) \\ &+ k_a^2(\omega) \sum_{\substack{n=1 \\ r>n \\ s>r}}^N k_{an}(\omega) k_{ar}(\omega) k_{as}(\omega) f_{pan}(\omega) f_{par}(\omega) f_{pas}(\omega) \\ &\vdots \\ &+ k_a^{N-1}(\omega) k_{a1}(\omega) k_{a2}(\omega) \cdots k_{aN}(\omega) f_{pa1}(\omega) f_{pa2}(\omega) \cdots f_{paN}(\omega) \end{aligned} \quad (3.4)$$

öyle ki,

$$1 + k_a(\omega) = \prod_{n=1}^N [1 + k_a(\omega) k_{an}(\omega)] \quad (3.5)$$

Fayda bağımsızlığı varsayımı altında,

$$1 + k_a(\omega) = \prod_{n=1}^N [1 + k_a(\omega) k_{an}(\omega)] \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} f_{pa}(\omega) &= \sum_{n=1}^N k_{an}(\omega) f_{pan}(\omega) + \sum_{n=1}^N \sum_{r>n}^N k_{anr}(\omega) f_{pan}(\omega) f_{par}(\omega) \\ &+ \sum_{n=1}^N \sum_{r>n}^N \sum_{s>r}^N k_{anrs}(\omega) f_{pan}(\omega) f_{par}(\omega) f_{pas}(\omega) \end{aligned} \quad (3.7)$$

⋮

$$+k_{a123\dots N}(\omega)f_{pa1}(\omega)f_{pa2}(\omega)f_{pa3}(\omega)\cdots f_{paN}(\omega)$$

Model kısıtları:

$$\sum_{a=1}^M y_{pa} = 1 \quad (\forall p \text{ için}) \quad (3.8)$$

$$\sum_{p=1}^M y_{pa} = 1 \quad (\forall a \text{ için}) \quad (3.9)$$

$$F_{abc\dots h}(\omega)y_{1a}y_{2b}y_{3c}\cdots y_{Mh} \geq F \quad (a, b, c, \dots, h \in A \text{ ve } a \neq b \neq c \neq \dots \neq h \text{ için}) \quad (3.10)$$

$$y_{pa} \in \{0, 1\} \quad (p \in P \text{ ve } a \in A \text{ için}) \quad (3.11)$$

## 4. ÖRNEK UYGULAMA

### 4.1 UYGULAMA KURGUSU, VARSAYIMLAR VE SENARYOLAR

Yöntem bölümünde geliştirilen karar destek modelinin uygulaması, üç pozisyon ile teknik yeterlilik bakımından birbirine denk üç adayın olduğu ve çalışan memnuniyetini etkileyen niteliklerin ekonomik (parasal) ve sosyal-çevresel (parasal olmayan) şeklinde iki ana grup altında ele alındığı görece küçük, kurgusal bir örnek ile gösterilmiştir. Uygulamada adayların teknik yeterlilik bakımından birbirine denk sayılması ile işveren perspektifi göz ardı edilmiş, yalnızca çalışan memnuniyetine odaklanılmıştır. Yani, uygulama sonucunda ortaya çıkacak altı atama tipinin de işverenin eşik fayda değerinin üzerinde bir fayda sağladığı varsayılmıştır. Ancak, gerektiğinde ilgili kısıt da modele dahil edilerek, problem sezgisel bir yaklaşımla çözülebilir. Örneğin, elde edilen optimal atama tipinin işverenin eşik fayda değerinin üzerinde bir fayda sağlamadığı durumlarda sırasıyla ikinci, üçüncü vb. en iyi atama tipleri tercih edilebilir.

Çalışmanın konusu sürdürülebilir insan kaynağı yönetimi olması sebebiyle, örnek uygulamadaki aday profillerini oluştururken Alarcon vd. [25] tarafından sürdürülebilirlik kriterlerinin faydasını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş olan fayda fonksiyonu ailesinden yararlanılmıştır. Bu fayda fonksiyonu ailesi on birinci ve on ikinci denklemler ile verilmiş olup, denklemlere ait parametreler aşağıdaki şekilde açıklanmıştır:

- $g_{pn}$  :  $p$  pozisyonun  $n$  niteliğinden elde edilen getiri
- $g_n^{maks}$  :  $n$  niteliğinden elde edilebilecek maksimum getiri
- $g_n^{min}$  :  $n$  niteliğinden elde edilebilecek minimum getiri
- $T_{an}(\omega)$  :  $a$  adayının  $n$  niteliğinden kazanacağı faydanın 0 ve 1 değerleri arasında kalmasını sağlayan parametre
- $X_{an}(\omega)$  :  $a$  adayının  $n$  niteliğine yönelik fayda fonksiyonunun dönüm noktasının  $x$  eksenindeki yerini belirleyen parametre
- $Y_{an}(\omega)$  :  $a$  adayının  $n$  niteliğine yönelik fayda fonksiyonunun dönüm noktasının  $y$  eksenindeki yerini belirleyen parametre
- $Z_{an}(\omega)$  :  $a$  adayının  $n$  niteliğine yönelik fayda fonksiyonunun şeklini (içbükey, dışbükey veya s-şeklinde) belirleyen parametre



$$f_{pan}(\omega) = T_{an}(\omega) \left[ 1 - e^{-Y_{an}(\omega) \left( \frac{|g_{pn} - g_n^{min}| y_{pa}}{X_{an}(\omega)} \right)^{Z_{an}(\omega)}} \right] \quad (4.1)$$

$$T_{an}(\omega) = \frac{1}{\left[ 1 - e^{-Y_{an}(\omega) \left( \frac{|g_n^{maks} - g_n^{min}|}{X_{an}(\omega)} \right)^{Z_{an}(\omega)}} \right]} \quad (4.2)$$

Örnek uygulama kapsamında on birinci ve on ikinci denklemlerde, Tablo 4.1’de verildiği şekilde  $X_{an}(\omega)$ ,  $Y_{an}(\omega)$  ve  $Z_{an}(\omega)$  parametrelerine farklı değerler vererek doğrusal, içbükey, dışbükey ve s-şeklinde artan fayda fonksiyonları elde edilmiştir. Doğrusal bir fayda fonksiyonu riske karşı nötr olmayı gösterirken, içbükey, dışbükey ve s-şeklinde artan fayda fonksiyonları sırasıyla riske karşı istekli, riskten kaçan veya riske karşı değişken tutumu temsil etmektedir.

