İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİYERARŞİK GRUP KARAR VERMEYE DAYANAN PROJE PORTFÖY SEÇİMİ VE ÇİZELGELEMESİ

DOKTORA TEZİ

Özge ŞAHİN ZORLUOĞLU

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Doktora Programı

EYLÜL 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİYERARŞİK GRUP KARAR VERMEYE DAYANAN PROJE PORTFÖY SEÇİMİ VE ÇİZELGELEMESİ

DOKTORA TEZİ

Özge ŞAHİN ZORLUOĞLU

(507132112)

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Doktora Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özgür KABAK

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507132112 numaralı Doktora Öğrencisi Özge ŞAHİN ZORLUOĞLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "HİYERARŞİK GRUP KARAR VERMEYE DAYANAN PROJE PORTFÖY SEÇİMİ VE ÇİZELGELEMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Özgür KABAK** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Y. İlker TOPÇU** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. Şule ÖNSEL EKİCİ Doğuş Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Umut ASAN İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Dr.Öğr.Üye. Bilal ERVURAL Necmettin Erbakan Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 22 Temmuz 2020
Savunma Tarihi : 24 Eylül 2020

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında iş geliştirme projeleri yürüten şirketler için bir proje portföy seçimi ve çizelgeleme (PPSÇ) yaklaşımı geliştirilmiştir. PPSÇ sürecinin ilk aşamasında, projelerin puanlanması için karar vericilerin (KV) hiyerarşik düzende sınıflandırıldığı hiyerarşik grup karar verme (HGKV) problem yapısı geliştirilmiştir. KV ve uzman değerlendirmelerinin klasik sayılar ve kanı dereceleri ile ifade edildiği iki ayrı durum için iki ayrı çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu çözüm yaklaşımlarının uygulanması sonucu elde edilen proje ait değerlendirme puanları ve sıralamalar elde edilmiştir. Tezin ikinci aşamasında HGKV aşamasından elde edilen ve kanı dereceleri ile ifade edilen proje değerlendirme puanları kullanılarak portföy seçimi ve çizelgeleme için bir ÇAP modeli kurulmuştur. Modelin çözümü için problem sahibinin tatmin seviyesinin dikkate alındığı yeni bir interaktif çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımın yüksek sayıda alternatifi değerlendirmede etkinliğinin gösterilmesi amacıyla 100 alternatif projeye sahip bir organizasyon için uygulama yapılmış, duyarlılık analizi ve sonuçlar sunulmuştur.

Doktora sürecim boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, değerli zamanını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan saygıdeğer danışman hocam; Doç. Dr. Özgür KABAK'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince bana olan katkılarından ötürü Sayın Prof. Dr. Y. İlker TOPÇU ve Sayın Prof. Dr. Şule ÖNSEL EKİCİ'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Eğitim hayatım boyunca bana her zaman destek olarak beni bugünlere getiren ve hayattaki en büyük şansım olan değerli aileme ve çalışma süresince tüm zorluklarda bana destek olan ve bana olan güvenini benden esirgemeyen sevgili eşim Emin Can'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2020

Özge ŞAHİN ZORLUOĞLU
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
SEMBOLLER ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xix**
ÖZET ..... **xxi**
SUMMARY ..... **xxiii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı 2
1.2 Özgün Değer 3
1.3 Yaygın Etki 4
2. YAZIN TARAMASI **7**
2.1 Proje Portföy Seçimi Alanında Yazın Taraması 8
2.2 Hiyerarşik Grup Karar Verme ile Büyük Grup Karar Verme ve Dağıtık Karar Verme Karşılaştırmalı Yazın Taraması 15
2.2.1 Hiyerarşik grup karar verme ile büyük grup karar verme yaklaşımlarının karşılaştırılması 15
2.2.2 Hiyerarşik grup karar verme ile dağıtık karar verme yaklaşımlarının karşılaştırılması 16
2.3 Proje Portföy Seçimi ve Çizelgeleme Alanında Yazın Taraması 17
2.4 Çok Amaçlı Programlama Çözüm Yöntemleri Yazın Taraması 19
3. HİYERARŞİK GRUP KARAR VERME **23**
3.1 Hiyerarşik Grup Karar Verme Probleminin Özellikleri 24
3.2 Hiyerarşik ve Klasik Grup Karar Verme Arasındaki Farklar 25
3.3 Vaka-1 27
3.3.1 Problem tanımı 27
3.3.2 Önerilen çözüm yaklaşımı 30
3.3.3 Proje portföy seçimi alanına bir uygulama 38
3.3.4 Sonuçlar 48
3.4 Vaka-2 49
3.4.1 Problem tanımı 50
3.4.2 Kanı Yapısı 52
3.4.3 İkili karşılaştırma matrisinin kanı yapısına dönüştürülmesi 54
3.4.4 Önerilen ağırlıklı birikimli kanı derecesi yaklaşımı 57
3.4.5 Proje portföy seçimi alanına bir uygulama 66
3.4.6 Sonuçlar 78

4. PROJE PORTFÖY SEÇİMİ VE ÇİZELGELEME MODELİ 80
4.1 Geliştirilen Proje Portföy Seçimi ve Çizelgeleme Modeli 81
4.2 Durum-1: Modelin Ağırlıklı Minimum-Maksimum Yöntemi ile Çözümü 87
4.3 Durum-2: Geliştirilen İnteraktif Çözüm Yaklaşımı 98
4.3.1 Uygulama-1 107
4.3.2 Uygulama-2 109
4.3.3 Duyarlılık analizi ve sonuçlar 116
5. SONUÇLAR 137
KAYNAKLAR 141
EKLER 165
ÖZGEÇMİŞ 219

KISALTMALAR

ABKD : Ağırlıklı Birikimli Kanı Derecesi
BGKV : Büyük Grup Karar Verme
BT : Bilgi Teknolojileri
ÇAP : Çok Amaçlı Programlama
ÇKGKV : Çok Kriterli Grup Karar Verme
DKV : Dağıtık Karar Verme
GKV : Grup Karar Verme
HGKV : Hiyerarşik Grup Karar Verme
KD : Kanı Derecesi
KV : Karar Verici
PPS : Proje Portföy Seçimi
PPSÇ : Proje Portföy Seçimi ve Çizelgeleme

SEMBOLLER

$\mathbf{DM_i}$: i biriminin karar verici kümesi
$\mathbf{K_i}$: i biriminde bulunan karar verici sayısı
$\mathbf{A_i}$: i biriminde alternatif kümesi
$\mathbf{N_i}$: i biriminde bulunan alternatif sayısı
$\mathbf{C_i}$: i biriminde kriter kümesi
$\mathbf{L_i}$: i biriminde bulunan kriter sayısı
$\mathbf{DM_{ij}}$: Birim i'ye bağlı alt birim j'nin karar verici kümesi
$\mathbf{K_{ij}}$: Birim i'ye bağlı alt birim j'nin karar verici sayısı
$\mathbf{A_{ij}}$: Birim i'ye bağlı alt birim j'nin alternatif kümesi
$\mathbf{N_{ij}}$: Birim i'ye bağlı alt birim j'nin alternatif sayısı
$\mathbf{C_{ij}}$: Birim i'ye bağlı alt birim j'nin kriter kümesi
$\mathbf{L_{ij}}$: Birim i'ye bağlı alt birim j'nin kriter sayısı
$\mathbf{DM_{ijn}}$: Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in karar verici kümesi
$\mathbf{K_{ijn}}$: Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in karar verici sayısı
$\mathbf{A_{ijn}}$: Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in alternatif kümesi
$\mathbf{N_{ijn}}$: Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in alternatif sayısı
$\mathbf{C_{ijn}}$: Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in kriter kümesi
$\mathbf{L_{ijn}}$: Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in kriter sayısı
$\mathbf{K_e}$: BT biriminde bulunan uzman sayısı
$\mathbf{E}$: Uzman kümesi
$\mathbf{CE_s}$: Öznel kriter kümesi
$\mathbf{CE_o}$: Nesnel kriter kümesi
$\mathbf{w_s^g}$: Öznel kriter g'nin ağırlığı
$\mathbf{w_o^h}$: Nesnel kriter h'nin ağırlığı
$\mathbf{w_D}$: KV grubunun ağırlığı
$\mathbf{w_E}$: Uzman grubunun ağırlığı
$\mathbf{CE}$: Öznel ve nesnel kriter kümesi
$\mathbf{x_{ij}^{knl}}$: Birim i alt birim j'ye ait KV k'nin l kriterine göre alternatif n'e verdiği performans puanını
$\mathbf{y_{ij}^{eng}}$: Uzman e'nin öznel kriter g açısından alternatif n'e vermiş olduğu performans puanı
$\mathbf{z^{nh}}$: Tüm uzmanlar için nesnel kriter h açısından alternatif n'nin puanı
$\mathbf{u_{ij}^{kn}}$: Birim i alt birim j'ye ait KV k için alternatif n'in puanı
$\mathbf{u_{ij}^{n}}$: Birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in puanı
$\mathbf{S_{ij}^{n}}$: Birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in nihai puan
$\mathbf{y_{ij}^{ng}}$: Birim i alt birim j'ye ait g öznel kriterine göre alternatif n'in puanı

$\mathbf{T_{ij}^{n}}$: Birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in nihai puanı

$\mathbf{CP_{ij}^{n}}$: Birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in son puanı

$\mathbf{S}$: Dilsel terim kümesi

$\mathbf{s_r}$: Dilsel terim $\boldsymbol{r}$

$\boldsymbol{\beta^{k}}$: Dilsel terim $\boldsymbol{k}$ seviyesindeki kanı derecesi

$\boldsymbol{\gamma^{k}}$: Dilsel terim $\boldsymbol{k}$ seviyesindeki birikimli kanı derecesi

$\boldsymbol{\mu_A}$: A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu

$\mathbf{w_1^q}$: KV grubunun ağırlığı s_q seviyesindeki kanı derecesi

$\mathbf{w_2^q}$: Uzman grubunun ağırlığı s_q seviyesindeki kanı derecesi

$\mathbf{w_{ijn}^{klq}}$: Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'e ait KV k için l kriterinin ağırlığının $s_q$seviyesindeki kanı derecesi

$\mathbf{w_t^q}$: Kriter t'nin ağırlığının s_q seviyesindeki kanı derecesi

$\boldsymbol{\beta_{ijn}^{kmlq}}$: Üst birim i birim j alt birim n'ye ait KV k'nın l kriterine göre alternatif m için s_q seviyesindeki kanı derecesi

$\mathbf{u_{ijn}^{emtq}}$: e uzmanının t kriterine göre üst birim i birim j alt birim n'ye ait m alternatifi için s_q seviyesindeki kanı derecesi

$\boldsymbol{\beta^{r}}$: s_r seviyesindeki ABKD operatörü

$\mathbf{AG_{ijn}^{mr}}$: Üst birim i birim j alt birim n'ye ait alternatif m'nin s_r seviyesindeki kanı derecesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yayınlandığı bilimsel dergilere göre makale sayıları. **11**
Çizelge 2.2 : Sınıflandırma tablosu. **19**
Çizelge 3.1 : Birim i alt birim j'ye ait KV k'nın karar matrisine bir örnek. **32**
Çizelge 3.2 : Öznel kriterler açısından Uzman 1'in (E1) karar matrisi. **33**
Çizelge 3.3 : Nesnel kriterler açısından Uzman 1'in (E1) karar matrisi. **34**
Çizelge 3.4 : Uzmanlar için birleştirilmiş değerlendirme tablosu. **37**
Çizelge 3.5 : KV'ler ve uzmanlar için birleştirilmiş değerlendirme tablosu. **38**
Çizelge 3.6 : KV, uzman, kriter ve alternatif sayıları. **39**
Çizelge 3.7 : Birim ve alt birimlere ait değerlendirme kriterleri. **39**
Çizelge 3.8 : Saaty'nin (1987) önem ölçeği. **41**
Çizelge 3.9 : Bir kritere göre bir KV'nin ikili karşılaştırma matrisine bir örnek. **41**
Çizelge 3.10 : Birim 1 alt birim 2'ye ait KV 1'in kriter 1'e göre ikili karşılaştırma matrisi. **42**
Çizelge 3.11 : Birim 1 alt birim 2'ye ait KV 1'in karar matrisi (DM121). **42**
Çizelge 3.12 : Uzman 1'in (E1) karar matrisi. **43**
Çizelge 3.13 : Uzmanlar için birleştirilmiş değerlendirme tablosu. **45**
Çizelge 3.14 : Birleştirilmiş değerler ve sıralama tablosu. **47**
Çizelge 3.15 : Bir kritere göre bir KV'nin ikili karşılaştırma matrisine bir örnek. **54**
Çizelge 3.16 : Bir kritere göre bir KV'nin normalize ikili karşılaştırma matrisine bir örnek. **55**
Çizelge 3.17 : İkili karşılaştırma matrisinin kanı derecelerine dönüşümü. **55**
Çizelge 3.18 : İkili karşılaştırma matrisi örneği. **56**
Çizelge 3.19 : Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi örneği. **56**
Çizelge 3.20 : İkili karşılaştırma matrisinin kanı derecelerine dönüşümü örneği. **57**
Çizelge 3.21 : Alternatifin kriterlere göre değerlendirmesi. **62**
Çizelge 3.22 : Kriter ağırlıkları. **62**
Çizelge 3.23 : Birleştirilmiş değerler. **63**
Çizelge 3.24 : KV, uzman, kriter ve alternatif sayıları. **68**
Çizelge 3.25 : Birimlere ait değerlendirme kriterleri. **68**
Çizelge 3.26 : Kriter ağırlıkları. **69**
Çizelge 3.27 : $DM3111$ için kanı dereceleri. **70**
Çizelge 3.28 : $E1$ için kanı dereceleri. **70**
Çizelge 3.29 : Birleştirilmiş değerler $F311113$, $F311123$ ve $F311133$. **71**
Çizelge 3.30 : Birleştirilmiş değerler $F31113$, $F31123$ ve $F31133$. **72**
Çizelge 3.31 : "Strateji ve İş Geliştirme ve Bütçe Planlama" birimi için seviye 3 ile seviye 2'nin birleşimi. **72**

Çizelge 3.32 : "Genel İdari İşler" birimi için seviye 3 ile seviye 2'nin birleşimi. **73**
Çizelge 3.33 : Hiyerarşiden gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri. **73**
Çizelge 3.34 : Uzmanlardan gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri. **74**
Çizelge 3.35 : Projelerin s3 seviyesinde birleştirilmiş değerleri **76**
Çizelge 3.36 : Projelerin her sr seviyesindeki $r \in 0, \dots, 6$ birleştirilmiş değerleri v**e** sıralamaları. **77**
Çizelge 4.1 : Amaç fonksiyonu normalizasyonu için $fn*$ ve $fnmax$ değerleri. **88**
Çizelge 4.2 : Amaç fonksiyonu ağırlıkları. **91**
Çizelge 4.3 : i projesinin sr seviyesindeki fayda puanı. **92**
Çizelge 4.4 : Proje i için gerekli s kaynağı miktarı. **93**
Çizelge 4.5 : Seçilen projeler ve seçilen toplam proje sayıları $(M = 18)$. **96**
Çizelge 4.6 : Pareto-optimal çözüm kümesine ait amaç fonksiyonu değerleri. **97**
Çizelge 4.7 : Seçilen projelerin t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri Wit. **108**
Çizelge 4.8 : pst, Lst, Dst, Ost ve utist değerleri. **109**
Çizelge 4.9 : Baz senaryoya ait ej, k, l, bj, k, lL ve bj, k, lUdeğerleri. **111**
Çizelge 4.10 : Baz senaryoya ait csL, csD csO, csM, δs ve wors değerleri. **112**
Çizelge 4.11 : Seçilen projelerin t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri Wit. **113**
Çizelge 4.12 : pst, Lst, Dst, Ost ve utist değerleri. **115**
Çizelge 4.13 : Duyarlılık analizi için geliştirilen senaryolar. **116**
Çizelge 4.14 : Senaryolardan elde edilen sonuçlar. **117**
Çizelge A.1 : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu. **166**
Çizelge B.1 : DM111'in karar matrisi. **183**
Çizelge B.2 : DM112'in karar matrisi. **183**
Çizelge B.3 : DM113'in karar matrisi. **183**
Çizelge B.4 : DM122'in karar matrisi. **184**
Çizelge B.5 : DM131'in karar matrisi. **184**
Çizelge B.6 : DM132'in karar matrisi. **184**
Çizelge B.7 : DM211'in karar matrisi. **184**
Çizelge B.8 : DM212'in karar matrisi. **185**
Çizelge B.9 : DM221'in karar matrisi. **185**
Çizelge B.10 : DM11'in karar matrisi. **185**
Çizelge B.11 : DM12'in karar matrisi. **186**
Çizelge B.12 : DM21'in karar matrisi. **186**
Çizelge B.13 : DM22'in karar matrisi. **186**
Çizelge B.14 : DM31'in karar matrisi. **187**
Çizelge B.15 : DM32'in karar matrisi. **187**
Çizelge B.16 : DM01'in karar matrisi. **187**
Çizelge B.17 : DM02'in karar matrisi. **188**
Çizelge B.18 : DM03'in karar matrisi. **188**
Çizelge B.19 : E2'nin karar matrisi. **188**
Çizelge B.20 : E3'nin karar matrisi. **189**
Çizelge C.1 : $DM111$ için kanı dereceleri. **190**
Çizelge C.2 : $DM112$ için kanı dereceleri. **190**
Çizelge C.3 : $DM121$ için kanı dereceleri. **190**
Çizelge C.4 : $DM122$ için kanı dereceleri. **190**
Çizelge C.5 : $DM11$ için kanı dereceleri. **191**