**Tablo 4.1:** Farklı tipte artan fayda fonksiyonları elde etmek için kullanılabilir parametre değerleri

Fonksiyon	$X_{an}(\omega)$	$Y_{an}(\omega)$	$Z_{an}(\omega)$
Doğrusal	$X_{an}(\omega) \approx g_n^{min}$	$\approx 0$	$\approx 1$
İçbükey	$g_n^{min} + \frac{g_n^{maks} - g_n^{min}}{2} < X_{an}(\omega) < g_n^{min}$	$< 0,5$	$> 1$
Dışbükey	$g_n^{min} < X_{an}(\omega) < g_n^{min} + \frac{g_n^{maks} - g_n^{min}}{2}$	$> 0,5$	$< 1$
S-şeklinde	$g_n^{min} + \frac{g_n^{maks} - g_n^{min}}{5} < X_{an}(\omega) < g_n^{min} + (g_n^{maks} - g_n^{min}) * \frac{4}{5}$	0,2/0,8	$> 1$

Örnek uygulama için geliştirilen senaryolar ise Tablo 4.2’de verilmiştir. Örneğin, 1. adaya ait ekonomik fayda fonksiyonunun 1., 2., 3. ve 4. senaryolarda doğrusal olduğu varsayılırken, 5. senaryoda içbükey olduğu varsayılmış, 6. senaryoda ise buna belirsizlik eklenmiştir. Benzer şekilde, aynı adaya ait sosyal-çevresel fayda fonksiyonunun 1., 2., 3. ve 4. senaryolarda doğrusal olduğu varsayılırken, 5. senaryoda dışbükey olduğu varsayılmış, 6. senaryoda ise buna belirsizlik eklenmiştir.

**Tablo 4.2:** Örnek uygulama için geliştirilen senaryolar

Aday	Fayda türü	Senaryo					
		1	2	3	4	5	6
1	Ekonomik	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal-Olmayan (İçbükey)	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (İçbükey)
	Sosyal-Çevresel	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal-Olmayan (Dışbükey)	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (Dışbükey)
2	Ekonomik	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal-Olmayan (Dışbükey)	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (Dışbükey)
	Sosyal-Çevresel	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal	Doğrusal-Olmayan (İçbükey)	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (İçbükey)
3	Ekonomik	Doğrusal	Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)	Belirsiz Doğrusal	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)	Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)
	Sosyal-Çevresel	Doğrusal	Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)	Belirsiz Doğrusal	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)	Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)	Belirsiz Doğrusal-Olmayan (S-şeklinde)

Tablo 4.2'deki senaryolar baz alınarak her bir adaya ait ekonomik ve sosyal-çevresel fayda fonksiyonlarının oluşturulmasında  $X_{an}(\omega)$ ,  $Y_{an}(\omega)$  ve  $Z_{an}(\omega)$  parametreleri için varsayılmış olan beklenen değerler ve varyansları Tablo 4.3 ve Tablo 4.4 ile gösterilmiştir. Örneğin, Tablo 4.3'te,  $E[X_{11}]$  1. adayın ekonomik fayda fonksiyonu ile ilgili  $X_{an}(\omega)$  parametresinin beklenen değerini gösterirken,  $V[X_{11}]$  bu parametrenin varyansını göstermektedir. Benzer şekilde, Tablo 4.4'te,  $E[Z_{12}]$  1. adayın sosyal-çevresel fayda fonksiyonu ile ilgili  $Z_{an}(\omega)$  parametresinin beklenen değerini gösterirken,  $V[Z_{12}]$  bu parametrenin varyansını göstermektedir. Burada belirsizliği hesaba katmak adına, elde gerçek bir vaka verisi olmaması

sebebiyle,  $X_{an}(\omega)$ ,  $Y_{an}(\omega)$  ve  $Z_{an}(\omega)$  parametre değerlerinin normal dağıldığı ve her bir parametrenin varyansının o parametrenin beklenen değerinin  $1/18$ 'i kadar olduğu varsayılmıştır. Öyle ki, parametre değerlerinde olan bu büyüklükteki bir varyans Tablo 4.2'de tanımlanmış olan fayda fonksiyonlarının şekillerinde herhangi bir değişikliğe sebep olmamaktadır. Yani, fonksiyon s-şeklinde tanımlandı ise rastgele örnekleme yinelemelerde yine s-şeklinde kalmaktadır. Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'teki parametre değerleri kullanılarak oluşturulan her bir senaryo için adaylara ait ekonomik ve sosyal-çevresel fayda fonksiyonları ise Şekil 4.1 ile gösterilmiş olup, şekilde kullanılan kesikli çizgiler fonksiyonlardaki belirsizliği ifade etmektedir. Son olarak, analizin doğruluğunu test etmek ve elde edilen sonuçlar üzerinden bir karşılaştırma yapabilmek adına, adayların yerleştirileceği pozisyondan kazanacağı toplam fayda hesaplanırken ekonomik ve sosyal-çevresel nitelikler arasında karşılıklı fayda bağımsızlığı olduğu, adayların bu niteliklere eşit derecede önem verdiği ve ilgili parametre değerlerinde herhangi bir belirsizlik olmadığı varsayılmıştır.

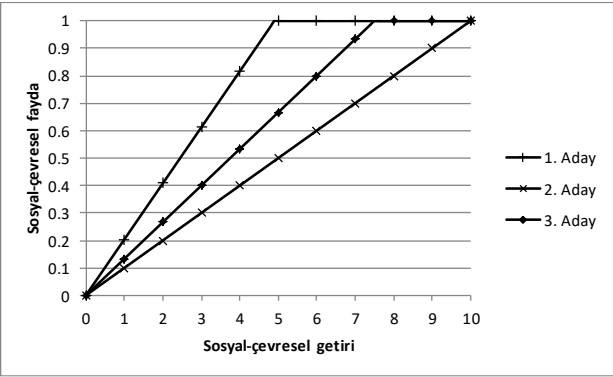
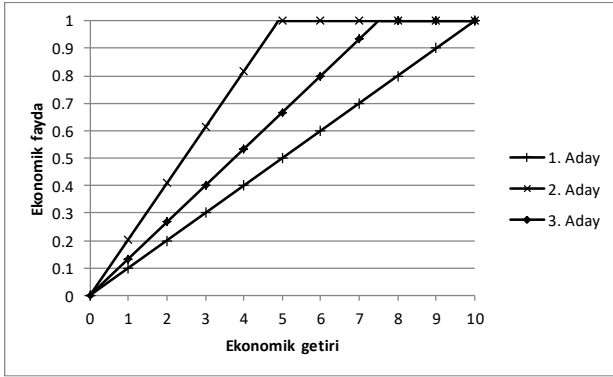
Adayların atanmasının planlandığı üç pozisyona ait ekonomik ve sosyal-çevresel getiriler ise Tablo 4.5'teki şekilde düşünülmüştür. Bu getiriler için elde edilebilecek maksimum ve minimum değerler 10 ve 0 olarak ölçeklendirilmiştir. Bu ölçeklendirmede, 10 en yüksek ekonomik ya da sosyal-çevresel getiriyi temsil ederken, 0 o niteliğe yönelik herhangi bir getirinin olmadığını ifade etmektedir. Örneğin, birinci pozisyonun ekonomik getirisi 4,1, sosyal-çevresel getirisi ise 4,0 şeklinde varsayılmıştır. Bu bağlamda, 1. pozisyonun ekonomik getirisi 2. ve 3. pozisyonların ekonomik getirisinden daha düşüktür. Sosyal-çevresel getirisi ise 2. pozisyonunkinden daha yüksek olmasına rağmen, 3. pozisyonunkinden daha düşüktür. Diğer taraftan, 2. pozisyon ekonomik getirisi en yüksek olan pozisyonudur; fakat, sosyal-çevresel getirisi en düşüktür. Son olarak, 3. pozisyon en yüksek sosyal-çevresel getiriyi sunarken, ekonomik getiri açısından diğer iki pozisyonun arasında kalmaktadır.