Çizelge C.6 : $DM12$ için kanı dereceleri. **191**
Çizelge C.7 : $DM21$ için kanı dereceleri. **191**
Çizelge C.8 : $DM22$ için kanı dereceleri. **191**
Çizelge C.9 : $DM23$ için kanı dereceleri. **192**
Çizelge C.10 : $DM3112$ için kanı dereceleri. **192**
Çizelge C.11 : $DM3121$ için kanı dereceleri. **192**
Çizelge C.12 : $DM3122$ için kanı dereceleri. **193**
Çizelge C.13 : $DM311$ için kanı dereceleri. **193**
Çizelge C.14 : $DM312$ için kanı dereceleri. **193**
Çizelge C.15 : $DM321$ için kanı dereceleri. **193**
Çizelge C.16 : $DM322$ için kanı dereceleri. **193**
Çizelge C.17 : $DM31$ için kanı dereceleri. **194**
Çizelge C.18 : $DM32$ için kanı dereceleri. **194**
Çizelge C.19 : $DM33$ için kanı dereceleri. **194**
Çizelge C.20 : $DM01$ için kanı dereceleri. **194**
Çizelge C.21 : $DM02$ için kanı dereceleri. **195**
Çizelge C.22 : $E2$ için kanı dereceleri. **195**
Çizelge D.1 : Baz senaryoya ait Hir değerleri. **197**
Çizelge D.2 : Baz senaryoya ait ai, ci, zi, esi ve ciFdeğerleri. **202**
Çizelge D.3 : Baz senaryoya ait γis değerleri. **206**
Çizelge D.4 : Çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projeler. **211**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Yazın taraması yapılan alanlar. **7**
Şekil 2.2 : Proje tiplerine göre dağılım. **12**
Şekil 3.1 : Tez Planı. **23**
Şekil 3.2 : HGKV problem yapısına bir örnek. **27**
Şekil 3.3 : Önerilen çözüm yaklaşımının adımları. **30**
Şekil 3.4 : Her seviye için alternatiflerin birleştirilmiş puanları. **36**
Şekil 3.5 : Firmanın proje portföy seçim sürecinin HGKV yapısı. **39**
Şekil 3.6 : Her seviye için alternatiflerin birleştirilmiş puanları. **45**
Şekil 3.7 : KV grubu ağırlığındaki değişimlere karşılık alternatiflerin sıralamasındaki değişimi. **48**
Şekil 3.8 : HGKV problem yapısına bir örnek. **50**
Şekil 3.9 : İkili karşılaştırma matrisi değerlerinin kanı derecelerine dönüşümü. **56**
Şekil 3.10 : Ağırlıklı birikimli kanı derecesi yaklaşımının adımları. **58**
Şekil 3.11 : Firmanın proje portföy seçimi sürecinin HGKV yapısı. **67**
Şekil 4.1 : Pareto-optimal çözüm kümesi. **97**
Şekil 4.2 : Önerilen interaktif çözüm yaklaşımı. **99**
Şekil 4.3 : Senaryo-1.1 için ortalama işgücü değişimi. **119**
Şekil 4.4 : Senaryo-1.1 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim. **120**
Şekil 4.5 : Baz ve Senaryo 1.1'in karşılaştırılma senaryosu için ortalama işgücü değişimi. **121**
Şekil 4.6 : Baz ve Senaryo 1.1'in karşılaştırılma senaryosu için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim. **121**
Şekil 4.7 : Baz ve Senaryo 1.1 karşılaştırılma senaryosu için toplam fazla mesai miktarlarındaki (adam/saat) değişim. **122**
Şekil 4.8 : Senaryo-1.2 için ortalama işgücü değişimi. **123**
Şekil 4.9 : Senaryo-1.2 için toplam kaynak azaltma miktarındaki değişimi. **123**
Şekil 4.10 : Baz ve Senaryo 1.2 karşılaştırılma senaryosu için ortalama işgücü değişimi. **124**
Şekil 4.11 : Baz ve Senaryo 1.2'nin karşılaştırılması senaryosu için toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişim. **125**
Şekil 4.12 : Senaryo-2.1 için ortalama işgücü değişimi. **125**
Şekil 4.13 : Senaryo-2.1 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim. **126**
Şekil 4.14 : Senaryo-2.1 için toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişim. **126**
Şekil 4.15 : Baz ve Senaryo 2.1'in karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi. **127**
Şekil 4.16 : Senaryo 2.2 için ortalama işgücü değişimi. **128**
Şekil 4.17 : Senaryo-2.2 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim. **129**

Şekil 4.18 : Baz ve Senaryo 2.2'in karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi. **130**
Şekil 4.19 : Senaryo 3.1 için ortalama işgücü değişimi. **131**
Şekil 4.20 : Senaryo 3.1 için fazla mesai miktarlarındaki değişim. **131**
Şekil 4.21 : Baz ve Senaryo 3.1'in karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi. **132**
Şekil 4.22 : Baz ve Senaryo 3.1'in karşılaştırılması senaryosu için fazla mesai miktarlarındaki değişim. **132**
Şekil 4.23 : Senaryo 3.2 için ortalama işgücü değişimi. **133**
Şekil 4.24 : Senaryo 3.2 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim. **134**
Şekil 4.25 : Baz ve Senaryo 3.2'nin karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi. **134**
Şekil 4.26 : Baz ve Senaryo 3.2'nin karşılaştırılması senaryosu için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim. **135**
Şekil 4.27 : Baz ve Senaryo 3.2'nin karşılaştırılması senaryosu için toplam fazla mesai miktarlarındaki değişim. **135**

HİYERARŞİK GRUP KARAR VERMEYE DAYANAN PROJE PORTFÖY SEÇİMİ VE ÇİZELGELEMESİ

ÖZET

Son yıllarda organizasyonlar sürekli bir karar verme döngüsüyle karşı karşıya kalmaktadır. Kaynaklarının, işgücü ve yatırımlarının çoğunu bu kararlara göre yapan organizasyonlar için doğru projeleri seçmek ve çizelgelemek büyük önem taşımaktadır.

Çok kriterli karar verme üzerine yapılan çalışmalar, karar vericileri (KV) çok sayıda ve birbiriyle çelişen amaç ve kriterler olduğu durumlarda desteklemek için gerçekleştirilmektedir. Kararlar bireysel olarak ya da gruplar halinde verilebilir. Birden fazla bireyin yer aldığı karar verme süreçleri grup karar verme (GKV) olarak tanımlanabilir. Karar verme sürecine katılan bireylerin kendi tutum ve motivasyonlarına göre karar almaktadır. Bu KV ya da uzmanlar ortak bir problemin varlığını kabul etmiş ve ortak bir karara varmak üzere bir araya gelmişlerdir. Organizasyonel karar verme problemlerinde sürece katılım gösteren KV ya da uzmanlar, organizasyonun farklı birim ya da seviyelerinden çalışanlar ya da yöneticiler olabilirler. Karar verme süreci çok sayıda alternatif proje, kriter ve KV bulunduğu durumlarda karmaşık bir sürece dönmektedir.

Çok Kriterli Grup Karar Verme (ÇKGKV) yöntemleri son yıllarda araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Klasik ÇKGKV yöntemlerinin aksine, bazı özellikli problemlerde KV ya da uzmanların hiyerarşik bir yapısı bulunabilir, bu probleme hiyerarşik grup karar verme (HGKV) problemi denir.

Karar verme sürecine katılan KV ve uzmanların hiyerarşik yapısı en HGKV'nin en ilgi çekici taraflarından biridir. Organizasyonlar genellikle çalışanların üst birimlerine ya da alt birimlerine bağlı olarak farklı seviyelerde konumlandırıldığı, seviye hiyerarşisine sahiptir. Çalışanların değerlendirmelerine dayalı bir karar verilmesi gerektiği durumda, çalışanların hiyerarşisi dikkate alınmalıdır. Fakat böyle bir problem yapısında kompleksliği arttıran çok sayıda çalışan, alternatif ve kriter olması durumu ile karşı karşıya kalınabilir. Bu problemlerin üstesinden gelmek amacıyla bu çalışmada HGKV'ye dayanan bir proje portföy seçimi ve çizelgeleme (PPSÇ) yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımın ilk bölümünde proje portföy seçimi için bir HGKV modeli sunulmuştur. HGKV probleminin çözümü için iki ayrı durumda yararlanılmak üzere iki farklı çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. İlk durum KV ve uzman değerlendirmelerin klasik sayılar, ikinci durum ise kanı dereceleri cinsinden ifade edildiği durumlar için geliştirilmiştir. Buna ek olarak bu iki durumu ele alan iki ayrı uygulama yapılmıştır. Bu tez çalışmasının seçim ile ilgili ilk bölümünün en önemli katkısı HGKV'nin tanıtılması, iki ayrı durum için iki özgün çözüm yaklaşımı geliştirilmiş olmasıdır.

Tez çalışması kapsamında PPSÇ sürecinin aşamalara ayrılarak yeniden tasarlanması amaçlanmıştır. Proje portföy seçimi ve proje portföy çizelgelemeyi bir arada ele alan entegre bir yapı tasarlanmıştır. Tez çalışmasının ilk kısmında önerilen HGKV yapısı ile alternatif projelerin fayda puanları ve sıralamaları elde edilmiştir. Tez çalışmasının ikinci kısmında ise yeni birçok amaçlı programlama (ÇAP) modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında geliştirilen modelin en önemli katkılarından biri literatürde çoğunlukla parametre olarak ele alınan, bir projenin bir zaman dilimindeki ilerleme yüzdesinin, karar değişkeni olarak tanımlanmış olmasıdır. Katkılarından bir diğeri ise modelin çözümü için iki ayrı durum ele alınarak iki ayrı çözüm yöntemi geliştirilmiş olmasıdır. ÇAP modelinin amaç fonksiyonlarından biri HGKV modelinin ağırlıklı birikimli kanı derecesi (ABKD) yaklaşımı ile çözümünden elde edilen ve farklı tatmin seviyelerine dağılım olarak ifade edilen projelerin fayda puanlarının en büyüklenmesidir. Elde edilen fayda puanları ÇAP modelinde amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanılmıştır ve fayda puanları farklı tatmin seviyelerine ($s_r,\ r\epsilon\ 0,1,\dots,6$) göre değişiklik göstermektedir. İlk durum için ÇAP çözüm yöntemlerinden ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile önerilen model çözülerek ve her tatmin seviyesine göre farklı bir optimum çözüm elde edilmiştir. İkinci durum için kanı dereceleri ile ifade edilen ve tatmin seviyelerine göre değişiklik gösteren fayda puanlarının modele entegre edilmesi için bir interaktif çözüm yaklaşımı sunulmuştur. Bildiğimiz kadarıyla, literatürde bir başka çalışmada farklı tatmin seviyelerindeki kanı dereceleri birleştirilerek amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanılmamıştır. İnteraktif çözüm yaklaşımının etkinliğinin gösterilmesi amacıyla 18 proje ve 100 proje içeren iki ayrı organizasyon için uygulaması yapılmış, çeşitli senaryolar ile test edilmiş ve duyarlılık analizi verilmiştir.

PROJECT PORTFOLIO SELECTION AND SCHEDULING BASED ON HIERARCHICAL GROUP DECISION MAKING

SUMMARY

Nowadays, organizations come across with a continuous cycle of decision making. Making the right decisions carries weight because an important amount of resources, labor force and investments are allocated according to the results of these decisions. Studies on the literature reveals clearly that making the right decisions such as selecting the right projects become a significant element for the success of an organization in fierce competitive environment.

The studies on multi-criteria decision analysis (MCDA) help and support DMs to make decisions in decision environments with multiple and conflicting goals, criteria etc. Decisions can be made by individuals or groups. Group decision making can be defined as a decision situation in which there is more than one individual involved. The individuals participating to the decision process with their own attitudes and motivations consist of a group of decision makers (DMs) or experts. These DMs and experts are aware of a common problem, and come together to reach a collective decision. In an organizational decision-making problem, DMs or experts taking part in the decision-making process can be managers or employees of different units or levels of the organization. This process turns into a complicated task since there is a need for considering a great number of alternative projects, criteria and DMs.

Multiple Attribute Group Decision Making (MAGDM) methods attract the attention of researchers and practitioners in recent years. Contrary to classical MAGDM problems, in some specific problems the DMs or experts may have a hierarchical structure that is called Hierarchical Group Decision Making (HGDM) problem.

The HGDM problem and a solution approach is defined in this paper. There are four major properties of HGDM problem. First one is the structure of the group members (DMs, experts, stakeholders, etc.) who are categorized as hierarchical units based on their positions on the organization chart. Also some group members (i.e., experts) may be located out of the hierarchy and the group members are allowed to make evaluations at different times. Second property is the alternatives to be considered which are special to each unit. Third property is the number of the group members. A large number of individual attend to the selection and scheduling process. Last one is the criteria to be considered. There are common criteria for experts located out of the hierarchy and also subjective and objective criteria may exist. To the best of our knowledge, there is no study in the literature that deals with the hierarchical structure of DMs or DMs' own alternatives. Besides no study exists that considers all four features of HGDM problem defined above.

The hierarchical structure of the DMs, experts and group members who are participating to the decision-making process is the most challenging part of HGDM problem. There are four different kinds of hierarchy which are known as order, inclusion, control, and level hierarchy. In vast organizations, hierarchy of employees which is required for a high degree of organization and management is a kind of level hierarchy. Organizations usually have a level hierarchy where employees are structured at different levels according to the subunits or units they are part of. When it is required to make decision based on the evaluations of employees in an organization, hierarchy of the employees has to be considered. However, in such a problem, there may be large number of employees, alternatives and criteria that increases the complexity of the problem. Different types of employees should be handled differently. There may be concerns related to the quality of evaluations. Therefore, the problem become complex as the evaluations of various kinds of group members for vast number of alternatives are needed to be aggregated that require many mathematical operations.

In order to tackle these challenges, a new approach is proposed in this study. This approach serves to a decision problem that involves a large number of DMs from various levels of an organization who has a hierarchical nature as well as their own alternatives. Considering these properties, proposed HGDM structure is quite convenient to the selection part of project portfolio selection and scheduling (PPSS) problem. In the evaluation process, the participation of a large number of DMs from various levels is required for project proposals. In this process, contributions of a large number of DMs from various levels are needed to evaluate and constitute the final set of projects that will be performed. We develop two solution approaches for two different cases of HGDM problem where the evaluations of DMs and experts are represented by classical numbers and belief degrees. Also we worked on two applications covering these two cases to show its strengths in the application.

The most important contribution of the selection part of this thesis study is the introduction of the HGDM, a new perspective in GDM, and the two new solution procedures special to the structure of DMs and experts evaluations that present compact systematic approaches. The application of the HGDM architecture to PPSS problem is also one of the significant contributions of the selection part of this thesis study.

Within the scope of this thesis study, it is aimed to redesign the PPSS process from beginning to end by dividing the PPSS problem into stages. While analyzing the literature, it is seen that project portfolio selection and project portfolio scheduling problems were handled separately. It is seen that there is a need for an integrated approach that considers project portfolio selection and project portfolio scheduling problems together. HGDM structure gives the score and ranking of alternative projects. In the second part of the thesis study, a new multi-objective programming model is developed for PPSS problem, which handles the interdependency relations between projects and the constraints special to an organization. This mathematical model also provides the most appropriate schedule for the completion of the selected projects within a certain period of time, simultaneously it provides the selection of the most suitable portfolio among many alternative projects under various constraints special to the organization.

The originality of proposed model lies in defining the percentage of progress of a project over a period of time as a decision variable, which is mostly considered as a parameter in the literature. Tracking the progress of a project, is important in measuring the success of the project. Therefore, the business analysts who worked on various projects, presents a project progress report to their managers. It is useful to get the percentage of progress of a project over a period of time for efficiently allocating the resources, budget and labor force to the selected projects and planning the beginning and ending time of the selected projects.

Furthermore, the proposed mathematical model has two objective functions; first objective function aims to minimize the total cost caused by hiring cost, firing cost, salary of workers, overtime cost and late completion cost of projects. The second objective function aims to maximize the total benefit score of the selected projects which are obtained from the solution of HGDM approach with the proposed weighted cumulative belief degree solution approach (WBCD). WBCD approach is developed for solving the HGDM problem when the evaluation of DMs and experts, criteria weights of DMs and experts and/or the weights of group of DMs and experts are represented by belief degrees.

In this thesis, we consider two different cases. The benefit scores of projects obtained by solving HGDM problem with WCBD solution approach are presented as a distribution to different satisfaction levels ($s_r,\ r\epsilon\ 0,1,\dots,6$). The benefit scores that are used as objective function coefficients differ according to the distinctive satisfaction levels ($s_r,\ r\epsilon\ 0,1,\dots,6$). In the first case, the proposed model is solved by one of the multi-objective programming solution methods called as weighted min-max which provides to get the Pareto-optimal set by changing the weights of objective function according to the different satisfaction levels. In the second case, a new interactive solution approach is presented to integrate the benefit scores represented by belief degrees that are obtained from the solution of HGDM approach according to different satisfaction levels. Instead of obtaining a different solution set for each satisfaction level, the benefit scores of projects that are represented by belief degrees with respect to different satisfaction levels, are integrated to the model and optimal solution set is obtained. To the best of our knowledge, no study in the literature integrates objective function coefficients that are represented with belief degrees for different satisfaction levels.

Two different applications are conducted to show the applicability of the interactive solution approach presented in this study. In the first application, an organization with four hierarchical levels and 18 alternative projects is considered. In order to show the effectiveness of the interactive solution approach in case of a high number of alternative projects, it is implemented for an organization with 100 alternative projects. The interactive solution approach is tested with a number of different scenarios and a sensitivity analysis is conducted.

1. GİRİŞ

Archibald (1992) proje kavramını "genellikle 3 yıldan kısa süren, birbiriyle ilişkili işlerden oluşan ve çeşitli birimler tarafından yerine getirilen, iyi tanımlanmış bir amaca, çizelge ve bütçeye sahip karmaşık bir girişim" olarak tanımlamıştır. Proje portföyü ise belirli bir organizasyonun sponsorluğunda veya yönetiminde gerçekleştirilen projeler grubudur; organizasyonun belli kriterler açısından gereksinimleri doğrultusunda bu projelerinin tamamının gerçekleştirilmesi genellikle eldeki sınırlı kaynaklar nedeniyle mümkün değildir ve eldeki kaynakları kazanmak için projelerin rekabet etmesi gerekir (Archer ve Ghasemzadeh, 1999). Buna göre proje portföy seçimi (PPS) problemi Archer ve Ghasemzadeh (1999) tarafından eldeki kaynaklar ve kısıtlar gözetilerek organizasyonun hedeflerine en uygun şekilde önerilen projeler içerisinden bir portföyün seçildiği belirli aralıklarla tekrarlanan bir faaliyet, şeklinde tanımlanmıştır. Carazo, A.F. ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada PPS problemini ellerindeki kıt kaynakları belli bir proje kümesine nasıl paylaştıracakları konusunda organizasyonların sıkça karşılaştığı bir karar problemi olarak tanımlamıştır.

Literatür incelendiğinde PPS konusunda çok çeşitli yöntemlerin önerildiği görülmektedir. Görece yalın yöntemlerden karmaşık finansal veya matematiksel yöntemlere kadar tüm yöntemlerin başlıca hedefi en yüksek getiriyi sağlayan projeleri seçerek organizasyon için en iyi proje portföyünü oluşturmaktır (Raynor ve Leroux, 2004).

PPS problemi grup karar verme (GKV) bakış açısıyla karar vericilerin (KV'lerin) belirli bir zaman aralığında elde bulunan kaynakları/kısıtları dikkate alarak ve organizasyona özgü belirli kriterleri göz önünde bulundurarak, organizasyonun çeşitli birimleri tarafından talep edilen projeler arasından en iyi portföyü seçim süreci olarak tanımlanabilir. Literatür incelendiğinde PPS probleminin bir veya birden fazla amaç fonksiyonu, çeşitli kısıtlar veya kaynaklar, işgücü ve zaman boyutu düşünülerek birçok

farklı şekilde modellendiği görülmüştür, çalışmalarda ortak amaç en iyi proje portföyünün belirlenmesidir.

Seçim sürecinin önemli bir parçasını da çizelgeleme süreci oluşturmaktadır. Literatürde yapılmış çalışmalarda çoğunlukla PPS probleminin, proje portföy çizelgeleme probleminden ayrı bir şekilde ele alındığı görülmüştür. Proje portföy seçimi ile çizelgelemenin bir arada ele alınması proje portföy yönetiminin etkin bir biçimde yürütülmesi açısından önem taşımaktadır. Çizelgeleme ile projelerin hangi sırada gerçekleşecekleri ile başlama ve bitiş zamanları bilgisi de edinilmektedir. Çizelgelemenin seçim sürecine dahil edilmesi ile organizasyona ait bütçe, elde bulunan kısıtlı kaynaklar, işgücü, makine vd. kısıtların öncüllük ilişkilerini de dikkate alarak organizasyona ait amaçları eniyileyecek biçimde seçimi ve çizelgelenmesine olanak sağlanır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışması kapsamında günümüzde organizasyonların sıklıkla karşılaştığı proje portföy seçimi ve çizelgeleme problemi (PPSÇ) ele alınmaktadır. Doğru projeleri seçerek doğru portföyü oluşturmak organizasyonların hedeflerine ulaşmasını sahip oldukları kaynakları en iyi şekilde kullanmasını ve diğer organizasyonlar ile rekabette bir adım önde olmalarını sağlayan yüksek öneme sahip bir süreçtir. Tez çalışmasında önerilen özgün ve analitik yaklaşım ile organizasyonlar için iş geliştirme proje portföyü seçim ve çizelgeleme sürecinde faydalanabilecekleri bir yapı oluşturulmuştur. Bu kapsamda tezin amaçları aşağıda verilmiştir:

1. Tez kapsamı çerçevesinde, literatürde yer alan çalışmaları ortaya koymak ve sınıflandırmak,
2. İş geliştirme projeleri gerçekleştiren organizasyonların proje değerlendirme sürecinde faydalanabilecekleri bir grup karar modeli olan hiyerarşik grup karar verme (HGKV) modelinin literatüre önerilmesi,
3. Önerilen HGKV problemi için KV ve uzman değerlendirmelerinin klasik sayılar ve kanı dereceleri ile ifade edildiği iki farklı durum için geliştirilen iki ayrı çözüm yaklaşımının önerilmesi,

4. HGKV yaklaşımının önerilen çözüm yaklaşımları yardımıyla çözülmesinden elde edilen proje değerlendirmelerini kullanarak proje seçimi ve çizelgelemeyi bir arada yapan yeni bir çok amaçlı programlama (ÇAP) modelinin geliştirilmesi,
5. HKGV yaklaşımından elde edilen proje değerlendirme puanlarının kanı dereceleri ile ifade edildiği durumda ÇAP modeline entegre edilerek çözümü için yeni bir interaktif çözüm yaklaşımı geliştirilmesi.

1.2 Özgün Değer

Bu tez çalışmasının özgün değerlerinden biri iş geliştirme PPS ve çizelgeleme probleminin aşamalara ayrılarak sürecin baştan sona tasarlanmasıdır. Literatür incelendiğinde çoğunlukla PPS ve çizelgeleme problemlerinin ayrı ayrı ele alındığı görülmüş, tüm sürecin bir arada ele alındığı entegre bir yapıya ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Hem yüksek sayıda projenin değerlendirebileceği, hem de PPS ile çizelgeleme sürecinde her birimden KV'lerin katılımını sağlayan hiyerarşik bir yapıya ihtiyaç duyulmuştur.

Çalışmanın özgün değerlerinden bir diğeri çalışmanın GKV literatürüne hiyerarşik grup karar verme adıyla yeni bir bakış açısı kazandırmasıdır. HGKV modelinden kasıt kriterler hiyerarşisi değil, KV'lerin hiyerarşik düzende sınıflandırılmasıdır. Literatür incelendiğinde HGKV yaklaşımı ve çözümü ile ilgilenen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmanın bir diğer özgün yanı ise HGKV yaklaşımının organizasyonun çeşitli seviyelerinden hiyerarşik düzende sınıflanmış, kendi alternatif ve kriter kümeleri bulunan çok sayıda KV'nin sürece dahil olduğu karar problemleri ile ilgili olmasıdır. Bu özellikler göz önünde bulundurulduğunda, önerilen HGKV yapısının PPSÇ sürecinin ilk aşaması olan PPS sürecine son derece uygun olduğu görülmüştür. PPS sürecinde, projelerin önerilmesinden, önerilerinin değerlendirilmesi sürecine kadar her aşamada hiyerarşinin çeşitli seviyelerinden çok sayıda KV'nin sürece katılımı gereklidir. PPSÇ sürecinin ilk aşamasında, PPS problemi HGKV yaklaşımı ile tasarlanmış, önerilen çözüm yaklaşımı ile çözümü sonucu proje sıralamaları elde edilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında ilk aşamadan elde edilen proje değerlendirme puanları kullanılarak seçim ve çizelgeleme için yeni bir ÇAP modeli kurulmuş ve önerilen interaktif çözüm yaklaşımı ile çözümü gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasının ikinci aşamasının özgün yanlarından biri geliştirilen ÇAP modelinde literatürde çoğunlukla parametre olarak ele alınan, bir projenin bir zaman dilimindeki ilerleme yüzdesinin, karar değişkeni olarak tanımlanmış olmasıdır. Bir diğer özgün yanı ise HGKV yaklaşımından farklı tatmin seviyelerine göre elde edilmiş olan ve kanı dereceleri ile ifade edilen fayda puanlarının, ÇAP modeline entegre edilmesi ve çözümü için yeni ve özgün bir interaktif çözüm yaklaşımı geliştirilmiş olmasıdır. Bilgimiz dahilinde, literatürde farklı tatmin seviyelerindeki kanı derecelerini birleştirilerek amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanan bir başka çalışma yer almamaktadır.

1.3 Yaygın Etki

Günümüzde birçok organizasyon çeşitli iş geliştirme projeleri üretmekte ve projelerin seçimi ve seçilen projelerin çizelgelenmesi problemleri ile karşı karşıya kalmaktadır. Doğru proje seçimi ile çizelgelenmesi organizasyonların yoğun rekabet ortamındaki başarısı için çok önemli bir unsur haline gelmiştir. Bu süreç çok sayıda KV ve uzman, alternatif ve oldukça fazla sayıda kriterin göz önünde bulundurulması gereksinimi nedeniyle karmaşık yapıda bir GKV problemidir.

Teknoloji alanında faaliyet gösteren bir organizasyon ile yapılan görüşmeler sonucunda projelerin değerlendirilmesi sürecinde organizasyon için stratejik değeri, katma değeri ve daha birçok unsuru göz önünde bulunduran hiyerarşik düzende bir bakış açısının eksikliği görülmüştür. Organizasyonun tüm birimlerinin sürece katılımı ile çeşitli kriterleri ve kısıtları gözeterek organizasyon için en yararlı ve katma değeri yüksek projelerin seçilmesi ve çizelgelenmesi sağlanacaktır. Bunu sağlamanın yolu PPSÇ sürecinde organizasyon için en uygun bilimsel yöntemleri benimsemek ve uygulamaktır. Bu amaçla bu tez çalışmasında organizasyonlar için iş geliştirme PPSÇ süreçlerine uyarlanabilecek, HGKV'ye dayanan bir PPSÇ yapısı oluşturulmuştur.

Bu tez çalışmasında önerilen HGKV yaklaşımına dayanan PPSÇ yapısı yalnızca teknoloji alanında faaliyet gösteren organizasyonlar veya iş geliştirme türünde projeler

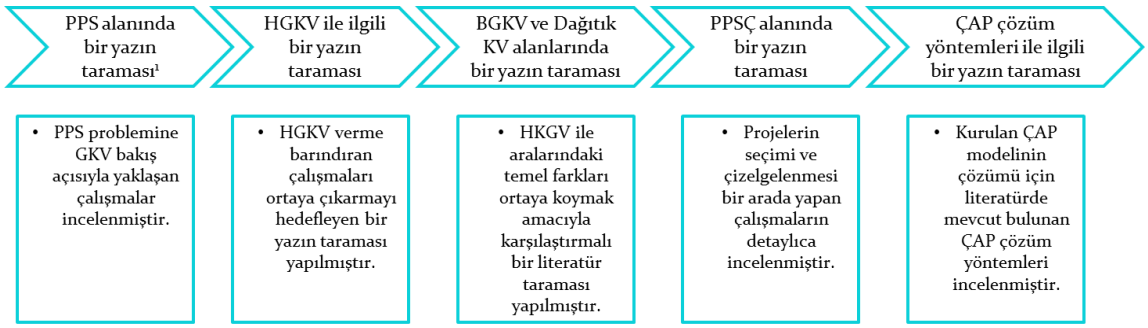
için değil; hiyerarşi barındıran, farklı kademelerden KV'lerin katılımına ihtiyaç duyan her organizasyonun PPSÇ sürecinde yararlanabileceği bir yapıdır.

Bunlara ek olarak önerilen yapı, proje portföy yönetimi alanının yanı sıra enerji ve sürdürülebilirlik, stratejik yönetim, bilgi yönetimi, inşaat, risk yönetimi, tedarik zinciri yönetimi ve üretim sistemleri alanları vb. birçok alandaki karar verme problemlerine uyarlanabilecek bir yapıdır.

Bu çalışma şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 0'de yazın taraması yer almaktadır: Bölüm 2.1'de PPS alanında bir yazın taraması verilmiştir. Bölüm 2.2'de BGKV ve DKV'nin HGKV ile farklarını anlatan karşılaştırmalı bir yazın taraması verilmiştir. Bölüm 2.3'te PPSÇ alanında ve Bölüm 2.4'te ÇAP çözüm yöntemleri alanında bir yazın taraması sunulmuştur. Bölüm 3. 'te HGKV problemi tanıtılmış, özellikleri ve klasik GKV ile farkları sunulmuştur, önerilen HGKV problemi için KV ve uzman değerlendirmelerinin klasik sayılar ile ifade edildiği durum Bölüm 3.3'te ve kanı dereceleri ile ifade edildiği durum Bölüm 3.4'te sunulmuştur. Bölüm 4. 'te PPSÇ için geliştirilmiş ÇAP modeli anlatılmıştır. Bölüm 4.2'de ÇAP çözüm yöntemlerinden ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile önerilen model çözümü verilmiştir. Bölüm 4.3'te ise kanı dereceleri ile ifade edilen ve tatmin seviyelerine göre değişiklik gösteren fayda puanlarının modele entegre edilmesi için geliştirilmiş olan interaktif çözüm yaklaşımı sunulmuş ve duyarlılık analizi verilmiştir. Bölüm 5. 'te sonuçlar yer almaktadır.

2. YAZIN TARAMASI

Tez çalışması sırasında tez kapsamındaki güncel çalışmaları ortaya koymak ve sınıflandırmak amacıyla birkaç farklı alanda yazın taraması yapılması ihtiyacı ile karşılaşılmıştır. İlk olarak PPS alanında bir yazın taraması yapılmış, PPS problemine GKV bakış açısıyla yaklaşan çalışmalar incelenmiş, devamında ise literatürde HGKV verme barındıran çalışmaları ortaya çıkarmayı hedefleyen bir yazın taraması yapılmıştır. Ardından çok sayıda KV'nin karar sürecine katılımı ile ilgilenen Büyük Grup Karar Verme (BGKV) ile Dağıtık Karar Verme (DKV) yaklaşımlarını incelemek HKGV ile aralarındaki temel farkları ortaya koymak amacıyla karşılaştırmalı bir literatür taraması yapılmıştır. Projelerin seçimi ve çizelgelenmesi bir arada yapan çalışmaların detaylıca incelenmesi için PPSÇ alanında bir yazın taraması gerçekleştirilmiştir. Son olarak PPSÇ modeli için kurulan ÇAP modelinin çözümü için literatürde mevcut ÇAP çözüm yöntemlerini incelemek amacıyla bir yazın taraması gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.1'de yazın taraması yapılan alanlar ile ilgili bir özet sunulmuştur. Bu taramalar ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.1: Yazın taraması yapılan alanlar.

2.1 Proje Portföy Seçimi Alanında Yazın Taraması[1]

PPS problemi ile ilgili literatürde mevcut bulunan çalışmaları ortaya çıkarmak ve yüksek önem arz eden çalışmaları detaylıca incelemek amacıyla iki aşamalı bir yazın taraması yapılmıştır. İTÜ Kütüphanesi üzerinden detaylı makale taraması sağlayan bilimsel veri tabanlarından Scopus veri tabanına ulaşılmıştır. Scopus veri tabanında başlığı, özeti veya anahtar kelimelerinde "Proje Portföy Seçimi ya da Proje Portföy Değerlendirme ya da Proje Portföy Önceliklendirme ya da Proje Portföy Sıralama ya da Proje Portföy" ("Project Portfolio Selection" or "Project Portfolio Evaluation" or "Project Portfolio Prioritization" or "Project Portfolio Ranking" or "Project Portfolio") anahtar kelimelerinin yer aldığı İngilizce dilinde yazılmış makaleler taratılmıştır. Bu tarama sonucu 1972 yılından günümüze kadar yayınlanmış 529 makale ile karşılaşılmış ve karşılaşılan makalelerin değerlendirilmesi için iki aşamalı bir yol izlenmiştir. İlk aşamada karşılaşılan 529 makalenin başlık ve özet kısımları okunarak konu ile ilgili olan makaleler belirlenmiş, konu ve kapsam dışı makaleler elenmiştir. Proje portföy seçimi, önceliklendirilmesi, değerlendirilmesi ile ilgili makaleler dahil edilmiş, bunun dışındaki makaleler kapsam dışı sayılmıştır. İkinci aşamada ilk aşamadan elde edilen 250'nin üzerinde makalenin detaylı incelemesi yapılmıştır. Bu aşama sonucunda kapsama dahil olan ve yüksek önem arz eden çalışmalar belirlenmiş ve bu çalışmalar dört boyutta sınıflandırılmıştır. Oluşturulan sınıflandırma tablosu Ek A'da gösterilmiştir. Bu boyutlar çalışma türüne, kullanılmış yöntemlere, yayınlandığı bilimsel dergiye ve proje tipine göre sınıflandırmadan oluşmaktadır.

Çalışma türüne göre sınıflandırma için Kabak (2008)'ın sınıflandırma yapısından faydalanılmış ve çalışılan konuya uyarlanmıştır. İlk boyut olan çalışma türüne göre makaleler aşağıdaki şekilde sınıflanmıştır:

1. Çalışma Türü
   - 1.1 Uygulamalı (U),
     - 1.1.1 Gerçek vakaya dayalı uygulama (GVD)
     - 1.1.2 Varsayıma dayalı uygulama (VD)

[1] Bölüm 2.1, "Şahin Zorluoğlu, Ö. & Kabak, Ö. 2020. A Literature Survey on Project Portfolio Selection Problem, Multiple Criteria Decision Making Beyond the Information Age, Springer International Publishing, DOI: 10.1007/978-3-030-52406-7." kitap bölümüne dayanmaktadır.

1.2 Teorik (T),

1.3 Uygulamalı ve teorik (U&T),

1.4 Diğerleri (D) (sistematik derleme, literatür derleme, araştırma makalesi vb.)

Uygulamalı makalelerden kasıt önerilen/kullanılan yöntemin bir kurumdan edinilen gerçek verilerle ya da varsayıma dayalı verilerle örneklendirilmesidir; buna göre önerilen/kullanılan yöntemin uygulanması dışında (performansının ölçülmesi vb.) çalışmalar yapmış makaleler uygulamalı başlığı altında yer almamaktadır. Gerçek vakaya dayalı uygulama da uygulamanın bir kurumda yapılmış olmasına veya kullanılan verilerin gerçek bir kurumdan alınmış olmasına dikkat edilmiştir. Varsayıma dayalı uygulama da ise kullanılan veriler gerçek değildir, yazar tarafından üretilmiş verilerdir. Teorik makalelerden kastedilen PPS problemi için bir yöntemden faydalanılması veya yeni bir yöntem önerilmesidir. Belirtilen şekilde herhangi bir yöntem kullanmamış veya önermemiş olan makaleler diğer başlığı altında sınıflandırılmıştır.