**Tablo 4.3:** Her bir senaryo için adaylara ait ekonomik fayda fonksiyonu parametre değerleri

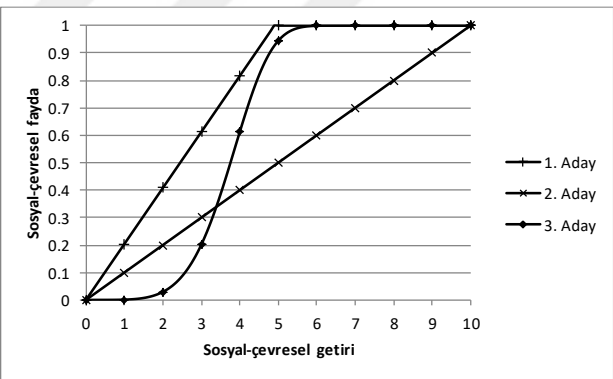
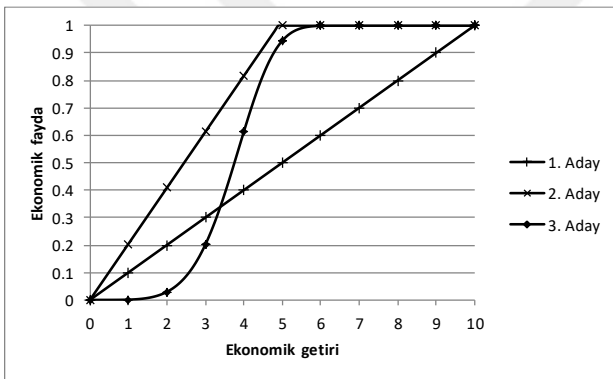
Ekonomik fayda fonksiyonu parametreleri	Senaryo					
	1	2	3	4	5	6
$E[X_{11}]$	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000	7,5000	7,5000
$E[Y_{11}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0900	0,0900
$E[Z_{11}]$	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	2,1000	2,1000
$V[X_{11}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4167
$V[Y_{11}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050
$V[Z_{11}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1167
$E[X_{21}]$	4,9000	4,9000	4,9000	4,9000	3,6000	3,6000
$E[Y_{21}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7500	0,7500
$E[Z_{21}]$	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500
$V[X_{21}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000
$V[Y_{21}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0417
$V[Z_{21}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0417
$E[X_{31}]$	7,5000	5,0000	7,5000	5,0000	5,0000	5,0000
$E[Y_{31}]$	0,0000	2,9000	0,0000	2,9000	2,9000	2,9000
$E[Z_{31}]$	1,0000	5,0000	1,0000	5,0000	5,0000	5,0000
$V[X_{31}]$	0,0000	0,0000	0,4167	0,2778	0,0000	0,2778
$V[Y_{31}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,1611	0,0000	0,1611
$V[Z_{31}]$	0,0000	0,0000	0,0556	0,2778	0,0000	0,2778

**Tablo 4.4:** Her bir senaryo için adaylara ait sosyal-çevresel fayda fonksiyonu parametre değerleri

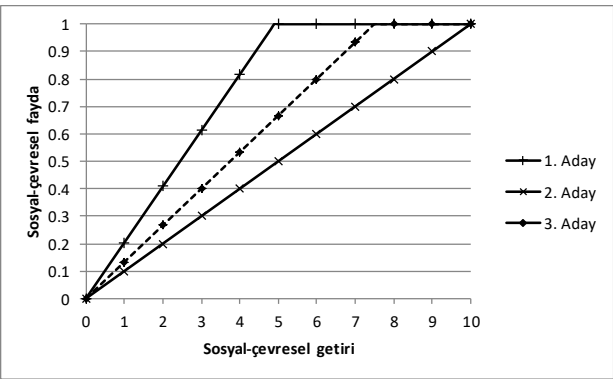
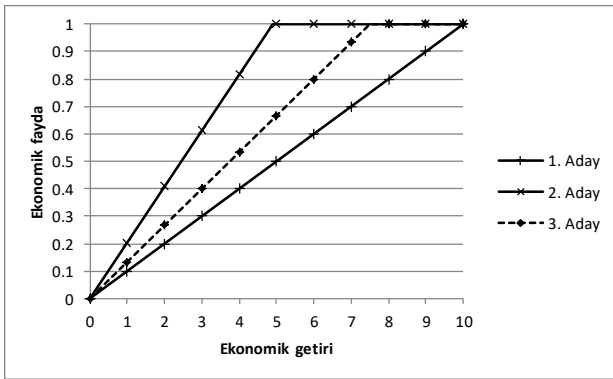
Sosyal-Çevresel fayda fonksiyonu parametreleri	Senaryo					
	1	2	3	4	5	6
$E[X_{12}]$	4,9000	4,9000	4,9000	4,9000	3,6000	3,6000
$E[Y_{12}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7500	0,7500
$E[Z_{12}]$	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500
$V[X_{12}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000
$V[Y_{12}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0417
$V[Z_{12}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0417
$E[X_{22}]$	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000	7,5000	7,5000
$E[Y_{22}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0900	0,0900
$E[Z_{22}]$	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	2,1000	2,1000
$V[X_{22}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4167
$V[Y_{22}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050
$V[Z_{22}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1167
$E[X_{32}]$	7,5000	5,0000	7,5000	5,0000	5,0000	5,0000
$E[Y_{32}]$	0,0000	2,9000	0,0000	2,9000	2,9000	2,9000
$E[Z_{32}]$	1,0000	5,0000	1,0000	5,0000	5,0000	5,0000
$V[X_{32}]$	0,0000	0,0000	0,4167	0,2778	0,0000	0,2778
$V[Y_{32}]$	0,0000	0,0000	0,0000	0,1611	0,0000	0,1611
$V[Z_{32}]$	0,0000	0,0000	0,0556	0,2778	0,0000	0,2778