Kullanılmış yöntemlere göre sınıflandırma için çeşitli yazarların (Elbok ve Berrado, 2017; Heidenberger ve Stummer, 1999; Iamratanakul ve diğ, 2008) literatür derleme çalışmalarında daha önce oluşturdukları sınıflandırma yapısından yararlanılmış, bu sınıflandırmaya gürbüz matematiksel programlama da eklenerek bir yapı kurulmuştur. Yazın taraması sonucu elde edilen makaleler bu yapıya göre Ek A'da sınıflandırılmıştır. İkinci boyut olan kullanılmış yöntemlere göre sınıflandırma aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

2. Kullanılmış yöntemler

2.1 Fayda ölçüm yöntemleri

2.1.1 Çok ölçütlü karar verme yöntemleri (ÇÖKV)

2.1.2 Ekonomik modeller (EM)

2.1.3 Grup karar verme yaklaşımları (GKV)

2.2 Matematiksel programlama yöntemleri

2.2.1. Doğrusal programlama (DP)

2.2.2 Doğrusal olmayan programlama (DOP)

2.2.3 Tam sayılı programlama (TP)

2.2.4 Çok amaçlı programlama (ÇAP)

2.2.5 Dinamik programlama (DİP)

2.2.6 Stokastik programlama (SP)

2.2.7 Bulanık matematiksel programlama (BMP)

2.2.8 Gürbüz matematiksel programlama (GMP)

2.3 Bilişsel öykülenme yaklaşımları

2.3.1. Karar ağacı yaklaşımı (KA)

2.3.2 İstatistiksel yaklaşımlar (İY)

2.3.3 Uzman sistemler (US)

2.4 Benzetim ve Sezgisel yaklaşımlar (B&S)

2.5 Melez yöntemler

2.6 Diğer yöntemler

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri (ÇÖKV); AHP, ANP, TOPSIS, DEMATEL, fayda teorisi, çok ölçütlü değer teorisi, veri zarflama analizi (VZA), MABAC, ağırlıklı puanlama yöntemi ile bulanık ve gri küme teorisine dayalı ÇÖKV yöntemlerinden; bulanık AHP, bulanık VIKOR, bulanık VZA, bulanık durum tabanlı çıkarsama, bulanık üstünlük ilişkisi, gri sistem yaklaşımı, gri ilişkisel analiz, bulanık tercih ilişkisi, gri olabilirlik derecesi, gri DEMATEL vb., yöntemleri içermektedir. Ekonomik modeller başlığı altında ekonomik göstergeler, indirgenmiş nakit akımları yöntemi, net bugünkü değer analizi, iç verim oranı, gerçek opsiyonlar, fayda-maliyet analizi ile bulanık küme teorisine dayalı ekonomik modellerden; bulanık gerçek opsiyonlar ve bulanık net şimdiki değer analizi, vb. yaklaşımlar bulunmaktadır. GKV yöntemleri başlığı altında bulunan yöntemlerin süreç odaklı yaklaşımlardan delphi yöntemi ile yazılı beyin fırtınası olduğu görülmüştür. İstatistiksel yaklaşımlar; orta gini analizi, hipotez testi, çok değişkenli istatistiksel analiz, ki-kare testi, regresyon, vb. yöntemleri içermektedir. Uzman sistemler içeriğinde yapay sinir ağları, Kohonen sinir ağları, bulanık uzman sistemler ve gri teorisine dayalı yapay sinir ağları yöntemleri bulunmaktadır. Benzetim ve sezgisel yaklaşımlar başlığı altında bulunan yöntemlerin sezgisel algoritmalardan genetik algoritma ve pareto karınca kolonisi optimizasyonu, simülasyon çeşitlerinden Monte Carlo simülasyonu, sistem dinamiği gibi yaklaşımlar olduğu tespit edilmiştir. Melez yöntemler kapsamında TOPSIS ile çok amaçlı optimizasyon modeli, bulanık

SAW ile hedef programlama modeli, bulanık durum tabanlı çıkarsama ile hedef programlama, gri ilişkisel analiz ile genetik algoritma, vb. bulunmaktadır. Son olarak diğerleri başlığı ise teknoloji yol haritaları, interaktif yaklaşımlar, kritik başarı faktörleri analizi, ağırlıklandırılmış ağ modeli, diamond modeli, vb. içermektedir.

Üçüncü boyut olan yayınlandığı bilimsel dergiye göre makale sayıları belirlenmiş ve Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

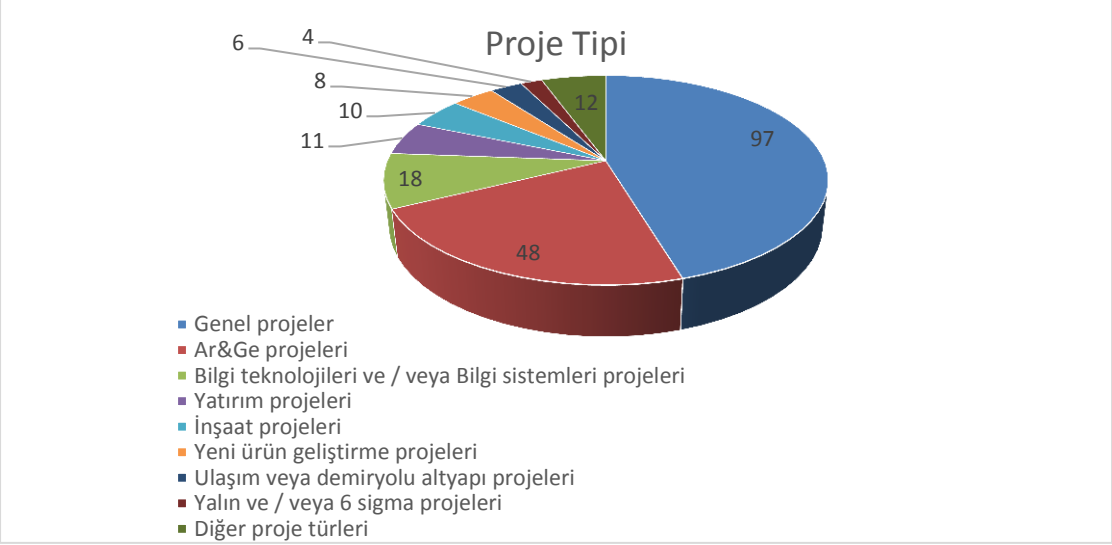
Çizelge 2.1 : Yayınlandığı bilimsel dergilere göre makale sayıları.

Yayınlandığı Bilimsel Dergi	Makale sayısı
European Journal of Operational Research	14
International Journal of Project Management	10
Annals of Operations Research	7
Applied Soft Computing	5
Expert Systems with Applications	5
IEEE Transactions on Engineering Management	4
Decision Support Systems	4
Operations Research	4
International Journal of Industrial Engineering	4
Research-Technology Management	3
The Engineering Economist	3
Interfaces	3
International Journal of Quality and Reliability Management	3
Computers and Industrial Engineering	3
Information Sciences	3
Arabian Journal for Science and Engineering	3

Çizelge 2.1 (devam) : Yayınlandığı bilimsel dergilere göre makale sayıları.

Yayınlandığı Bilimsel Dergi	Makale sayısı
Pesquisa Operacional	3
Sustainability	3
Diğer 110 dergi (makale sayısı < 3)	125

Sınıflandırmada ele alınan son boyut olan proje tipi için Şekil 2.2 hazırlanmıştır. Buna göre incelenen literatürde en yüksek sayıda bulunan proje tipi genel projelerdir (G), ardından sırasıyla Ar&Ge projeleri, bilgi teknolojileri ve/veya bilgi sistemleri projeleri (BT/BS), yatırım projeleri (YP), inşaat projeleri (İP), yeni ürün geliştirme projeleri (YÜG), ulaşım veya demiryolu altyapı projeleri (UAP/DAP) ve yalın ve/veya 6 sigma projeleri (Y/6S) geldiği görülmüştür. Son olarak diğer proje türleri içerisinde 2 veya daha az aynı türden projenin bulunduğu enerji (EP), bakım (BP), petrol ve gaz endüstrisi (PGE), performans geliştirme (PGP), yazılım (YZ), ileri teknoloji (İTP), güç dağıtım (GDP), bilimsel araştırma ve silah seçimi (SSP) proje türlerini içermektedir.



Şekil 2.2 : Proje tiplerine göre dağılım.

Literatürde PPS problemine GKV bakış açısıyla yaklaşan bazı çalışmalar görülmüştür. Hauc ve diğ. (2010) demiryolu altyapı inşaatı projelerinin önceliklendirilerek portföy oluşturulması için makroekonomik ve altyapı kriterleri ile çeşitli alt kriterler belirlemiş, değerlendirme sürecine birden fazla KVnin katılımıyla SMART yöntemi ile swing

tekniğini bir arada uygulamıştır. Bunun yanı sıra Wei ve Chang (2011) tarafından yeni ürün geliştirme projeleri portföy seçimi için bulanık küme teorisi ile çok kriterli grup karar vermeyi (ÇKGKV) entegre eden bir yöntem geliştirilmiştir. Bulanık grup kararları toplandıktan sonra birleştirilmiş ve klasik sayılara dönüştürülmüş, ardından bulanık lineer programlama modeli olarak formüle edilmiştir. Carazo ve diğ. (2012) KVlerin grup halinde katılacağı bu önemli karar süreci için 2 adımlı bir yaklaşım önermiştir; ilk adımda mevcut kaynaklar, projeler arası bağımlılık vb. kısıtları gözetilerek çok amaçlı bir model oluşturmuş, ikinci adımda olası çözümler kümesi sıralanmış ve KVler arası fikir birliğinin arttırılması hedeflenmiştir.

Dahası Jeng ve Huang (2015) Ar&Ge PPS probleminde kriterler ve alternatifler arası bağımlılık ve geri bildirim olduğu durumları aşmak amacıyla melez bir yaklaşım geliştirilmiş, bu yaklaşımda; değiştirilmiş delphi, DEMATEL ve ANP yöntemlerinden faydalanılmıştır. Cluzel ve diğ. (2016) çalışmalarında karmaşık sanayi sistemlerinde yenilikçi çevre Ar&Ge projelerinin nasıl üretileceği ve seçileceği sorusuna yanıt aramışlar; proje üretimi ve ön eleme aşamasında çeşitli KVlerden konu üzerinde yeni fikirler üretmelerini sağlamak amacıyla süreç odaklı GKV yöntemlerinden yazılı beyin fırtınası yönteminden, proje seçimi aşamasında ise yalın bir çok kriterli karar verme yönteminden faydalanmışlardır.

Dobrovolskienė ve Tamošiūnienė (2016) yaptıkları çalışmada inşaat sektöründe PPS ve kaynak dağıtımı için KVlerin sadece projelerin getirisi ve riskini değil sürdürülebilirliğini de dikkate alması gerektiğini savunmuş, bu nedenle bir sürdürülebilirlik indeksi ileri sürmüştür. Bu indeks oluşturulurken inşaat sektöründen çok sayıda profesyonelden oluşan KV grubu tarafından yapılan puanlamalar dikkate alınmış ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılmıştır. Son olarak PPS'de süreç odaklı ÇKGKV yöntemlerinden delphi yöntemini kullanan bir diğer çalışma ise Debnath ve diğ. (2017) tarafından yapılmıştır. Kriter ve alternatiflerin belirlenmesi ve kesinleştirilmesi amacıyla tarım sektöründe deneyimli farklı KVler ile bir delphi paneli gerçekleştirilmesi önerilmiş, ardından projelerin değerlendirilmesi ve seçilmesi için değiştirilmiş gri DEMATEL ve MABAC yöntemlerinden oluşan melez bir çok kriterli karar verme yaklaşımı geliştirilmiştir.

PPS problemi literatürde çokça çalışılmış ve pek çok farklı yöntemden faydalanılmıştır. Problem tanımı itibariyle GKV yaklaşımlarından faydalanılması çok uygun görünmesine rağmen literatürde GKV yaklaşımlarının kullanıldığı az sayıda çalışma ile karşılaşılmıştır. Aynı zamanda yanlılığın ve tek bir KVnin baskısıyla seçim yapılması durumunu ortadan kaldırarak, birden fazla KVnin sürece dahil olduğu bir yapıya ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Sürece dahil olan çok sayıda KVnin hiyerarşik düzende sınıflandırılması ile yapılacak çalışma GKV literatürüne HGKV adıyla yeni bir yaklaşımın tanıtılması hedeflemektedir.

Mevcutta literatürde HGKV barındıran çalışmaları ortaya çıkarmayı hedefleyen bir tarama yapıldığında Dongrui ve Mendel (2007), Lee ve Chen (2008), Chen ve Lee (2010), Ke ve diğ. (2012) ile Mousavi ve diğ. (2013) tarafından yapılmış çalışmalar ile karşılaşılmış fakat bu çalışmaların KVlerin hiyerarşisi değil AHP yapısına benzer şekilde kriterler hiyerarşisi barındırdığı görülmüştür.

Literatürde yayınlanmış makalelerin yaklaşık olarak %70'nin matematiksel programlama yöntemleri kullandıkları büyük bir kısmının kurdukları modelin çözümü için ise sezgisel yaklaşımlardan yararlandıkları tespit edilmiştir. Çalışma içerisinde çok ölçütlü karar verme yöntemleri barındıran makalelerin %22'lik dilimi, ekonomik modeller barındıran makalelerin %11'lik dilimi, GKV yöntemleri barındıran makalelerin ise sadece %3'lük bir dilimi oluşturduğu görülmüştür. Bu oranlar PPS konusunda GKV yöntemleri kullanımının açık bir alan olduğunu göstermektedir.

Son olarak yapılan literatür incelemesi sonucunda literatürdeki açık alanlar ve bu konu çerçevesinde yapılabilecek çalışmalar ile ilgili bazı çıkarımlarda bulunulmuştur. Bunlar; (1) gerçek hayat PPS problemlerinin çözümü için çeşitli GKV yöntemlerinin kullanımının yaygınlaşmasına gereksinim, (2) projelerin önerilmesi aşamasından, değerlendirilmesi ve portföy seçimi aşamalarına, ardından seçilen proje portföyünün çizelgelenmesine kadar tüm proje portföy yönetimi sürecini ele alan çalışmalara gereksinim, (3) literatüre önemli katkılar sağlamak üzere problem yapısına uygun hiyerarşi barındıran GKV yöntemlerinin geliştirilmesine gereksinim, (4) gerçek hayat problemlerinde görülen çok sayıda projenin değerlendirilmesi durumunu göz önünde

bulunduracak GKV yöntemlerinin kullanımına/geliştirilmesine gereksinim, şeklinde özetlenebilir.

2.2 Hiyerarşik Grup Karar Verme ile Büyük Grup Karar Verme ve Dağıtık Karar Verme Karşılaştırmalı Yazın Taraması

BGKV ve DKV'nin özelliklerini incelemek ve HGKV ile aralarındaki farkları ortaya koymak amacıyla karşılaştırmalı bir yazın taraması yapılmış ve aşağıda detaylıca açıklanmıştır.

2.2.1 Hiyerarşik grup karar verme ile büyük grup karar verme yaklaşımlarının karşılaştırılması

BGKV, yüksek sayıda kişinin görüşlerine göre bir alternatif kümesi içerisinden en iyi opsiyonu seçme aktivitesidir (Y. Liu ve diğ, 2016). Bu kısımda BGKV'nin temel özelliklerine odaklanılarak HGKV ve BGKV arasındaki farkları ortaya koyulmuştur. B. Liu ve diğ. (2014) tarafından yapılan çalışmaya göre BGKV'nin dört temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar:

- ✓ KV'ler farklı zaman ve mekanlarda karar verebilirler,
- ✓ Karar verme sürecine 20'den fazla KV katılabilir,
- ✓ Değerlendirme kriterleri birbirleriyle bağlantılı olabilir,
- ✓ KV'lerin değerlendirmeleri belirsizlik içerebilir.

Bu özelliklere göre BGKV ile HGKV arasında bazı benzerlikler bulunmaktadır. Her iki yaklaşımda da karar sürecinde çok sayıda KV bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ikiside KV'lere farklı zaman ve mekanlarda karar verme şansı tanır. Her iki problem türünde de KV'lerin değerlendirmeleri belirsizlik içerebilir.

Diğer bir yandan, HGKV ve BKGV arasında önemli farklar bulunmaktadır. Ana fark HGKV'de KV'ler hiyerarşisinin bulunmasıdır. BGKV'de, KV'ler çeşitli kümeleme yöntemleriyle kümelenerek çok sayıda KV daha küçük gruplara ayrılır. Tersine, HGKV'de KV'lerin bireysel olarak karar sürecine katılması sağlanır ve bu sırada KV'lerin hiyerarşideki seviyesi göz önünde bulundurulur.

BGKV problemlerinin aksine, HGKV'de hiyerarşideki her birimin diğerlerinden farklı olabilen bir alternatif kümesi bulunmaktadır. BGKV'de tüm KV'ler aynı alternatif

kümesini değerlendirir. Sonuç olarak, HGKV ile BGKV arasında önemli farklar bulunduğu açıkça görülmektedir.

2.2.2 Hiyerarşik grup karar verme ile dağıtık karar verme yaklaşımlarının karşılaştırılması

Schneeweiss (2003) çalışmasında en iyi karara varmak için birbirini destekleyen ya da birbirleriyle yarışırken bir denge bulmaya çalışan çok sayıda karar olması durumundan bahsetmiştir. DKV'yi "birbiriyle bağlantılı kararların tasarımı ve koordinasyonu" olarak tanımlamıştır. Buna göre DKV'nin temel özellikleri şunlardır:

- ✓ DKV dağıtılmış/merkezi olmayan bir GKV yaklaşımıdır;
- ✓ Karar verme sırasında üst seviyenin alt seviyeler üzerinde bir etkisi vardır;
- ✓ Eğer birden fazla karar almak gerekliyse DKV uygulanabilirdir.

HGKV ile DKV arasındaki temel farklardan biri HGKV'nin merkezi bir GKV yaklaşımı olmasıdır. HGKV'de, KV'ler farklı kararlar vermenin aksine, çeşitli alanlardaki uzmanlıkları ile son kararın verilmesine katkıda bulunurlar. Dahası DKV'de karar verme sırasında üst seviyenin alt seviyeler üzerinde bir etkisi vardır. Diğer bir deyişle, alt seviye üst seviyenin etkisi altında karar verir. Tersine HGKV'de karar sürecinde üst seviyenin alt seviyeler üzerinde bir baskısı ya da etkisi yoktur. Üst ve alt seviyeler birbirinden bağımsız değerlendirme yaparlar. HGKV bu durumla başa çıkmak ve karar sürecinde manipülasyonu önlemek için tasarlanmıştır.

Bunun yanı sıra HGKV ile DKV farklı tipte karar problemlerine hitap etmektedir. Birden fazla kararın alınması ihtiyacı bulunan sistemlerde DKV kullanıma uygun görünmektedir. Schneeweiss ve diğ. (2004) DKV'nin tedarik zinciri alanına uygulamasını gerçekleştirmiştir. Tedarik zinciri sistemi, üretici (üst seviye) ve tedarikçi (alt seviye) olmak üzere iki seviyeden oluşmaktadır. Talebi karşılamak amacıyla üst seviye alt seviyeye emir verir ve alt seviye bu emre uygun şekilde talebi karşılar.

Bir başka örnek olarak Wernz ve Deshmukh (2010), planlamacı ve satın alma görevlisi olmak üzere iki KV'den oluşan bir model önermiştir. Sorumluluklarına göre farklı kararlar vermeleri gerekmektedir. Planlamacı ve satın alma görevlisi arasında bir hiyerarşi bulunmaktadır. Satın alma görevlisi planlamacı için çalışmakta ve onun

başarısını desteklemektedir. Planlamacı başarısına göre bir ödül almaktadır ve bu ödül satın alma görevlisinin maaşını direkt olarak etkilemektedir. Bu ilişkinin matematiksel modeli kurulmuş ve iki farklı vaka çalışması sunulmuştur. İlk vakada KV'ler karar verme sürecinde birbirinden bağımsız iken ikinci vakada aralarında bağımlılık bulunmaktadır. Sonrasında bu model çok sayıda KVnin olduğu bir türde de hazırlanmıştır.

Eğer hiyerarşik biçimde sınıflandırılmış çok sayıda KV'nin katkılarıyla bir karar verilmesi gerekliyse, HKGV yararlanılması en uygun olan yaklaşımdır.

Bilgimiz dahilinde literatürde, HGKV yaklaşımı ve çözümü ile ilgilenen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yazın taraması, KV'ler hiyerarşisini göz önünde bulunduran HGKV yaklaşımları açısından literatürde açık bir alan olduğunu ortaya çıkarmıştır.

2.3 Proje Portföy Seçimi ve Çizelgeleme Alanında Yazın Taraması

PPSÇ problemi, proje yönetimi alanının en önemli ve ilgi çeken konularından biridir (Chen ve Askin, 2009; Huang ve Zhao, 2014). PPSÇ probleminde, çeşitli kısıtlar altında eldeki projeler arasından bir küme seçilir ve çizelgelenir. PPSÇ'de seçim ve çizelgeleme aşamaları eşzamanlı eniyilenerek doğru projelerin seçilmesi ve zamanında uygulanması sağlanmalıdır (Rafiee ve diğ, 2014; Tofighian ve Naderi, 2015).

Literatürde çoğunlukla proje çizelgeleme problemi, proje portföy seçiminden ayrı ele alınmaktadır fakat çizelgeleme süreci, seçim sürecinin önemli bir parçasıdır. PPSÇ, çok sayıda proje içerisinden organizasyonlara ait bütçe, işgücü ve makine gibi çeşitli kısıtlar altında en uygun portföyün seçimi ve seçilen projelerin belirli bir zaman dilimi içerisinde tamamlanması için en uygun çizelgenin oluşturulmasıdır.

PPSÇ problemi ile ilgili literatürde mevcut bulunan çalışmaları ortaya çıkarmak ve önem arz eden çalışmaları detaylıca incelemek amacıyla iki aşamalı bir yazın taraması yapılmıştır. İTÜ Kütüphanesi üzerinden detaylı yayın taraması sağlayan bilimsel veri tabanlarından Web of Science ve Science Direct veri tabanlarına ulaşılmıştır. Web of Science ve Science Direct veri tabanlarında, "Proje Portföy Çizelgeleme" ile "Proje Seçimi ve Çizelgeleme" ("Project Portfolio Scheduling" ile "Project Selection ve Scheduling") anahtar kelimelerinin yer aldığı yayınlar taratılmıştır. Bu tarama sonucu

günümüze kadar yayınlanmış 70'e yakın yayın ile karşılaşılmış ve karşılaşılan yayınların değerlendirilmesi için iki aşamalı bir yol izlenmiştir. İlk aşamada karşılaşılan yayınların başlık ve özet kısımları okunarak konu ile ilgili olan yayınlar belirlenmiş, konu ve kapsam dışı yayınlar elenmiştir. Kapsam dahilindeki çalışmalar, PPS ve çizelgeleme problemlerini bir arada ele alan çalışmalardan oluşmaktadır. İkinci aşamada, ilk aşamadan elde edilen yayınların detaylı incelemesi yapılmıştır. Bu aşama sonucunda kapsama dahil olan ve önem arz eden çalışmalar belirlenmiş ve bu çalışmalar kullanılmış yöntemlere ve proje tipine göre iki boyutta sınıflandırılmıştır.

1. Kullanılmış yöntemler
   1.1 Fayda ölçüm yöntemleri
      1.1 Çok ölçütlü karar verme yöntemleri (ÇÖKV)
   1.2 Matematiksel programlama yöntemleri
      1.2.1. Doğrusal programlama (DP)
      1.2.2 Doğrusal olmayan programlama (DOP)
      1.2.3 Tam sayılı programlama (TP)
      1.2.4 Çok amaçlı programlama (ÇAP)
      1.2.5 Dinamik programlama (DİP)
      1.2.6 Stokastik programlama (SP)
      1.2.7 Bulanık matematiksel programlama (BMP)
      1.2.8 Gürbüz matematiksel programlama (GMP)
      1.2.9 Gri programlama (GRP)
2. Proje tipi:
   2.1 Genel projeler (G)
   2.2 Ar&Ge projeleri
   2.3 Yatırım projeleri (YP)
   2.4 İnşaat projeleri (İP)
   2.5 İlaç araştırma projeleri (İAP)

Buna göre incelenen literatürde, en yüksek sayıda bulunan proje tipleri; genel projeler (G) ve Ar&Ge projeleridir. Ayrıca yatırım projeleri (YP), inşaat projeleri (İP) ve ilaç

araştırma projeleri de (İAP) bulunmaktadır. Kullanılmış yöntemler ve proje tipine göre oluşturulan sınıflandırma tablosu Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Sınıflandırma tablosu.

	Kullanılan Yöntemler										Proje Tipi
	ÇÖKV	DP	DOP	TSP	ÇAP	DP	SP	BMP	GMP	GRP	
(Tofighian ve Naderi, 2015)				X	X						G
(Shariatmadari ve diğ, 2017)				X							G
(Coffin ve Taylor, 1996)								X			ARveGE
(H. Sun ve Ma, 2005)				X							ARveGE
(Huang ve diğ, 2016)				X							G
(Huang ve Zhao, 2014)			X	X							ARveGE
(S. S. Liu ve Wang, 2011)				X							İP, AR&GE
(Latipova, 2015)				X							AR&GE
(Shafahi ve Haghani, 2018)				X							G
(Hassanzadeh ve diğ, 2014)									X		AR&GE
(Kumar ve diğ, 2018)				X							G
(Amirian ve Sahraeian, 2017)				X							G
(Medaglia ve diğ, 2008)				X	X						G
(Namazian ve Yakhchali, 2016)								X			G
(Jafarzadeh ve diğ, 2015)				X							YP
(Thurston ve Tian, 1993)	X			X							G
(J. Chen ve Askin, 2009)				X							G
(Ghasemzadeh ve Archer, 2000)				X							G
(Ghorbani ve Rabbani, 2009)					X						G
(Carazo ve diğ., 2010)					X						G
(Kolisch ve Meyer, 2006)				X							İAP
(Sefair ve Medaglia, 2005)				X							G
(Zuluaga ve diğ, 2007)				X							G
(Amirian ve Sahraeian, 2018)										X	G
(Garcia, 2014)				X							G
(Rafiee ve diğ, 2014)							X				G

2.4 Çok Amaçlı Programlama Çözüm Yöntemleri Yazın Taraması

Literatürde çeşitli ÇAP problemleri için kullanılmış bazı temel çözüm yöntemleri araştırılmış ve aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

1. Ölçeklendirme yöntemleri:

i. Ağırlıklı toplam yöntemi,
ii. Ağırlıklı global kriter yöntemi,
iii. Ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi,

2. Sıralama temelli (Lexicographic) yöntem,
3. Hedef programlama,
4. Bulanık mantık temelli yöntemler,
5. Metasezgisel yöntemler.

Ölçeklendirme yöntemlerinde ÇAP problemi bir ölçekleme fonksiyonu yardımıyla tek amaçlı bir probleme dönüştürülür (Ehrgott ve Wiecek, 2005).

i. Ağırlıklı toplam yöntemi: Amaç fonksiyonları bir ağırlık vektörü yardımıyla tek bir amaç fonksiyonu olarak formüle edilir. Ağırlıklı toplam yöntemi basit ve kullanımı kolay bir yöntemdir. Bunun yanı sıra Arora'ya göre (2012) bu yöntemin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntem ile başlangıçta tatmin edici bir ağırlık seçimi yapılsa dahi sonucun kabul edilebilir olacağının garantisi yoktur. Çözüm uzayının dışbükey olmayan bölgelerinde bulunan pareto-optimal çözümleri bulamaz. Son olarak ağırlıkları değiştirilerek bulunan çözümler ile Pareto optimal çözüm kümesine ulaşılamayabilir.
ii. Ağırlıklı global kriter yöntemi: İdeal çözüm ve olurlu çözüm arasındaki mesafeyi enküçükleyen bir çeşit fayda fonksiyonu ile tek amaçlı problem elde etmek için kullanılır. Bu yöntemin dezavantajları; ideal çözümün bulunması için her bir amaç fonksiyonun enküçüklenmesinin yapılacak işlem miktarını arttırması ve tüm Pareto optimal çözümlerin elde edilmesini garanti etmemesidir (Arora, 2012).
iii. Ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi: Ağırlıklı global kriter yöntemine benzer şekilde ideal çözüm ile olurlu çözüm arasındaki farkı enküçükleyecek tek bir amaç fonksiyonu olarak formüle edilir. Ağırlıklı global kriter yönteminin tersine ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile tüm Pareto optimal noktalar elde edilir. Bu yöntem ile ağırlıklar değiştirilerek Pareto optimal çözüm kümesinin elde edilmesi mümkündür. Yöntemin dezavantajları: ideal çözümün bulunması için her bi amaç fonksiyonunun ayrı ayrı enküçüklenmesi gerekmekte ve bu durum problemin hesaplama karmaşıklığını arttırmaktadır. Bunun yanı sıra bu yöntem probleme yeni kısıtların dahil edilmesini gerektirmektedir (Arora, 2012).

Sıralama temelli yöntemde (Fishburn, 1974) ölçeklendirme yöntemlerinin aksine ağırlık verilmez. KVler amaç fonksiyonlarını önemlerine ya da tercihlerine göre sıralar ve her seferde bir amaç fonksiyonu ile problem çözülürken ele alınan amaç bir sonraki amacın kısıtı olarak modele dahil edilir. Bu yöntemin avantajı; amaç fonksiyonlarının normalize edilmesine ihtiyaç olmamasıdır. Dezavantajları ise çok sayıda tek amaçlı problemin çözümüne ihtiyaç duyulması ve probleme yeni kısıtlar katılmasıdır (Arora, 2012).

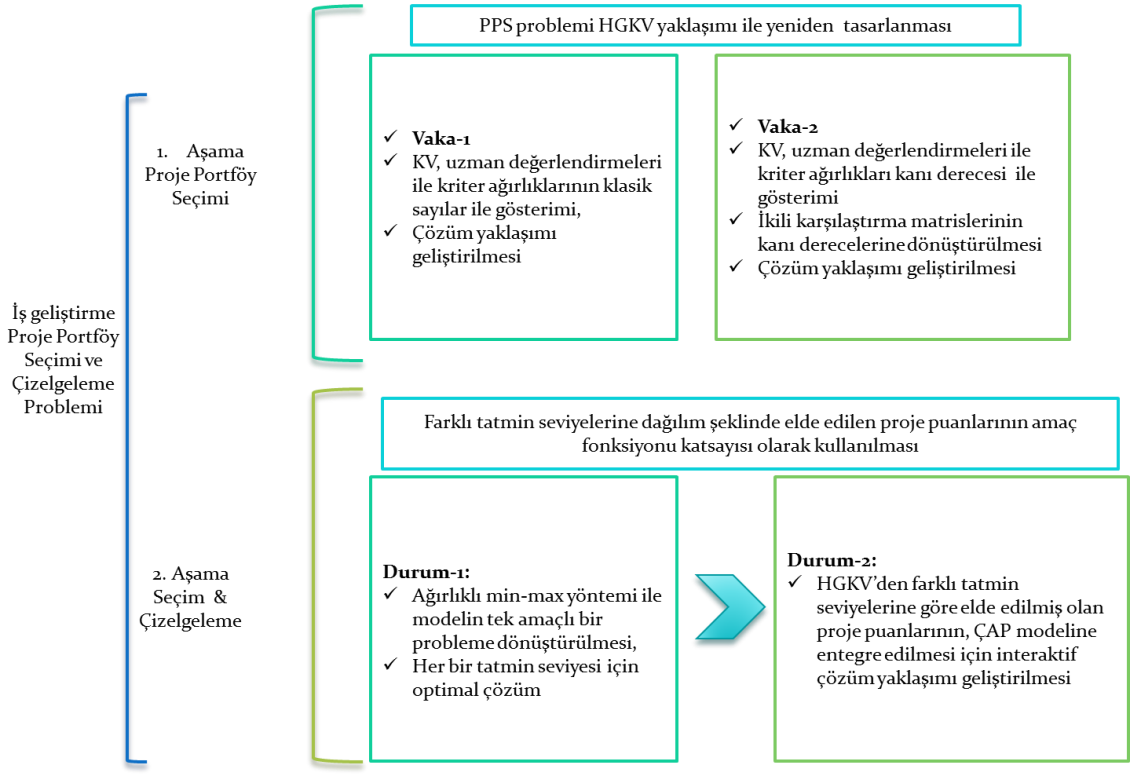
Hedef programlamada ise KVler her amaç fonksiyonu için bir hedef belirler. Ardından tüm amaç fonksiyonları için hedeflerden sapma miktarı toplamı en küçüklenir. Bu yöntemin dezavantajları Pareto optimal çözüme erişme garantisi olmaması ve modele yeni değişkenlerin ve kısıtların katılıyor olmasıdır.

Bulanık mantık temelli yöntemlerden gerçek hayat problemlerinde verilerin belirsiz veya bulanık olduğu durumlarda faydalanılan bulanık ÇAP, Zimmermann (1978) tarafından önerilmiştir.

Metasezgisel yöntemler; son yıllarda ÇAP modellerinin çözümü için birçok metasezgisel yöntemden faydalanıldığı görülmüştür. Literatürde ÇAP modellerinin çözümü için kullanılan bazı metasezgisel yöntemler şunlardır; NSGA-II, domine edilemeyen sıralamalı genetik algoritma (Deb, Pratap, Agarwal, ve Meyarivan, 2002), saçılım arama algoritması (Corberán ve diğ, 2002), Tabu Arama veya Karınca Koloni Algoritması (Talbi ve diğ, 2012), tavlama benzetimi algoritması (Serafini, 1994), Çok amaçlı Kombinatoryal Optimizasyon için Tabu Arama (TAMOCO) (Hansen, 2000) ve Parçaçık Sürü Optimizasyonu (PSO) (Moore & Chapman, 1999).

3. HİYERARŞİK GRUP KARAR VERME

Bu bölümde ilk olarak HKGV problemi tanımlanarak, özellikleri anlatılmıştır. HGKV probleminin klasik GKV problemlerinden farkları detaylıca açıklanmıştır. HGKV problemi için 2 farklı durumda kullanılmak üzere 2 ayrı çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. İlk çözüm yaklaşımı KV ve uzman değerlendirmelerinin klasik sayılar ile ifade edildiği durum için geliştirilmiştir. İkinci çözüm yaklaşımı ise KV ve uzman değerlendirmelerinin kanı dereceleri ile ifade edildiği durum için geliştirilmiştir. İlk çözüm yaklaşımı Vaka-1 başlığı altında, ikincisi ise Vaka-2 başlığı altında açıklanmıştır. İki çözüm yaklaşımının detaylıca açıklanması amacıyla iki ayrı firmanın organizasyon şemasına uygun şekilde HGKV problem yapısı tanımlanmış, ardından önerilen çözüm yaklaşımları anlatılmış ve son olarak birer uygulama yapılmıştır. Şekil 3.1'de tez planı verilmiştir.



Şekil 3.1 : Tez Planı.

3.1 Hiyerarşik Grup Karar Verme Probleminin Özellikleri

Günümüzde her organizasyon devamlı bir karar verme döngüsüyle karşı karşıya kalmaktadır. Doğru kararlar almak, zorlu rekabet ortamında bir organizasyonun başarısı için en önemli unsurdur. Bir organizasyon çeşitli karar problemleri ile yüz yüze gelebilir. Kararlar, bireyler ya da gruplar tarafından alınabilir. GKV birden fazla KV içeren karar durumu olarak tanımlanabilir. Bu grup üyeleri, kendilerine ait davranış ve motivasyonları bulunan, ortak bir problemin varlığını tanıyan ve ortak bir karara varma girişiminde bulunan bireylerdir (Lu ve diğ, 2007). Organizasyonun farklı birimlerinde ya da seviyelerinde bulunan kişiler olabilen yöneticiler ya da çalışanlar, KV'ler ya da uzmanlar olarak adlandırılır. Yüksek sayıda kriteri ya da KVyi göz önünde bulundurma gereksinimi nedeniyle karar verme süreci karmaşık yapıda bir süreçtir.

Son yıllarda GKV yaklaşımları arasında, ÇKGKV yöntemlerine olan ilgili çarpıcı biçimde artmıştır (Kabak ve Ervural, 2017). Klasik ÇKGKV problemlerinde, çok sayıda KV alternatifleri birçok kritere göre değerlendirir. Klasik durumun tersine bazı problemlerde hiyerarşik kriter (Gu ve diğ, 2017; Saaty, 1987), BGKV (B. Liu ve diğ, 2015; Xu ve diğ, 2018) ve bireysel kriter (Dong ve diğ, 2016; Ho ve diğ, 1999) vb. gibi farklı özellikler bulunabilir. Bu tip problemlerden farklı olarak, bazı spesifik problemlerde KV'ler ya da uzmanlar hiyerarşik bir yapıda olabilir. Buna HGKV problemi denir.

HGKV problemlerinin başlıca özellikleri aşağıda listelenmiştir:

1. KV'ler ve/veya uzmanların yapısı:
    a. KV'ler ve/veya uzmanlar organizasyon şemasındaki pozisyonlarına uygun şekilde hiyerarşik düzende birimler halinde sınıflandırılmıştır,
    b. KV'ler ve/veya uzmanların farklı zamanlarda karar vermelerine izin verilmiştir,
2. Alternatifler:
    a. Hiyerarşideki her birimin kendi alternatifleri bulunmaktadır,
3. KV ve/veya uzman sayısı:
    a. Çok sayıda KV ve/veya uzmanın karar sürecine katılabilir,
4. Kriterler:

a. Hiyerarşideki her birimin kendi kriterleri bulunmaktadır,
b. Ortak kriterler hiyerarşi dışındaki uzmanlar tarafından değerlendirilecektir,
c. Öznel kriterlerin yanı sıra nesnel kriterler bulunabilir.

3.2 Hiyerarşik ve Klasik Grup Karar Verme Arasındaki Farklar

Klasik ÇKGKV'nin aksine, HGKV probleminde KV'lerin hiyerarşik bir yapısı bulunmaktadır. Bu durum çalışmanın en ilgi çekici kısımlarındandır. Lane'e (2006) göre, hiyerarşinin emir hiyerarşisi, içerme hiyerarşisi, kontrol hiyerarşisi ve seviye hiyerarşisi olmak üzere dört çeşidi vardır. Büyük çaplı organizasyonlarda, yüksek seviyede düzen ve yönetim sağlanması için seviye hiyerarşisinin bir türü olan çalışanlar hiyerarşisi gereklidir. Organizasyonlarda çoğunlukla, çalışanların farklı seviyelerde bağlı bulundukları birim ya da alt birime göre sınıflandırıldığı seviye hiyerarşisi bulunmaktadır. Hiyerarşi, çalışanları otoritenin farklı seviyeleri yardımıyla konumlandırma olmasının yanı sıra yüksek seviyenin düşük seviye üzerinde kontrol sahibi olduğu, organizasyonun yüksek ve düşük seviyeleri arasında bulunan bir sistemdir.