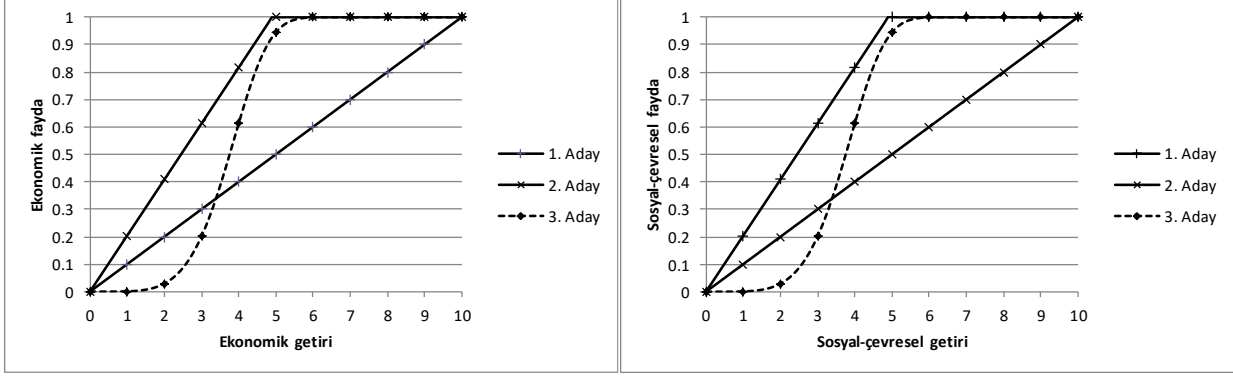
a) 1. senaryo



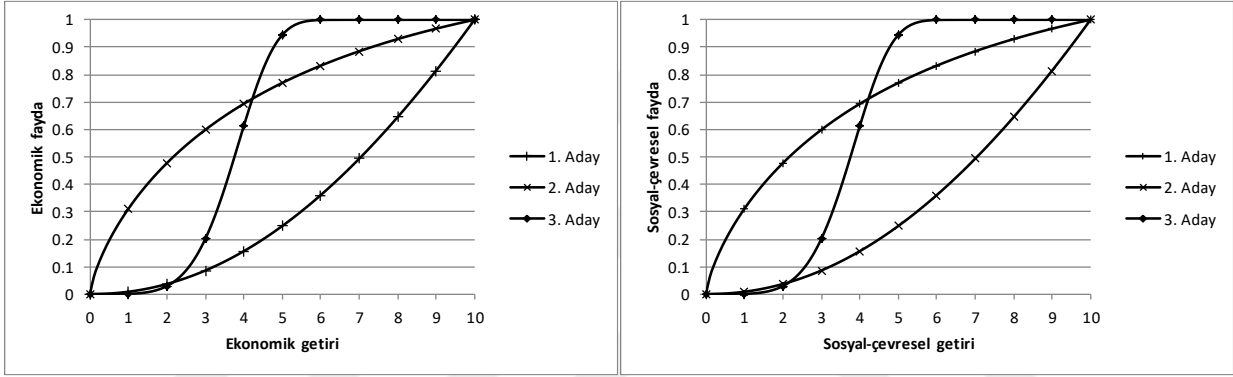
b) 2. senaryo



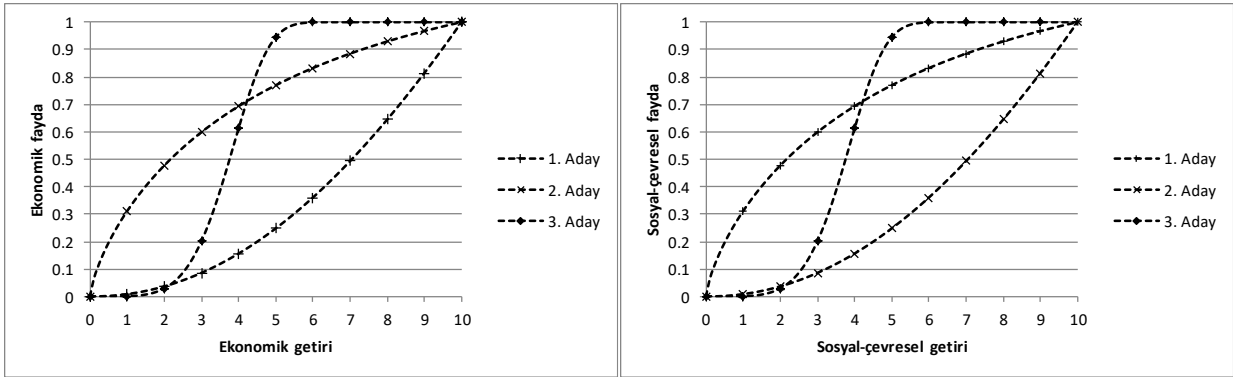
c) 3. senaryo



d) 4. senaryo



e) 5. senaryo



f) 6. senaryo

Şekil 4.1: Tablo 3 ve Tablo 4'te verilen parametre değerleri kullanılarak oluşturulan fayda fonksiyonları



**Tablo 4.5:** Adayların atanacağı üç pozisyona ait ekonomik ve sosyal-çevresel getiri değerleri

$g_{11}$	$g_{12}$	$g_{21}$	$g_{22}$	$g_{31}$	$g_{32}$
4,1	4,0	9,0	2,2	6,5	8,9

## 4.2 UYGULAMA SONUÇLARI VE İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Örnek uygulama sonucunda elde edilebilecek altı atama tipi ve bu atama tiplerinin pozisyon-aday eşleşme durumu Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Örneğin, altıncı atama tipinde  $x_{13}$ ,  $x_{22}$  ve  $x_{31}$  karar değişkenleri 1 değerini alırken, diğer karar değişkenleri 0 değerini almıştır. Yani, altıncı atama tipi, 1. pozisyona 3. adayın, 2. pozisyona 2. adayın, 3. pozisyona da 1. adayın atandığı durumu göstermektedir.

**Tablo 4.6:** Örnek uygulama sonucunda elde edilebilecek altı atama tipi

Atama tipi	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$
1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	1	0	1	0
3	0	1	0	1	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0
5	0	0	1	1	0	0	0	1	0
6	0	0	1	0	1	0	1	0	0

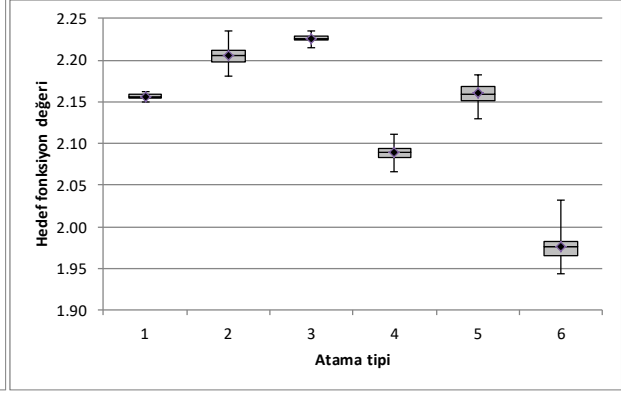
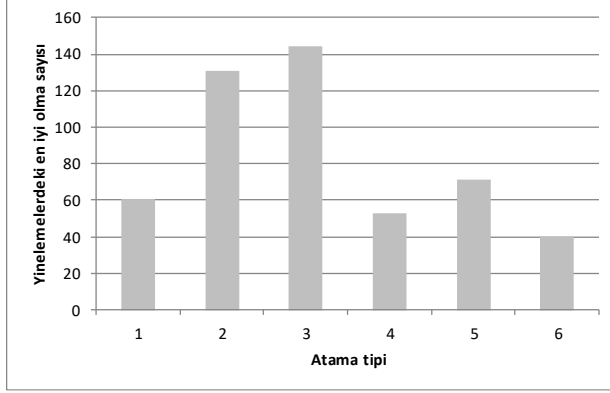
1., 2. ve 5. senaryolar için elde edilen model sonuçları Tablo 4.7'de özetlenmiştir. 1., 2. ve 5. senaryolar için 3. atama tipi optimal olurken, sırasıyla 2,226, 2,293, ve 2,089 optimal amaç fonksiyon değerlerini vermiştir. Bu senaryolar için herhangi bir belirsizlik söz konusu olmaması sebebiyle, ilgili modeller yalnızca birer defa çalıştırılmıştır.

**Tablo 4.7:** 1., 2. ve 5. senaryolar için elde edilen sonuçlar

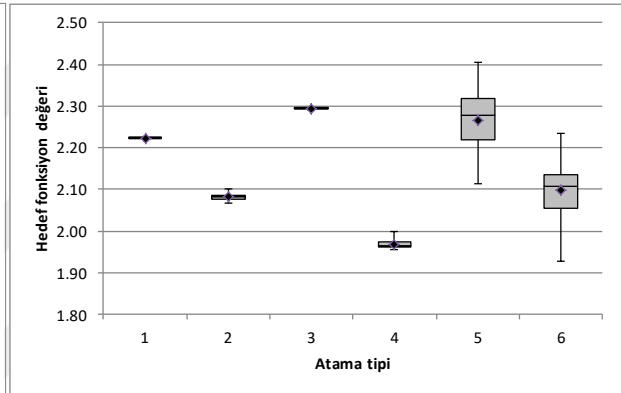
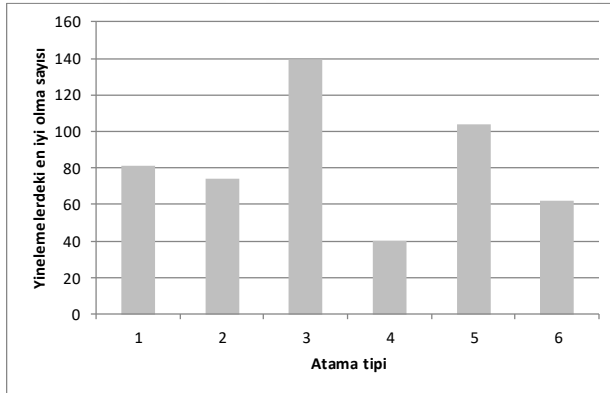
Senaryo	Optimal atama tipi	Optimal amaç fonksiyon değeri
1	3	2,226
2	3	2,293
5	3	2,089

3. 4. ve 6. senaryolarda belirsizlik söz konusu olduğu için, bu senaryolarda beş yüz yinelemeli Monte Carlo benzetimi kullanılmış, elde edilen sonuçlar histogram ve saplı kutu grafikleri kullanılarak istatistiksel olarak yorumlanmıştır. İstatistiksel analizlerde öncelikli olarak parametrik testlerden yararlanılmaya çalışılmış, parametrik testlerin normal dağılım ve eşit varyans varsayımlarının sağlanamadığı durumlarda ise parametrik olmayan testler tercih edilmiştir. Normal dağılım ve eşit varyans varsayımlarının testinde sırasıyla Kolmogorov-Smirnov ve Levene testleri kullanılmıştır.

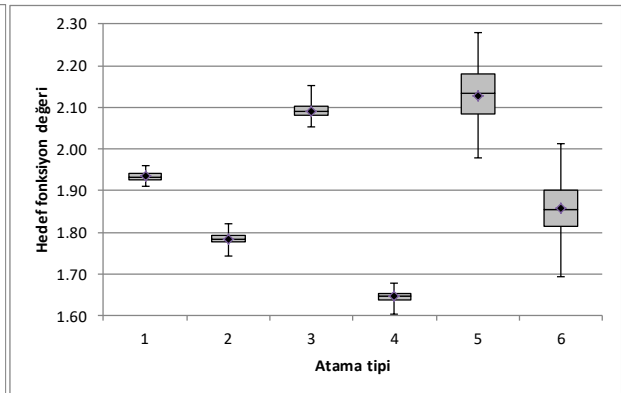
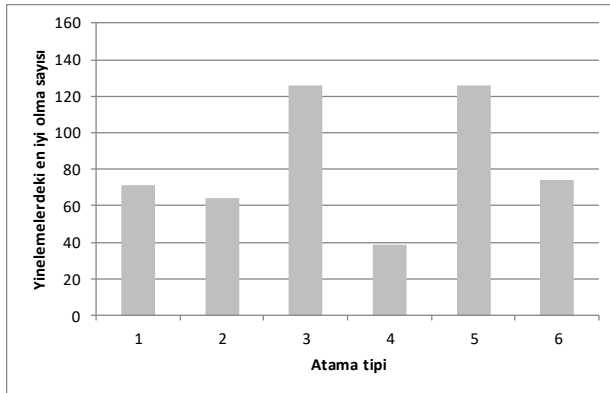
Şekil 4.2a’da görüldüğü üzere 3. senaryo için en çok tercih edilebilir atama tipinin 3. atama tipi olduğu söylenebilir; öyle ki, üçüncü atama tipi hem en çok yinelenen hem de en yüksek optimal amaç fonksiyon değerini veren atama tipidir (Welch testi için p değeri = 0,000; Games-Howell posthoc testleri için p değeri = 0,000). Aynı zamanda, optimal amaç fonksiyonu için varyans değerinin düşük olması da en çok tercih edilebilir atama tipi olmasını destekler niteliktedir. İkinci sırada ise ikinci en çok yinelenen atama tipi olarak 2. atama tipi tercih edilebilir; öyle ki, 2. atama tipi optimal amaç fonksiyon değeri olarak da ikinci sırada yer almaktadır (Welch testi için p değeri = 0,000; Games-Howell posthoc testleri için p değeri = 0,000). Üçüncü en çok tercih edilebilir atama tipi ise optimal amaç fonksiyon değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmayan 1. ve 5. atama tiplerinin olduğu söylenebilir. Ancak, burada şunu vurgulamak gerekir ki 1. atama tipinin yinelenme sayısı 5. atama tipine göre kısmen düşük olsa da, optimal amaç fonksiyonu için önemli ölçüde daha düşük bir varyans değeri sunmaktadır (Levene testi için p değeri = 0,000). Dördüncü ve beşinci tercih edilebilir atama tiplerinin ise yinelenme sayıları ve optimal amaç fonksiyon değerlerine bakılarak (Welch testi için p değeri = 0,000; Games-Howell posthoc testleri için p değeri = 0,000) sırasıyla 4. ve 6. atama tiplerinin olduğu söylenebilir.



a) 3. senaryo



b) 4. senaryo



c) 6. senaryo

Şekil 4.2: 3., 4. ve 6. senaryo sonuçlarına ait histogram ve saplı kutu grafikleri

4. senaryo için ise, Şekil 4.2b'de gösterilen altı atama tipi, optimal amaç fonksiyon değerleri açısından tercih edilebilirliklerine 3., 5., 1., 6., 2. ve 4. atama tipleri şeklinde sıralanabilir (Kruskal Wallis testi için p değeri = 0,000; Mann-Whitney posthoc testleri için p değeri < 0,021). Fakat burada 5. ve 6. atama tiplerine ait optimal amaç fonksiyon değerlerinin diğer

atama tiplerinin optimal amaç fonksiyon değerlerine göre önemli ölçüde yüksek varyansa sahip olduğu unutulmamalıdır (Levene testleri için p değeri = 0,000).