Hiyerarşinin tüm seviyelerinden fikir alınarak bir karar verilmesi sırasında, seviyelerine bağlı olarak KV'lerin katkıları göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, PPS probleminde, tüm çalışanların iş yapma şekillerini geliştirmek amacıyla iş geliştirme proje önerilerinde bulunduğunu göz önünde bulunduralım. Aynı zamanda seçilecek projelere karar vermek amacıyla proje önerilerini değerlendirme aşamasında da bulunmaktadırlar. Burada başa çıkılması gereken ilk durum, karar verme sürecinde çalışanların seviyelerini göz önünde bulundurmaktadır. İkincisi, çalışanlar aynı zamanda bir KV olduğuna göre, karar verme süreci tüm potansiyel yanlılık ve manipülasyonları önlemelidir. Bu nedenle tanımlanan problem, klasik problemlerden farklı bir noktada görülmekte ve yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Klasik ÇKGKV probleminde, KV'lerin ya da uzmanların değerlendirecekleri alternatifler ortaktır. Bununla birlikte, bazı problemlerde, uzmanların yalnızca göz önünde bulundurulan alternatiflerin bir alt kümesi hakkında görüş sunabilecek bilgileri

vardır. Örneğin, PPS probleminde, KV'ler kendi önerdikleri projeleri verimli bir şekilde değerlendirebilirler. Fakat diğer birimler (hiyerarşinin bir başka dalı) tarafından önerilen projeleri değerlendirmede bilgi eksikliğinden kaynaklı zorluk yaşayabilirler. Bu nedenle, hiyerarşideki birimlerin kendi projelerini ya da onlara bağlı bulunan alt birimlerin projelerini değerlendirmesinin daha uygun olduğu görülmektedir. Bunun sonucu olarak hiyerarşideki her birimin diğer birimlerden farklı olarak kendi alternatif kümesi bulunabilir. Tüm KV'ler ya da uzmanlar tüm alternatifleri değerlendirmezler. Bu sebeple, farklı alternatif kümeleri ile başa çıkılabilmesi için klasik yaklaşımdan farklı bir yöntembilime ihtiyaç duyulmaktadır.

Klasik ÇKGKV'nin aksine, hiyerarşideki seviye sayısı ya da organizasyondaki çalışan sayısı arttıkça, sürece katılan KV ya da uzman sayıları çok yüksek olabilir. Karar verme sürecinde çok sayıda KV ve uzman fikirlerini beyan eder. Bu nedenle karar verme problemi daha karmaşık bir yapıya bürünmektedir. Örneğin, PPS probleminde, eğer çalışan sayısı yüksek ise ve hiyerarşi çok seviyeli ise, proje önerilerini değerlendiren çok sayıda KV bulunacaktır. Çok sayıda KV ya da uzman ile başa çıkılması için hesaplamada verimli algoritmalara ihtiyaç duyulacaktır. BGKV'ye odaklanan çalışmalar olmasına rağmen, klasik ÇKGKV yaklaşımlarının çoğu, çok sayıda KV ya da uzman ile başa çıkmada yetersizdir.

ÇKGKV problemlerinde, KV'ler ya da uzmanlar ortak veya bireysel kriterlere, nesnel kriterlerin yanı sıra öznel kriterlere sahip olabilir. Literatürdeki problemlerin çoğunda, uzmanların aynı kriter kümesini değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanların farklı ilgi alanları, uzmanlıkları olduğunda ya da problemi yalnızca belirli açılardan göz önünde bulundurduklarında, kendi kriter kümeleri için görüş beyan ederler (Dong ve diğ, 2016; Ho ve diğ, 1999; Lourenzutti ve Krohling, 2016). Kriterlerin bazı özellikleri sayısal olmalarından ötürü ölçülebilirdir ve bu kriterler nesnel kriterleri oluştururlar. HGKV problemlerinde, kriterlerin bu özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır. Örneğin, PPS probleminde, her birimin farklı ve özgün özelliklerine dayalı olarak değerlendireceği, kendine ait alternatifleri (projeleri) bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, hiyerarşi dışından uzmanların değerlendireceği projenin stratejik uygunluğu, katma değeri gibi ortak kriterleri ve projenin maliyeti ve süresi gibi nesnel kriterleri bulunabilir.

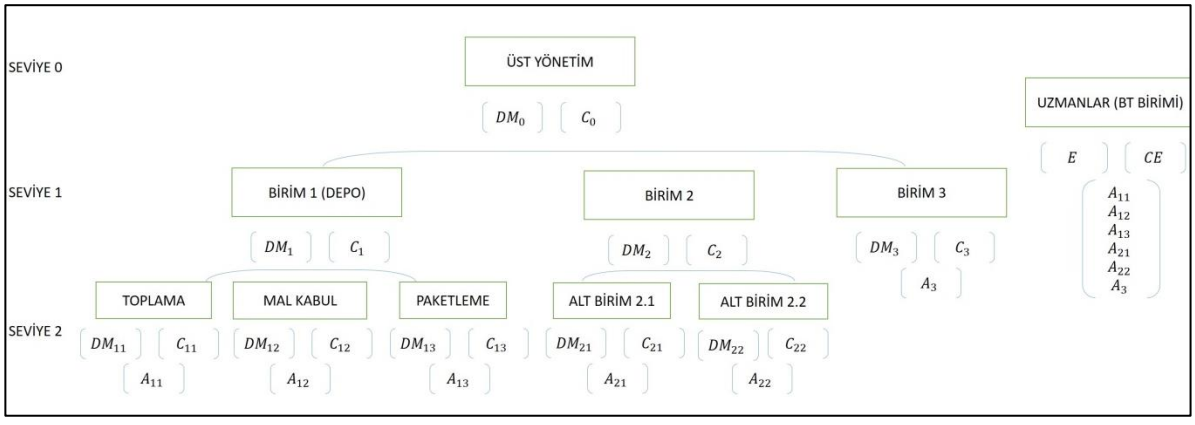
Literatür incelendiğinde, çok sayıda KV'nin katılımı ile ilgilenen, BGKV gibi birtakım çalışmalar görülmüştür. Çoğu, nesnel/öznel kriterler veya bireysel kriterler üzerine olan çalışmalar da görülmüştür. Bununla birlikte, bildiğimiz kadarıyla literatürde KV hiyerarşisi ya da KV'lerin kendi alternatiflerinin hiyerarşik yapısı üzerine bir çalışma yoktur. Ayrıca yukarıda tanımlanmış olan HGKV probleminin dört özelliğinin tamamı ile ilgilenen bir çalışma da bulunmamaktadır.

3.3 Vaka-1[2]

Bu çalışmada öncelikle bir firmanın HGKV problem yapısı tanıtılmıştır. Kriter ağırlıkları, KV ve uzman ağırlıkları ile KV ve uzman değerlendirmelerinin klasik sayılar ile ifade edildiği durum için bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiş ve bu çözüm yaklaşımının adımları sunulmuştur. Ardından geliştirilen çözüm yaklaşımının tanıtılan firmaya uygulaması yapılmış ve sonuçlar verilmiştir.

3.3.1 Problem tanımı

HGKV problemlerinde organizasyon şemasındaki pozisyonlarına bağlı olarak çok sayıda KV bir hiyerarşi içerisinde sınıflandırılmıştır. Şekil 3.2'de bir firmanın organizasyon şemasına uygun şekilde HGKV problem yapısının bir örneği verilmiştir.



Şekil 3.2 : HGKV problem yapısına bir örnek.

[2] Bölüm 3.3, "Şahin Zorluoğlu, Ö., Kabak, Ö. 2020. Hierarchical Group Decision Making Approach for IT Project Evaluation and Prioritization, Journal of Multi-Criteria Decision Analysis." makalesine dayanmaktadır.

Hiyerarşide üç seviye bulunmaktadır. Seviye 0 üst yönetimin üyelerini içermektedir. Seviye 1'de KV'ler (örn. yöneticiler) üç birimde kategorize edilmiştir. Seviye 2'de KV'ler (örn. müdürler, uzmanlar vs.) çeşitli alt birimler halinde kategorize edilmiş ve birimlere bağlanmıştır. Hiyerarşi dışında bir de uzman grubu bulunmaktadır. Bu örnekte üç seviye olmasına rağmen seviye sayısı bir organizasyondan diğerine değişebilir. Aynı şekilde birimler ve alt birimlerde gerektiği takdirde düzenlenebilir.

Karar sürecine katılan bireyler KV'ler ve uzmanlar olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Burada uzmanlar tüm önerilen projeleri puanlamaktan sorumlu çalışanlardır. Uzmanlar genellikle hiyerarşi dışında bulunur ve seçim sürecinin ardından seçilen projeleri gerçekleştirmekle yükümlüdürler. Örneğin, iş geliştirme projeleri için "Bilgi Teknolojileri (BT) Birimi" üyeleri uzmanlardır. Diğer yandan, KV'ler projeleri talep eden ve öneren aynı zamanda kendi alternatiflerini (projelerini ya da alt birimleri tarafından önerilen projeleri) değerlendirmekten sorumlu olan çalışanlardır. KV'ler ile uzmanlar arasında bir ayırım olmasının nedeni tüm birimler karar verme sürecine katılırken KV'lerin yalnızca kendi alternatiflerini puanlaması, uzmanların ise tüm alternatifleri puanlamasıdır.

Verilen HGKV probleminde alternatifler projeler ya da proje gruplarıdır. Projeler hiyerarşideki KV'ler tarafından önerilir ve hiyerarşinin en alt seviyesine iliştirilir. En alt seviyenin KV'leri tarafından değerlendirilir. Daha üst seviyelerdeki KV'ler alt birimlerine iliştirilmiş projelerden meydana gelen proje gruplarını değerlendirirler.

Hiyerarşideki her birim ya da alt birim kendine özel bir öznel kriter kümesini kullanır. Bir birimdeki KV'ler kendi alternatiflerini değerlendirmek için kendi birimlerine ait kriterleri kullanırlar. Uzmanlar (BT birimi üyeleri) tüm alternatifleri değerlendirmek için bir öznel kriter kümesi kullanırlar. Ayrıca proje bütçeleri, gerekli olan işgücü miktarı gibi değerleri sayısal olarak verilmiş bir nesnel kriter kümesi de bulunmaktadır.

Daha önce de bahsedildiği gibi HGKV yaklaşımı karar verme sürecinde bilgi eksikliği, manipülasyon ve yanlılık kaynaklı problemleri çözmek üzere tasarlanmıştır. Hiyerarşik yaklaşım organizasyondaki her birimin karar sürecine katılımını sağlamayı amaçlar. Bu nedenle ortak bir çıktı elde etmek adına KV'ler tercihlerini deneyimlerine, uzmanlıklarına ya da isteklerine dayalı olarak belirtirler.

Şekil 3.2'de sunulmuş olan HGKV yapısının detayları aşağıda verilmiştir:

SEVİYE 0:

Seviye 0'ın KV'leri üst yönetimin üyelerinden oluşur. K_0 sayıda KV vardır ve $DM_0 = \{DM_0^1, DM_0^2, \dots, DM_0^{K_0}\}$ ile gösterilir. Bu seviyenin alternatifleri ona bağlı birimlerdir ve N_0 sayıda alternatif (seviye 0'a bağlı birim sayısı) bulunmaktadır. Seviye 0'ın KV'leri kendi alternatiflerini $A_0 = \{A_0^1, A_0^2, \dots, A_0^{N_0}\}$, L_0 sayıda kritere $C_0 = \{C_0^1, C_0^2, \dots, C_0^{L_0}\}$ göre değerlendirir.

SEVİYE 1:

Seviye 1'in KV'leri her birimin çalışanlarından oluşur. Her i birimin K_i sayıda KV'si bulunmaktadır ve $DM_i = \{\mathrm{DM_i^1}, \mathrm{DM_i^2}, \dots, \mathrm{DM_i^{K_i}}\}$ ile gösterilirler. Seviye 1'in altındaki birimlerin alternatifleri, her birim i'nin alt birimleridir. $\mathrm{N_i}$, birim i'nin alternatif (birim i altındaki alt birim sayısı) sayısıdır. Her i birimin KV'leri, kendi alternatiflerini $\mathrm{A_i} = \{\mathrm{A_i^1}, \mathrm{A_i^2}, \dots, \mathrm{A_i^{N_i}}\}$, $\mathrm{L_i}$ sayıda kritere $\mathrm{C_i} = \{\mathrm{C_i^1}, \mathrm{C_i^2}, \dots, \mathrm{C_i^{L_i}}\}$ göre değerlendirir. Birim 3 ile ilgili istisnai bir durum söz konusudur. Birim 3'e ait herhangi bir alt birim bulunmamaktadır, bu nedenle bu birimin alternatifleri birim-3'e ait olan projelerdir.

SEVİYE 2:

Seviye 2'nin KV'leri her alt birimin çalışanlarından oluşur. Birim i'ye bağlı alt birim *j*'nin $\mathrm{K_{ij}}$ sayıda KV'si bulunmaktadır ve $\mathrm{DM_{ij}} = \{\mathrm{DM_{ij}^1}, \mathrm{DM_{ij}^2}, \dots, \mathrm{DM_{ij}^{K_{ij}}}\}$ ile gösterilir. Seviye 2 altındaki alt birimlerin alternatifleri, her alt birimin kendi projeleridir.$\mathrm{N_{ij}}$ birim i'ye bağlı alt birim *j*'nin alternatif sayısıdır. Birim i'ye bağlı alt birim *j*'nin KV'leri, kendi alternatiflerini (birim i'ye bağlı alt birim *j*'nin projelerini) $\mathrm{A_{ij}} = \{\mathrm{A_{ij}^1}, \mathrm{A_{ij}^2}, \cdots, \mathrm{A_{ij}^{N_{ij}}}\}$, $\mathrm{L_{ij}}$ sayıda kritere $\mathrm{C_{ij}} = \{\mathrm{C_{ij}^1}, \mathrm{C_{ij}^2}, \dots, \mathrm{C_{ij}^{L_{ij}}}\}$ göre değerlendirir.

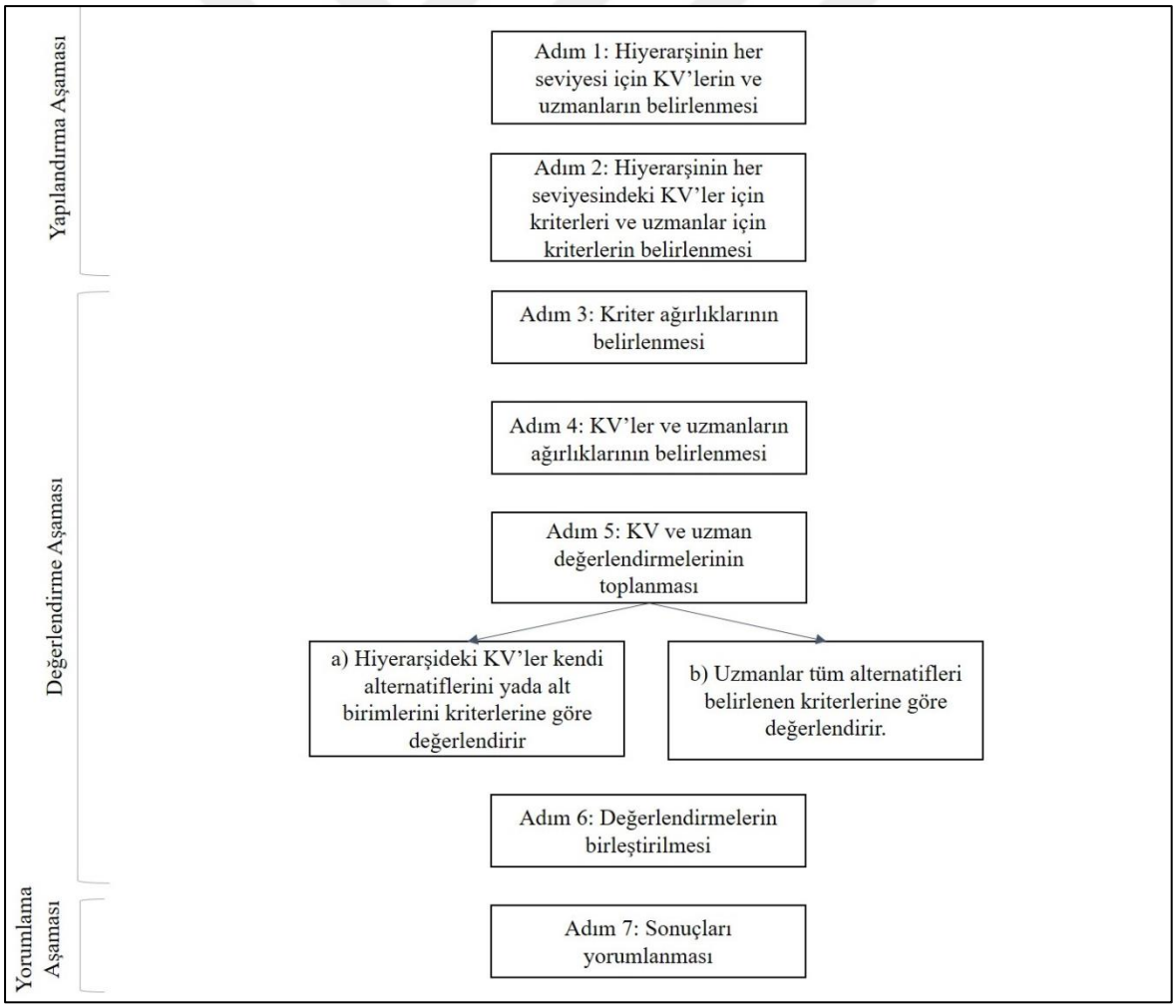
UZMANLAR (BT BİRİMİ):

Uzmanlar, hiyerarşi dışından olan çalışanlar tarafından oluşturulmuştur (örn. BT birimi). Değerlendirme sürecinden sonra seçilen projeleri gerçekleştirmekten sorumludurlar. K_e sayıda uzman, $\mathrm{E} = \{\mathrm{E^1}, \mathrm{E^2}, \dots, \mathrm{E^{K_e}}\}$ bulunmaktadır. $\mathrm{N_{ij}}$, birim i'ye bağlı alt birim *j*'nin alternatif sayısıdır. Uzmanlar, alternatifleri (seviye 2 altındaki alt birimlerin tüm

projelerini, $A_{ij} = \left\{A_{ij}^1, A_{ij}^2, \cdots, A_{ij}^{N_{ij}}\right\}$ ve alt birimi olmayan birimlerin tüm projelerini, $\mathrm{A_I} = \left\{\mathrm{A_I^1}, \mathrm{A_I^2}, \ldots, \mathrm{A_I^{N_I}}\right\}$), g sayıda öznel kritere $CE_s = \{CE_s^1, CE_s^2, \ldots CE_s^G\}$ göre değerlendirir. Ayrıca h sayıda nesnel kriter $CE_o = \{CE_o^1, CE_o^2, \ldots, CE_o^H\}$ bulunmaktadır. CE_s öznel kriter kümesini ve CE_o nesnel kriter kümesini göstermektedir. $CE_s \cup CE_o = CE$ tüm alternatifler için ortak kriter kümesini belirtmektedir.

3.3.2 Önerilen çözüm yaklaşımı

Bir önceki bölümde tanıtılan HGKV problemi için geliştirilen çözüm yaklaşımı bu bölümde detaylarıyla verilmiştir. Önerilen çözüm yaklaşımının adımları Şekil 3.3'de sunulmuştur.



Şekil 3.3 : Önerilen çözüm yaklaşımının adımları.

Önerilen çözüm yaklaşımı, yapılandırma, değerlendirme ve yorumlama olmak üzere üç aşamaya ayrılmıştır. Önerilen çözüm yaklaşımı uygulanmadan ön hazırlık olarak organizasyonun hiyerarşik yapısı organizasyon şemasına uygun şekilde oluşturulmuş, hiyerarşi seviyeleri, birimler ve alt birimler kurulmuştur. Alternatifler de yapılandırma aşamasından önce belirlenmiştir. Her aşama aşağıda detaylıca açıklanmıştır:

3.3.2.1 Yapılandırma aşaması:

Bu aşamada KV'ler, uzmanlar ve kriterlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Adım 1. Hiyerarşinin her seviyesi için KV'lerin ve uzmanların belirlenmesi

Bu adımda değerlendirme sürecine katılacak KV'ler (DM_0, DM_{i}, DM_{ij}, vb. kümelerinin belirlenmesi) belirlenir ve hiyerarşiye göre konumlandırılır. Dahası, tüm alternatifleri ortak kriterlere göre değerlendirecek uzmanlar (E kümesinin belirlenmesi) belirlenir.

Adım 2: Hiyerarşinin her seviyesindeki KV'ler için kriterleri ve uzmanlar için kriterlerin belirlenmesi

Hiyerarşinin her seviyesindeki KV'ler kendi öznel kriterlerini (C_0, C_i, C_{ij}, vb. kümelerinin belirlenmesi) belirler. Bunun yanı sıra uzmanlar ya da üst yönetim (seviye 0) tarafından ortak kriterler adı altında bazı nesnel ve öznel kriterler (CE kümesi belirlenir) belirlenir. Kriter kümeleri, her birimin kendine özgü olan alternatif kümelerine bağlı olarak farklılık gösterebilir, bu nedenle KV ve uzmanlar için kriterler belirlenirken değerlendirecekleri proje ya da proje kümelerinin içeriği dikkate alınır.

3.3.2.2 Değerlendirme aşaması:

Adım 3: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Hiyerarşinin her seviyesindeki KV'ler kriterlere kendi ağırlıklarını verir. w_{ij}^{kl}, birim i alt birim j'ye ait KV k'nin l kriterine verdiği ağırlığı ifade eder. Ortak kriterlere üst yönetim (seviye 0) ağırlık verir. w_s^g, öznel kriter g'nin ağırlığını, w_o^h ise nesnel kriter h'nin ağırlığını ifade eder.

Adım 4: KV'ler ve uzmanların ağırlıklarının belirlenmesi

KV ve uzman ağırlıkları seviye 0 (üst yönetim) tarafından verilir. w_D, KV grubunun ağırlığını ifade ederken w_E, uzman grubunun ağırlığını ifade eder.

Adım 5: KV ve uzman değerlendirmelerinin toplanması

a) Hiyerarşideki KV'ler kendi alternatiflerini (alt birimlerini) kriterlerine göre değerlendirir

En alt seviyede (seviye 2) bulunan her KV, alternatiflerini kriterlere göre değerlendirirken ikili karşılaştırma ya da puanlama yönteminden yararlanır. Orta seviyelere (seviye 1) ve en üst seviyeye (seviye 0) alt seviyelerinin alternatifleri hakkında genel bilgiler verilir. Bu bilgilere göre orta ve üst seviyelerin KV'leri kendi alt seviyelerini, projeleri adına değerlendirir. Verilen bilgiler ışığında, orta seviyelerden en üst seviyeye kadar tüm seviyeler (üst yönetim, birimler ya da alt birimler) bir alt seviyelerinin her projesini değerlendirmek yerine projeleri grubunu değerlendirir. Bu çalışmada alternatifleri değerlendirmek için ikili karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Karar matrisleri, ikili karşılaştırma matrislerinden öz vektör hesabı ile elde edilmiştir. İkili karşılaştırma yönteminin kullanımı karar verme sürecinde yanlılık ve manipülasyonun önlenmesine imkan sağlar. Çizelge 3.1'de birim i alt birim j'ye ait KV *k*'nın karar matrisine bir örnek verilmektedir.

Çizelge 3.1 : Birim i alt birim j'ye ait KV *k*'nın karar matrisine bir örnek.

	$\mathbf{C_{ij}^1}$	$\mathbf{C_{ij}^2}$	...	$\mathbf{C_{ij}^l}$	...	$\mathbf{C_{ij}^{L_{ij}}}$
	w_{ij}^{k1}	w_{ij}^{k2}	...	w_{ij}^{kl}	...	$w_{ij}^{kL_{ij}}$
A_{ij}^1	x_{ij}^{k11}	x_{ij}^{k12}	...	x_{ij}^{k1l}	...	$x_{ij}^{k1L_{ij}}$
A_{ij}^2	x_{ij}^{k21}	x_{ij}^{k22}	...	x_{ij}^{k2l}	...	$x_{ij}^{k2L_{ij}}$
...	...	...	...	...	...	...
A_{ij}^n	x_{ij}^{kn1}	x_{ij}^{kn2}	...	x_{ij}^{knl}	...	$x_{ij}^{knL_{ij}}$
...	...	...	...	...	...	...
$A_{ij}^{N_{ij}}$	$x_{ij}^{kN_{ij}1}$	$x_{ij}^{kN_{ij}2}$	...	$x_{ij}^{kN_{ij}l}$	...	$x_{ij}^{kN_{ij}L_{ij}}$

Burada x_{ij}^{knl}, birim i alt birim j'ye ait KV k'nin l kriterine göre alternatif n'e verdiği performans puanını gösterir.

Seviye 1 ve seviye 0 için bazı farklılıklar söz konusudur. Benzer şekilde x_i^{kjl}, birim i'ye ait KV k'nin l kriterine göre alternatif j'e verdiği performans puanını gösterir. Her KV'nin kendi kriterine ağırlık verdiğini varsaydığımızda w_i^{kl}, birim i'ye ait KV k'nin l kriterine verdiği ağırlığı gösterir. Dahası x_0^{kil} ise seviye 0'a ait KV k'nin l kriterine göre alternatif i'e verdiği performans puanını gösterir. Her KV'nin kendi kriterine ağırlık verdiğini varsaydığımızda w_0^{kl}, seviye 0'a ait KV k'nin l kriterine verdiği ağırlığı gösterir.

b) Uzmanlar tüm alternatifleri belirlenen kriterlere göre değerlendirir

BT birimine ait uzmanlar en alt seviyeye ait (seviye 2) alternatifleri puanlama yöntemi ya da ikili karşılaştırma yöntemi ile değerlendirebilir. Yüksek sayıda alternatifin değerlendirilmesi gerekliliğinden ötürü bu çalışmada puanlama yönteminden yararlanılması tercih edilmiştir. Bu yöntemin kullanımı ile uzmanlara sorulacak soru sayısı az sayıda olacaktır. Bu değerlendirmenin sonucunda her uzmanın karar matrisi elde edilir. Çizelge 3.2, öznel kriterler açısından Uzman 1'in (E^1) karar matrisini, Çizelge 3.3 ise nesnel kriterler açısından karar matrisini göstermektedir. Çizelge 3.2'nin ilk beş sütunu bir uzmandan öznel kriterler açısından alternatiflerin aldığı puanları göstermekte, son beş sütunu ise normalize edilmiş puanları göstermektedir. Benzer şekilde Çizelge 3.3'ün ilk beş sütunu bir uzmandan nesnel kriterler açısından alternatiflerin aldığı puanları göstermekte, son beş sütunu ise normalize edilmiş puanları göstermektedir.

Çizelge 3.2 : Öznel kriterler açısından Uzman 1'in ($\mathbf{E^1}$) karar matrisi.

	$\mathbf{CE_s^1}$	…	$\mathbf{CE_s^g}$	…	$\mathbf{CE_s^G}$	$\mathbf{CE_s^1}$	…	$\mathbf{CE_s^g}$	…	$\mathbf{CE_s^G}$
$\mathbf{A_{ij}^1}$	a_{ij}^{e11}	…	a_{ij}^{e1g}	…	a_{ij}^{e1G}	y_{ij}^{e11}	…	y_{ij}^{e1g}	…	y_{ij}^{e1G}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A_{ij}^n}$	a_{ij}^{en1}	…	a_{ij}^{eng}	…	a_{ij}^{enG}	y_{ij}^{en1}	…	y_{ij}^{eng}	…	y_{ij}^{enG}

Çizelge 3.2 (devam) : Öznel kriterler açısından Uzman 1'in ($\mathbf{E^1}$) karar matrisi.

		$\mathbf{CE_s^1}$	…	$\mathbf{CE_s^g}$	…	$\mathbf{CE_s^G}$	$\mathbf{CE_s^1}$	…	$\mathbf{CE_s^g}$	…	$\mathbf{CE_s^G}$
…		…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
	$\mathbf{A_{ij}^{N_i}}$	$a_{ij}^{eN_i1}$	…	$a_{ij}^{eN_ig}$	…	a_{ij}^{keG}	$y_{ij}^{eN_i1}$	…	$y_{ij}^{eN_ig}$	…	y_{ij}^{keG}

Çizelge 3.3 : Nesnel kriterler açısından Uzman 1'in ($\mathbf{E^1}$) karar matrisi.

	$\mathbf{CE_o^1}$	…	$\mathbf{CE_o^h}$	…	$\mathbf{CE_o^H}$	$\mathbf{CE_o^1}$	…	$\mathbf{CE_o^h}$	…	$\mathbf{CE_o^H}$
$\mathbf{A_{ij}^1}$	b^{11}	…	b^{h1}	…	b^{1H}	z^{11}	…	z^{h1}	…	z^{1H}
$\mathbf{A_{ij}^2}$	b^{21}	…	b^{h1}	…	b^{2H}	z^{21}	…	z^{h1}	…	z^{2H}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A_{ij}^n}$	b^{n1}	…	b^{nh}	…	b^{nH}	z^{n1}	…	z^{nh}	…	z^{nH}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A_{ij}^{N_i}}$	b^{N_i1}	…	b^{N_ih}	…	b^{N_iH}	z^{N_i1}	…	z^{N_ih}	…	z^{N_iH}

y_{ij}^{eng}, uzman e'nin öznel kriter g açısından alternatif n'e vermiş olduğu performans puanını gösterir. Bunun yanı sıra z^{nh} ise tüm uzmanlar için nesnel kriter h açısından alternatif n'nin puanını gösterir. y_{ij}^{eng} ve z^{nh} normalize değerler olup [0,1] aralığında bulunmaktadır. 0 en kötü ve 1 en iyi değeri ifade eder.

Adım 6: Değerlendirmelerin birleştirilmesi

Değerlendirme aşamasından sonra değerlendirmelerin birleştirilmesi adımı gelmektedir. Burada amaç KV ve uzman görüşlerini birleştirerek alternatiflerin sıralanması için ortak bir sonuca varmaktır.

a) Seviye 2 (en alt seviye) için değerlendirmelerin birleştirilmesi:

Çizelge 3.1'de gösterilen KV değerlendirmeleri elde edildikten sonra her KV ve her alternatif için birleştirilir. Her bir alternatifin puanı birim i alt birim j'ye ait KV k'nin l

kriterine verdiği ağırlık ile birim i alt birim j'ye ait KV k'nin l kriterine göre alternatif n'e verdiği performans puanının ağırlıklı toplamı ile bulunur:

$$u_{ij}^{kn} = \sum_{l} w_{ij}^{kl} x_{ij}^{knl} \quad (3.1)$$

Burada u_{ij}^{kn} ile birim i alt birim j'ye ait KV k için alternatif n'in puanı gösterilmiştir. Kriterlere göre her KV için her alternatifin puanı elde edildikten sonra seviye 2 için her alternatifin toplam puanının bulunması için alternatiflerin ortalama puanı hesaplanır:

$$u_{ij}^{n} = \sum_{k} u_{ij}^{kn} / K_{ij} \quad (3.2)$$

Burada u_{ij}^{n} ile birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in puanı gösterilmiştir.

b) Seviye 1 (orta seviye) için değerlendirmelerin birleştirilmesi:

KV değerlendirmeleri elde edildikten sonra her KV ve her alternatif için birleştirilir. Her bir alternatifin puanı birim i'ye ait KV k'nin l kriterine verdiği ağırlık ile birim i'ye ait KV k'nin l kriterine göre alternatif j'e (seviye 1'in alternatiflerinin seviye 2'nin elemanları olan alt birimler olduğuna dikkat ediniz) verdiği performans puanının ağırlıklı toplamı ile bulunur:

$$u_{i}^{kj} = \sum_{l} w_{i}^{kl} x_{i}^{kjl} \quad (3.3)$$

Burada u_{i}^{kj} ile birim i'ye ait KV k için alternatif j'nin puanı gösterilmiştir

Kriterlere göre her KV için her alternatifin puanı elde edildikten sonra seviye 1 için her alternatifin toplam puanının bulunması için alternatiflerin ortalama puanı hesaplanır:

$$u_{i}^{j} = \sum_{k} u_{i}^{kj} / K_{i} \quad (3.4)$$

Burada u_{i}^{j} ile birim i'ye ait alternatif j'nin puanı gösterilmiştir.

c) Seviye 0 (en üst seviye) için değerlendirmelerin birleştirilmesi:

KV değerlendirmeleri elde edildikten sonra her KV ve her alternatif için birleştirilir. Her bir alternatifin puanı seviye 0'a ait KV k'nin l kriterine verdiği ağırlık ile seviye 0'a ait

KV k'nin l kriterine göre alternatif i'ye (seviye 0'ın alternatiflerinin seviye 1'nin elemanları olan birimler olduğuna dikkat ediniz) verdiği performans puanının ağırlıklı toplamı ile bulunur:

$$u_0^{ki} = \sum_l w_0^{kl} x_0^{kil} \quad (3.5)$$

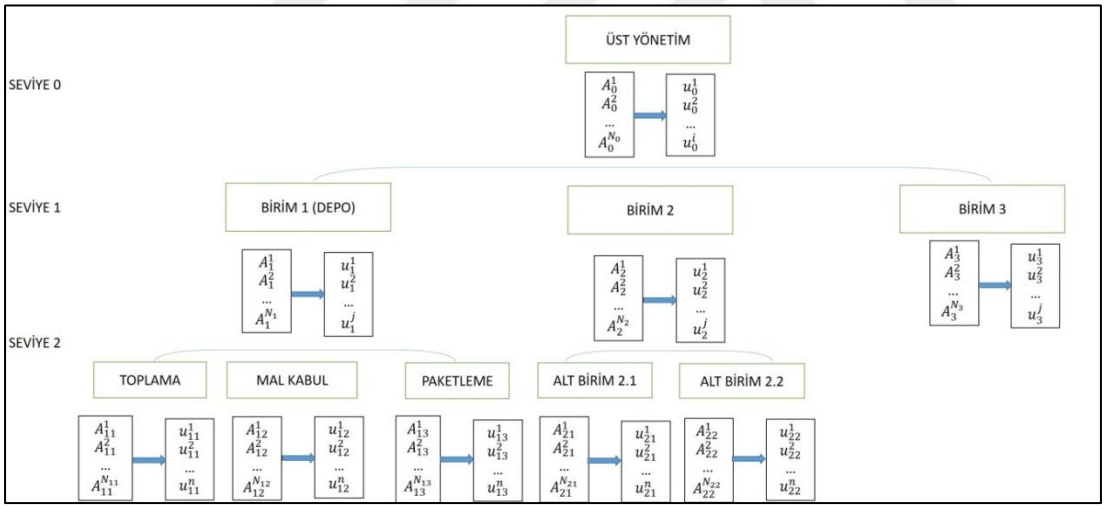
Burada u_0^{ki} ile seviye 0'a ait KV k için alternatif i'nin puanı gösterilmiştir.

Kriterlere göre her KV için her alternatifin puanı elde edildikten sonra seviye 0 için her alternatifin toplam puanının bulunması için alternatiflerin ortalama puanı hesaplanır:

$$u_0^i = \sum_k u_0^{ki} / K_0 \quad (3.6)$$

where u_0^i ile seviye 0'a ait alternatif i'nin puanı gösterilmiştir.

Her seviye için alternatiflerin birleştirilmiş puanları Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4 : Her seviye için alternatiflerin birleştirilmiş puanları.

Seviye 2'ye ait alternatiflerin nihai puanına ulaşmak için birbirine bağlı seviyelerin puanları birleştirilir. Bu amaçla yeni bir yöntem önerilmiştir. Alternatiflerin nihai puanları aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$S_{ij}^n = u_{ij}^n \, u_i^j \, u_0^i \quad (3.7)$$

Burada S_{ij}^n ile birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in nihai puanı gösterilmiştir.

d) Uzmanlar için değerlendirmelerin birleştirilmesi:

Çizelge 3.2'de gösterilmiş uzman değerlendirmeleri öznel kriterler açısından elde edildikten karar matrisleri sonra her kriter ve her alternatif için uzmanlara göre birleştirilir. Her alternatif ve uzman için ortalama puan aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$y_{ij}^{ng} = \sum_e y_{ij}^{eng} / K^e \quad (3.8)$$

Burada y_{ij}^{ng} ile birim i alt birim j'ye ait g öznel kriterine göre alternatif n'in puanı gösterilmiştir.

Uzman görüşlerinin birleştirilmesi ile Çizelge 3.4 elde edilir.

Çizelge 3.4 : Uzmanlar için birleştirilmiş değerlendirme tablosu.