Son olarak, Şekil 4.2c'de görüldüğü üzere, 6. senaryo için 3. ve 5. atama tipleri ilk sırada tercih edilebilir; öyle ki, 3. ve 5. atama tiplerinin yinelenme sayıları birbiri ile aynı olup, en yüksektir. Ancak burada 5. atama tipi daha yüksek bir optimal amaç fonksiyon değeri sunmasına rağmen (Welch testi için p değeri = 0,000; Games-Howell posthoc testi için p değeri = 0,000), bu değerin varyansı 3. atama tipinin optimal amaç fonksiyon değerinin varyansına göre önemli ölçüde yüksektir (Levene testi için p değeri = 0,000). Diğer atama tipleri ise optimal amaç fonksiyon değerleri açısından tercih edilebilirliklerine göre 1., 6., 2. ve 4. atama tipleri olarak sıralanabilir (Welch testi için p değeri = 0,000; Games-Howell posthoc testleri için p değeri = 0,000). Burada yine 6. atama tipine ait optimal amaç fonksiyon değerinin diğer  atama tipinin optimal amaç fonksiyon değerlerine göre önemli ölçüde yüksek varyansa sahip olduğu unutulmamalıdır (Levene testleri için p değeri = 0,000).

### 4.3 DUYARLILIK ANALİZİ VE İSTATİSTİKSEL BAĞIMLILIK

Örnek uygulamada adayların ekonomik ve sosyal-çevresel niteliklere eşit derecede önem verdiği ( $E[k_{an}] = 0,5$ ) ve ilgili parametre değerlerinde herhangi bir belirsizlik olmadığı ( $V[k_{an}] = 0$ ) varsayılmıştır. Elde edilen sonuçların bu varsayıma ne kadar bağlı olduğunu test etmek amacıyla ilk olarak 6. senaryo için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizinde, ekonomik kriz durumunda adayların ekonomik niteliklere vereceği önemin artacağı düşünülerek ilgili parametre değerleri Tablo 8'deki şekilde arttırılmıştır. Örneğin, verilen tabloda 1. aday tarafından ekonomik niteliklere verilen önemin beklenen değeri  $E[k_{11}]$  ile gösterilirken, bu aday tarafından sosyal-çevresel niteliklere verilen önemin beklenen değeri  $E[k_{12}]$  ile gösterilmiştir.  $E[k_1]$  ise karşılıklı fayda bağımsızlığı varsayımı altında  $E[k_1] = (1 - E[k_{11}] - E[k_{12}]) / (E[k_{11}]E[k_{12}])$  şeklinde hesaplanmıştır [23][24]. Duyarlılık analizinde bu parametre değerlerinde herhangi bir belirsizlik olmadığı varsayılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 3a ile gösterilerek yorumlanmıştır.

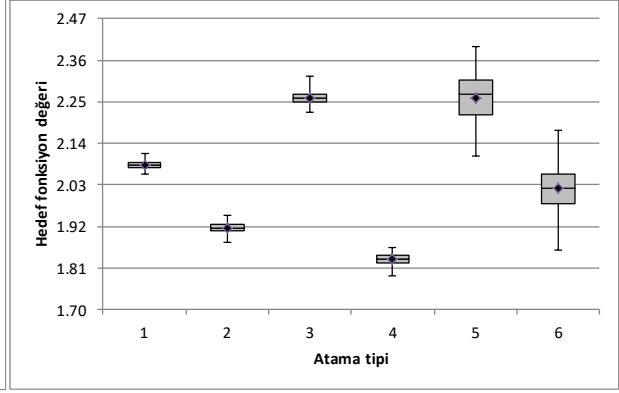
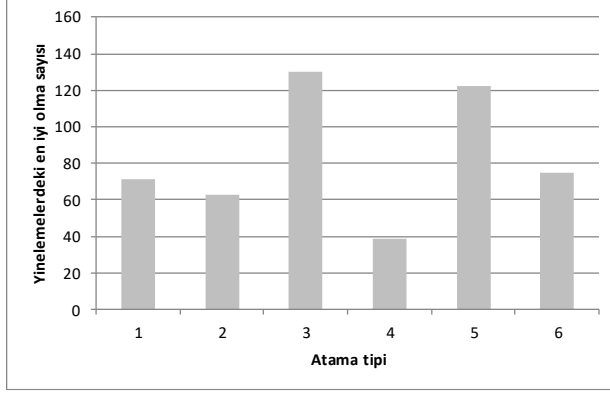
İkinci olarak, 6. senaryo altında, adayların ekonomik ve sosyal-çevresel niteliklere verdikleri önemde belirsizlikler olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla Tablo 8'de verilen  $k_{an}$  değerlerinin normal dağıldığı ve yine aynı tabloda gösterildiği şekilde her bir parametrenin varyansının o parametrenin beklenen değerinin 1/18'i kadar olduğu varsayılmıştır. Bu durumda elde edilen sonuçlar ise Şekil 4.3b ile gösterilerek yorumlanmıştır.

Son olarak, yine 6. senaryo baz alınarak, bütün adayların ekonomik niteliklere verdiği önemin genel ekonomik duruma bağlı olarak beraber artacağı ya da azalacağı durumda sonuçların nasıl değişebileceği incelenmiştir. Bu amaçla Monte Carlo benzetiminde yalnızca 2. aday, yani  $k_{21}$  ve  $k_{22}$  değerleri için rastgele örnekleme yapılmış, diğer adaylar için ilgili değerler  $k_{11} = k_{21} + 0,05$ ,  $k_{31} = k_{21} - 0,05$  ve  $k_{12} = k_{32} = k_{22}$  şeklinde hesaplanmıştır. Bu sayede, 1. ve 3. adaylar için, bağımsız rastgele örnekleme yerine bağımlı örnekleme durumu yaratılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.3c ile gösterilerek yorumlanmıştır.

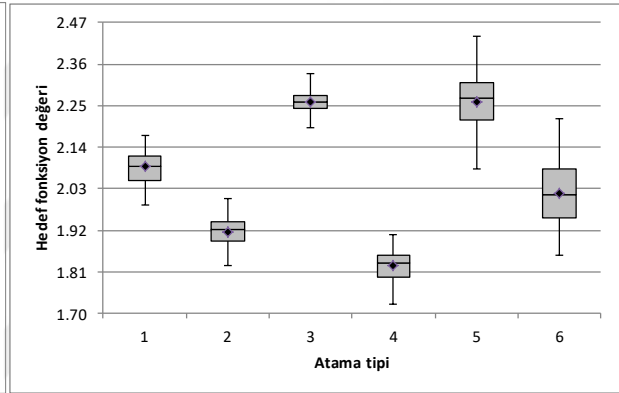
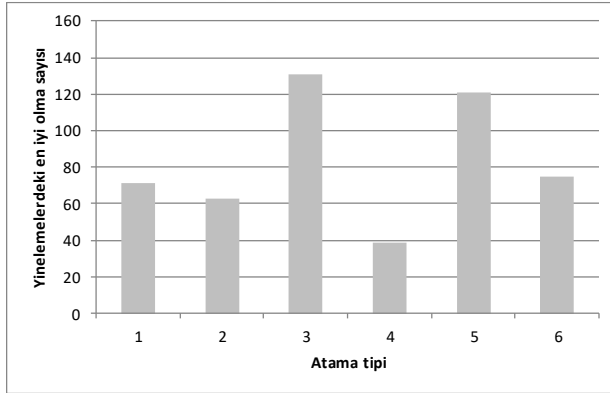
**Tablo 4.8:** 6. senaryo altında duyarlılık analizi ile istatistiksel bağımsızlık ve bağımlılık durumları için parametre değerleri

Adaylar					
1. aday		2. aday		3. aday	
$E[k_{11}]$	0,700	$E[k_{21}]$	0,650	$E[k_{31}]$	0,600
$E[k_{12}]$	0,500	$E[k_{22}]$	0,500	$E[k_{32}]$	0,500
$E[k_1]$	-0,571	$E[k_2]$	-0,462	$E[k_3]$	-0,333
$V[k_{11}]$	0,039	$V[k_{21}]$	0,036	$V[k_{31}]$	0,033
$V[k_{12}]$	0,028	$V[k_{22}]$	0,028	$V[k_{32}]$	0,028
$V[k_1]$	-0,032	$V[k_2]$	-0,026	$V[k_3]$	-0,019

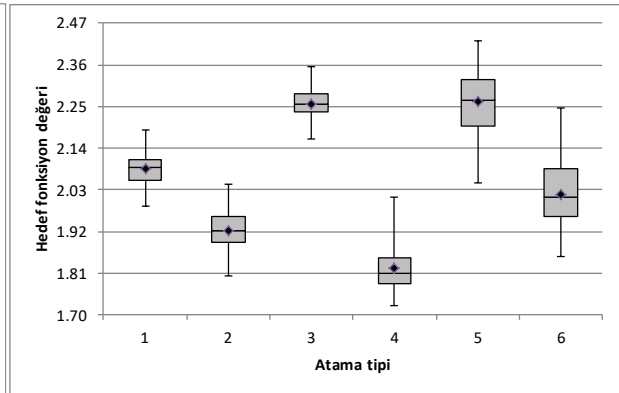
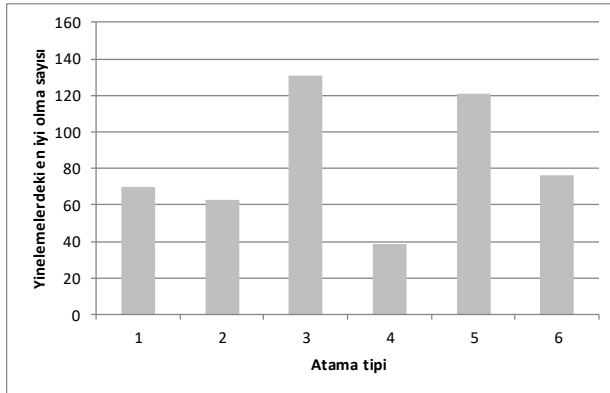
Şekil 4.3a ile Şekil 4.2c kıyaslandığında, ekonomik kriz durumunda adayların ekonomik niteliklere vereceği önemin artmasının atama tiplerinin tercih edilebilirlik sırasını önemli ölçüde değiştirmedeği gözlemlenmiştir. Bu durum, yalnızca 3. atama tipinin yinelemelerdeki optimal olma sayısını kısmi olarak artırırken, 2. ve 5. atama tiplerinin yinelemelerdeki optimal olma sayılarını kısmi olarak azaltmıştır. Şekil 4.3b ile Şekil 4.3a kıyaslandığında ise, ekonomik ve sosyal-çevresel niteliklere verilen önemde belirsizliklerin olmasının genel olarak elde edilen optimal amaç fonksiyon değerlerinin varyansını arttırdığı tespit edilmiştir. Son olarak, Şekil 3c ile Şekil 4.3b kıyaslandığında, istatistiksel bağımlılığın optimal amaç fonksiyon değerlerindeki varyansı daha da arttırdığı görülmüştür.



a) Duyarlılık analizi



b) İstatistiksel bağımsızlık



c) İstatistiksel bağılılık

Şekil 4.3: 6. senaryo altında duyarlılık analizi ile istatistiksel bağımsızlık ve bağılılık durumlarına

ait histogram ve saplı kutu grafikleri

## 5. YÖNTEMSSEL YAKLAŞIM VE ÖRNEK UYGULAMA İLE İLGİLİ KISITLAR

Her ne kadar sunulan tez çalışmasının konusu sürdürülebilir insan kaynağı yönetimi olsa da çalışan memnuniyeti her kurum için önemli ya da öncelikli olmayabilir. Bu gibi durumlarda, ihtiyaca göre önerilen karar destek modelinde çeşitli değişiklikler yapılabilir. Örneğin, önceliğin maliyeti enküçükleme olduğu durumlarda, çalışan memnuniyeti bir amaç fonksiyonu yerine bir kısıt olarak ifade edilebilir. Yani, bir çalışanın kazanacağı toplam fayda ya da spesifik olarak her bir nitelikten kazanacağı fayda için asgari seviyeyi tutturma zorunluluğu modele bir kısıt olarak eklenebilir. Diğer taraftan, üst düzey yöneticileri, araştırma-geliştirme birimlerinde çalışanları, ve stratejik personeli kurumda tutmanın oldukça önemli olduğu ve çalışan memnuniyetinin öneminin her geçen gün daha da arttığı unutulmamalıdır; öyle ki, son yıllarda küresel ölçekli firmalar çalışanlarına verdiği değer ve sunduğu imkanlar açısından çeşitli sıralamalara tabi tutulmaktadır [26][27].

Gerçek bir vaka çalışmasında adaylara ait çeşitli niteliklere yönelik fayda fonksiyonlarının belirlenmesi detaylı bir veri toplama çalışmasını gerektirmektedir ve bütçe ya da zaman isteyen bir süreçtir. Bu nedenle, geliştirilen karar destek modelinin uygulaması üç pozisyon ile teknik yeterlilik açısından birbirine denk üç adayın olduğu ve çalışan memnuniyetini etkileyen niteliklerin ekonomik (parasal) ve sosyal-çevresel (parasal olmayan) şeklinde iki ana grup altında ele alındığı görece küçük, kurgusal bir örnek üzerinden gösterilmiştir. Ancak, gerektiği takdirde örnek uygulama kapsamında elde edilen sonuçların yapılan varsayım ve senaryolara ne kadar duyarlı olduğu farklı varsayım ve senaryolar yaratılarak test edilebilir. Örneğin, yapılan uygulamada parametre değerlerinin normal dağıldığı ve her bir parametrenin varyansının o parametrenin beklenen değeriyle orantılı olduğu varsayılmıştır; ancak, ihtiyaca göre bu varsayımlar değiştirilerek, yani farklı istatistiksel dağılımlar ve varyans değerleri kullanılarak modeli test etmek ve elde edilen sonuçları birbirleriyle kıyaslamak mümkündür. Benzer şekilde, örnek uygulamada aday profillerini oluştururken Alarcon vd. [25] tarafından sürdürülebilirlik kriterlerinin faydasını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş olan fayda fonksiyonu ailesi kullanılmıştır; ancak, istenirse literatürde bulunan diğer fonksiyon ailelerinden de yararlanılabilir.



## 6. SONUÇ VE GELECEKTE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR

Sunulan tez çalışması ile sürdürülebilir insan kaynağı yönetimi konusu altında ekonomik, sosyal ve çevresel faktörleri düşünerek çalışan memnuniyetini arttıracak bir iş-personel atama karar destek modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek modelinde çalışan memnuniyetinin ölçülmesinde fayda teorisi ve fonksiyonlarından yararlanılırken, optimal iş-personel eşleştirmesini gerçekleştirmede belirsiz fayda fonksiyonlu doğrusal-olmayan atama programı kullanılmıştır. Geliştirilen karar destek modeli ile hem çalışan memnuniyetinin ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlere göre çoğunlukla doğrusal-olmayan bir şekilde değişiklik göstermesi durumu, hem de çalışan memnuniyetinde olabilecek belirsizlikler aynı anda hesaba katılarak, önceki modellerden daha gerçekçi bir yaklaşım sunulmuştur. Geliştirilen karar destek modelinin uygulaması kurgusal bir örnek üzerinden gösterilmiş, Monte Carlo benzetimi ile elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak yorumlanmıştır. Ayrıca, çalışmanın özgün boyutunu detaylandırmak adına, sonuçlar üzerinden duyarlılık analizi yapılmış, bu sonuçların istatistiksel bağımsızlık ve bağımlılık varsayımları altında nasıl ya da ne şekilde değişebileceği araştırılmıştır.

Gelecekte, bu tez çalışması ile geliştirilen karar destek modelinin, dördüncü bölümde bahsedilen kısıtlar da hesaba katılarak gerçek bir vaka çalışması ile genişletilmesi, yazılım desteği alınarak yöneticilerin, insan kaynakları uzmanlarının ve insan kaynağı yönetimi konusunda danışmanlık veren firmaların işe alım ve yerleştirme süreçlerinde kullanabilecekleri bir karar destek aracı haline getirilmesi planlanmaktadır.

## KAYNAKÇA

- [1] Frederick W. Taylor, *Frederick W. Taylor and the Theory of Scientific Management*. New York, London, Harper & Brothers, 1911.
- [2] F. Herzberg, "One More Time: How Do You Motivate Employees?," *Harv. Bus. Rev.*, no. Fall, 2002.
- [3] J. Elkington, "Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Gabriola Island, BC," *Environ. Qual. Manag.*, vol. 8, pp. 37–51, 1998.
- [4] I. Aust - Before Ehnert and I. Ehnert, *Sustainable Human Resource Management: a Conceptual and Exploratory Analysis from a Paradox Perspective*. 2009.
- [5] D. D. O. Çevik, "Tam Sayili Doğrusal Programlama ile Planlamasi Ve Bir Uygulama Gücü," *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F Derg.*, pp. 157–171, 2006.
- [6] M. Kahveci and B. Gidersoy, "İşletme Yönetiminde Maliyet-Kar HedeflerineYönelik Atama Modelleri Ve Macar Algoritmas Tekniğiyle Analitik Bir Yaklaşım," *Sos. Bilim. Derg.*, no. 2, pp. 93–105, 2007.
- [7] B. A. Norman, W. Tharmmaphornphilas, K. L. Needy, B. Bidanda, and R. C. Warner, "Worker assignment in cellular manufacturing considering technical and human skills," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 40, no. 6, pp. 1479–1492, Jan. 2002.
- [8] M. Firat and C. A. J. Hurkens, "An improved MIP-based approach for a multi-skill workforce scheduling problem," *J. Sched.*, vol. 15, no. 3, pp. 363–380, 2012.
- [9] M. J. Brusco, "An exact algorithm for a workforce allocation problem with application to an analysis of cross-training policies," *IIE Trans. (Institute Ind. Eng.)*, vol. 40, no. 5, pp. 495–508, 2008.
- [10] M. Othman, N. Bhuiyan, and G. J. Gouw, "Integrating workers' differences into workforce planning," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 63, no. 4, pp. 1096–1106, 2012.

- [11] C. Heimerl and R. Kolisch, "Work assignment to and qualification of multi-skilled human resources under knowledge depreciation and company skill level targets," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 48, no. 13, pp. 3759–3781, 2010.
- [12] N. Celik, S. Lee, E. Mazhari, Y. J. Son, R. Lemaire, and K. G. Provan, "Simulation-based workforce assignment in a multi-organizational social network for alliance-based software development," *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 19, no. 10, pp. 2169–2188, 2011.
- [13] D. A. Nembhard and F. Bentefouet, "Selection, grouping, and assignment policies with learning-by-doing and knowledge transfer," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 79, pp. 175–187, 2015.
- [14] M. Hewitt, A. Chacosky, S. E. Grasman, and B. W. Thomas, "Integer programming techniques for solving non-linear workforce planning models with learning," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 242, no. 3, pp. 942–950, 2015.
- [15] A. Martel and W. Price, "Stochastic Programming Applied to Human Resource Planning," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 32, no. 3, pp. 187–196, Mar. 1981.
- [16] S. K. Bordoloi and H. Matsuo, "Human resource planning in knowledge-intensive operations: A model for learning with stochastic turnover," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 130, no. 1, pp. 169–189, 2001.
- [17] Arash Niknafs, "A Hybrid Search Method for Evolutionary Dynamic Optimization of the 3-dimensional Personnel Assignment Problem and its Case Study Evaluation at The City of Calgary," University of Calgary, 2015.
- [18] M. Ritt, A. M. Costa, and C. Miralles, "The assembly line worker assignment and balancing problem with stochastic worker availability," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 54, no. 3, pp. 907–922, 2016.
- [19] P. Krokhmal, M. Zabarankin, and S. Uryasev, "Modeling and optimization of risk," *Surv. Oper. Res. Manag. Sci.*, vol. 16, no. 2, pp. 49–66, Jul. 2011.
- [20] C.-J. Lin, "Assignment Problem for Team Performance Promotion under Fuzzy

- Environment,” *Math. Probl. Eng.*, vol. 2013, pp. 1–10, Jun. 2013.
- [21] G.-M. Fan and H.-J. Huang, “A novel binary differential evolution algorithm for a class of fuzzy-stochastic resource allocation problems,” in *2017 13th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA)*, 2017, pp. 548–553.
- [22] P. Goodwin and G. Wright, *Decision Analysis for Management Judgment (4th ed.)*. Wiley, 2009.
- [23] H. R. Ralph L. Keeney, “Decisions with multiple objectives preferences and value tradeoffs,” 1976.
- [24] R. L. Keeney and H. Raiffa, “Decisions with multiple objectives–preferences and value tradeoffs,” *Behav. Sci.*, vol. 39, no. 2, p. 569, 1993.
- [25] B. Alarcon, A. Aguado, R. Manga, and A. Josa, “A value function for assessing sustainability: Application to industrial buildings,” *Sustainability*, vol. 3, no. 1, pp. 35–50, 2011.
- [26] “Forbes Best Places to Work for,” 2019. [Online]. Available: <https://www.greatplacetowork.com/best-workplaces/100-best/2019>. [Accessed: 18-Mar-2019].
- [27] “Glassdoor Best Places to Work for,” 2019. [Online]. Available: <https://www.cnbc.com/2018/12/04/glassdoor-the-best-places-to-work-in-2019.html>. [Accessed: 18-Mar-2019].