	$\mathbf{CE_s^1}$	…	$\mathbf{CE_s^g}$	…	$\mathbf{CE_s^G}$	$\mathbf{CE_o^1}$	…	$\mathbf{CE_o^h}$	…	$\mathbf{CE_o^H}$
	w_s^1	…	w_s^g	…	w_s^G	w_o^1	…	w_o^h	…	w_o^H
$\mathbf{A_{ij}^1}$	y_{ij}^{11}	…	y_{ij}^{1g}	…	y_{ij}^{1G}	$z^{1,1}$	…	z^{h1}	…	z^{1H}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A_{ij}^n}$	y_{ij}^{n1}	…	y_{ij}^{ng}	…	y_{ij}^{nG}	$z^{n,1}$	…	z^{nh}	…	z^{nH}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A_{ij}^{N_i}}$	$y_{ij}^{N_i 1}$	…	$y_{ij}^{N_i g}$	…	y_{ij}^{eG}	$z^{N_i,1}$	…	$z^{N_i h}$	…	$z^{N_i H}$

Her alternatif için nihai sonuç kriter ağırlıkları ile alternatiflerin puanlarının ağırlıklı toplamı ile bulunur:

$$T_{ij}^n = \sum_g w_s^g y_{ij}^{ng} + \sum_h w_o^h z^{nh} \quad (3.9)$$

Burada T_{ij}^n ile birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in nihai puanı gösterilmiştir.

3.3.2.3 Yorumlama aşaması:

Adım 7. Sonuçların yorumlanması

Çizelge 3.5, hiyerarşi içerisindeki KV'lerden ve BT birimindeki uzmanlardan elde edilen nihai puanları göstermektedir. Aşağıda verilen denklem ile her alternatif için son puan bulunmuş ve Çizelge 3.5'te gösterilmiştir:

$$CP_{ij}^{n} = w_D\, S_{ij}^{n} + w_E T_{ij}^{n} \qquad (3.10)$$

Burada CP_{ij}^{n} ile birim i alt birim j'ye ait alternatif n'in son puanı gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 : KV'ler ve uzmanlar için birleştirilmiş değerlendirme tablosu.

	S_{ij}^{n}	T_{ij}^{n}	Son puan
	w_D	w_E	
A_{ij}^{1}	S_{ij}^{1}	T_{ij}^{1}	CP_{ij}^{1}
A_{ij}^{2}	S_{ij}^{2}	T_{ij}^{2}	CP_{ij}^{2}
…	…	…	…
A_{ij}^{n}	S_{ij}^{n}	T_{ij}^{n}	CP_{ij}^{n}
…	…	…	…
$A_{ij}^{N_{ij}}$	$S_{ij}^{N_{ij}}$	$XE_{ij}^{N_{ij}}$	$CP_{ij}^{N_{ij}}$

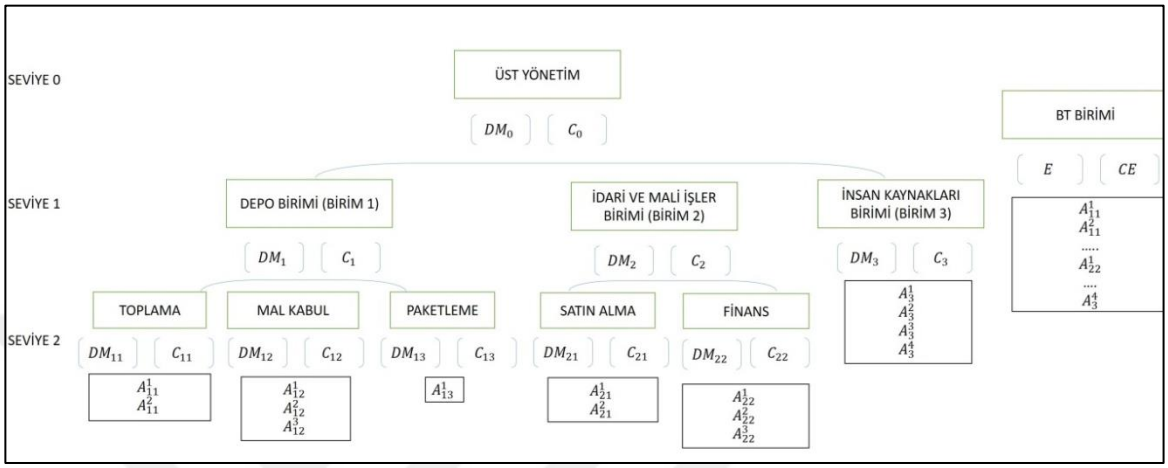
3.3.3 Proje portföy seçimi alanına bir uygulama

Önerilen özgün ve analitik çözüm yaklaşım ile organizasyonlar için iş geliştirme PPSÇ sürecinde faydalanabilecekleri bir yapı oluşturulmuş ve aşağıda bir uygulaması sunulmuştur.

3.3.3.1 Yapılandırma aşaması

HGKV yaklaşımını uygulamak amacıyla problem tanımında anlatılan üç seviyeli hiyerarşiye sahip firma ele alınmıştır. Şekil 3.5, firmanın PPS sürecinin HGKV yapısını göstermektedir. Üst yönetim, seviye 0'da bulunmaktadır. Seviye 1'in depo, idari ve mali işler ve insan kaynakları olmak üzere üç birimi vardır. Depo biriminin toplama, mal kabul ve paketleme olmak üzere üç alt birimi vardır. İdari ve mali işler biriminin satın

alma ve finans olmak üzere iki birimi bulunmaktadır. İnsan kaynakları biriminin alt birimi bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra organizasyonun uzmanlardan oluşan bir BT birimi de bulunmaktadır.



Şekil 3.5 : Firmanın proje portföy seçim sürecinin HGKV yapısı.

Adım 1. Hiyerarşinin her seviyesi için KV'lerin ve uzmanların belirlenmesi

Birim ve alt birimler için KV ve uzman sayıları Çizelge 3.6'da verilmiştir. Örneğin, toplama alt birimi üç KV'ye sahipken insan kaynakları birimi 2 KV'ye sahiptir.

Adım 2: Hiyerarşinin her seviyesindeki KV'ler için kriterlerin ve uzmanlar için kriterlerin belirlenmesi

Birim ve alt birimler için kriter ve alternatif sayıları da Çizelge 3.6'da verilmiştir. Çizelge 3.7'de ise birim ve alt birimlere ait değerlendirme kriterleri verilmiştir.

Çizelge 3.6 : KV, uzman, kriter ve alternatif sayıları.

Birimler/Alt birimler	KV veya uzman sayıları	Kriter sayısı	Alternatif sayısı
Üst Yönetim	3	3	3
BT Birimi	3	3 (2 öznel & 1 nesnel)	15
Depo Birimi	2	4	3
Toplama Alt Birimi	3	3	2
Mal Kabul Alt Birimi	2	4	3
Paketleme Alt Birimi	2	2	1
İdari ve Mali İşler Birimi	2	3	2
Satın Alma Alt Birimi	2	3	2

Çizelge 3.7 : Birim ve alt birimlere ait değerlendirme kriterleri.

Birimler/Alt Birimler	Kriterler
Üst Yönetim	C_0^1: Projenin stratejik değeri
	C_0^2: Projenin AR&GE değeri
	C_0^3: Marka imajı geliştirme (Elbok ve Berrado, 2017)
BT Birimi	Öznel kriter:
	CE_s^1 : Projenin stratejik uyumu
	CE_s^2: Projenin katma değeri
	Nesnel kriter:
	CE_o^1: Projenin maliyeti
Depo Birimi	C_1^1: Ekonomik katkı (Oral, Kettani, ve Lang, 2016)
	C_1^2: Çalışan verimliliğinde artış (Elbok ve Berrado, 2017)
	C_1^3: Akış süresinde azalma
	C_1^4: Operasyonel mükemmelikte artış
Toplama	C_{11}^1: Çalışan verimliliğinde artış (Elbok ve Berrado, 2017)
	C_{11}^2: Toplama verimliliğinde artış
	C_{11}^3: Çevrim süresinde azalma
Mal Kabul	C_{12}^1: Kabul süresinde azalma
	C_{12}^2: Verimlilikte artış
	C_{12}^3: Hatalı denetimde azalma
	C_{12}^4: Operasyonda kolaylıkta artış
Paketleme	C_{13}^1: Paketleme çalışanlarının verimliliğinde artış
	C_{13}^2: Çevrim süresinde azalma
İdari ve Mali İşler	C_2^1: Projenin kalitesi (X. B. Liu, Pei, Yang, ve Yang, 2010)
	C_2^2: Ekonomik katkı (Oral ve diğ., 2016)
	C_2^3: Projenin önemi (X. B. Liu ve diğ., 2010)
Satın Alma	C_{21}^1: Projenin önemi (X. B. Liu ve diğ., 2010)
	C_{21}^2: Maliyette azalma
	C_{21}^3: Kalitede artış
Finans	C_{22}^1: Ekonomik katkı (Oral ve diğ., 2016)
	C_{22}^2: İşgücü maliyeti (Erdoğmuş, Kapanoglu, ve Koç, 2005)
İnsan Kaynakları	C_3^1: Projenin yeni düzenlemelere uygunluğu (Elbok ve Berrado, 2017)
	C_3^2: Yeni bir eğitim programına ihtiyaç (Elbok ve Berrado, 2017)

3.3.3.2 Değerlendirme Aşaması

Adım 3: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Hiyerarşideki her KV kriterlerine kendi ağırlıklıklarını verir. Kriter ağırlıkları KV'lerin karar matrislerinin ikinci sırasında yer almaktadır. Örneğin seviye 2 birim 1'e ait KV 1 (DM_{12}^1) için kriter ağırlıkları Çizelge 3.11'in ikinci sırasında verilmiştir. Diğer KV'lerin kriter ağırlıkları Ek B'de bulunan karar matrislerinde verilmiştir.

BT birimine ait kriterlere (ortak kriterlere) üst yönetime ait KV'ler ağırlık verirler. Burada BT birimine ait kriterlere üst yönetimin eşit ağırlıklar verdiği varsayılmıştır. Verilen kriter ağırlıkları Çizelge 3.13'ün ikinci sırasında yer almaktadır.

Adım 4: KV'ler ve uzmanların ağırlıklarının belirlenmesi

KV ve uzman gruplarının ağırlıkları üst yönetim (seviye 0) tarafından verilmiştir. KV grubunun ağırlığı, w_D ve uzman grubunun ağırlığı, w_E ile gösterilmiştir. Buna göre $w_{DE} = \{0.7, 0.3\}$ olarak verilmiştir.

Adım 5: KV ve uzman değerlendirmelerinin toplanması

a) Hiyerarşideki KV'ler kendi alternatiflerini ya da alt birimlerini kriterlerine göre değerlendirir

Daha önce bahsedildiği şekilde KV değerlendirmelerinin toplanması için ikili karşılaştırma yönteminden faydalanılmıştır. İkili karşılaştırmalar için Saaty'nin (1987) önem ölçeği kullanılmıştır ve Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 : Saaty'nin (1987) önem ölçeği.

Önem değeri	Açıklama
1	İki seçenek eşit önemlidir
3	Bir seçenek diğerine kıyasla biraz daha önemlidir
5	Bir seçenek diğerine kıyasla oldukça önemlidir
7	Bir seçenek diğerine kıyasla çok yüksek biçimde önemlidir
9	Bir seçeneğin diğerine kıyasla oldukça yüksek biçimde önemi vardır.
2,4,6,8	İki seçenek arasında orta bir değer vermek gerektiğinde kullanılır.
Reciprocals	Seçenek i'ye seçenek j ile kıyaslanırken yukarıda gösterilen sayılardan biri verildiği taktirde, seçenek j'ye seçemek i ile kıyaslanırken o sayının çarpmaya göre tersi olan sayı verilir.

Çizelge 3.9 bir kritere göre bir KV'nin ikili karşılaştırma matrisinin bir örneğini göstermektedir.

Çizelge 3.9 : Bir kritere göre bir KV'nin ikili karşılaştırma matrisine bir örnek.

	$\mathbf{A_1}$	$\mathbf{A_2}$	...	$\mathbf{A_t}$
$\mathbf{A_1}$	a_{11}	a_{12}	...	a_{1t}
$\mathbf{A_2}$	a_{21}	a_{22}	...	a_{2t}
...	...	...	...	...
$\mathbf{A_t}$	a_{t1}	a_{t2}	...	a_{tt}

Alternatiflerin kriterlere göre puanlarını elde etmek için öz vektör hesaplaması yapılır. Öz vektör hesaplamanın bir yolu ilk olarak her sütunu normalize etmek, ardından normalize edilmiş matrisin satır ortalamalarını almaktır. Örnek olarak Çizelge 3.10'da birim 1 alt birim 2'ye ait KV 1'in kriter 1'e göre ikili karşılaştırma matrisi verilmiştir. Çizelge 3.10'daki değerlere göre, alternatiflerin kriter 1 açısından birim 1 alt birim 2'ye ait KV 1 için değeri $[0.159, 0.589, 0.252]^T$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.10 : Birim 1 alt birim 2'ye ait **KV** 1'in kriter 1'e göre ikili karşılaştırma matrisi.

	$\mathbf{A_{12}^1}$	$\mathbf{A_{12}^2}$	$\mathbf{A_{12}^3}$
$\mathbf{A_{12}^1}$	1	0.333	0.5
$\mathbf{A_{12}^2}$	3	1	3
$\mathbf{A_{12}^3}$	2	0.333	1

Ardından her KV için tüm kriterlere göre alternatiflerin puanları birleştirilir. Örnek olarak birim 1 alt birim 2'ye ait KV 1'in karar matrisi Çizelge 3.11'de gösterilmiştir. Karar matrisinin ikinci satırı kriter ağırlıklarını, üçüncü ile beşinci satır aralığı ise alternatiflerin puanlarını gösterir. Diğer KV'lerin karar matrisleri Ek B'de verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Birim 1 alt birim 2'ye ait **KV** 1'in karar matrisi ($\mathbf{DM_{12}^1}$).

	C_{12}^1	C_{12}^2	C_{12}^3	C_{12}^4
	0.34	0.22	0.22	0.22
A_{12}^1	0.159	0.333	0.449	0.749
A_{12}^2	0.589	0.333	0.09	0.059
A_{12}^3	0.252	0.334	0.461	0.192

b) Uzmanlar tüm alternatifleri belirlenen kriterlere göre değerlendirir

Uzman değerlendirmeleri puanlama ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Bunun nedeni daha öncede belirtildiği üzere alternatif sayısı çok yüksek olduğunda ikili karşılaştırma metodunun verimsiz oluşudur.

Uzmanlar iki öznel bir nesnel kritere sahiptir; öznel kriterler fayda kriterleridir, nesnel kriterler ise maliyet kriterleridir. Fayda kriterleri için uzmanlara görüşlerini 0-10 ölçeğinde ifade etmeleri istenmiştir. Normalizasyon için Manhattan yöntemi kullanılmıştır. Nesnel kriterlerin puanlamaları önceden belli olup Manhattan yöntemi bu puanları da normalize etmek için kullanılmıştır. Aşağıda verilmiş denklemler kullanılarak normalizasyon yapılmıştır. Çizelge 3.12 ile uzman 1'in (E^1) karar matrisi

verilmiştir. Çizelge 3.12'nin ilk üç sütunu nesnel ve öznel kriter puanlarını, son üç sütunu ise normalize değerleri vermektedir. Diğer uzmanlara ait karar matrisleri Ek B'de verilmiştir.

Fayda kriterleri:

$$y_{ij}^{eng} = \frac{a_{ij}^{eng}}{\sum_g a_{ij}^{eng}} \qquad \text{öznel kriterler için} \tag{3.11}$$

$$z^{nh} = \frac{b^{nh}}{\sum_h b^{nh}} \qquad \text{nesnel kriterler için} \tag{3.12}$$

Maliyet kriterleri:

$$y_{ij}^{eng} = \left(\frac{1}{a_{ij}^{eng}}\right) / \sum_g \left(\frac{1}{a_{ij}^{eng}}\right) \qquad \text{öznel kriterler için} \tag{3.13}$$

$$z^{nh} = \left(\frac{1}{b^{nh}}\right) / \sum_h \left(\frac{1}{b^{nh}}\right) \qquad \text{nesnel kriterler için} \tag{3.14}$$

Çizelge 3.12 : Uzman 1'in ($\mathbf{E^1}$) karar matrisi.

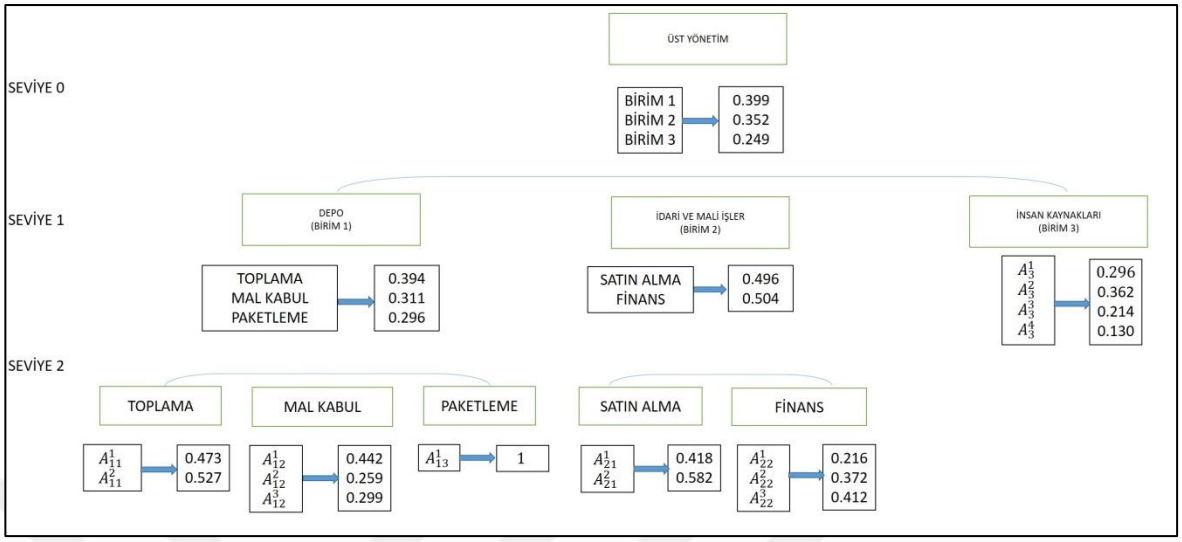
	Puanlar			Normalize puanlar		
	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1
A_{11}^1	10	10	23500	0.143	0.139	0.013
A_{11}^2	7	8	4000	0.100	0.111	0.075
A_{12}^1	3	2	8000	0.043	0.028	0.038
A_{12}^2	3	4	4000	0.043	0.056	0.075
A_{12}^3	7	6	10000	0.100	0.083	0.030
A_{13}^1	4	5	2000	0.057	0.069	0.150
A_{21}^1	5	4	8000	0.071	0.056	0.038

Çizelge 3.12 (devam) : Uzman 1'in ($\mathbf{E^1}$) karar matrisi.

	Puanlar			Normalize puanlar		
	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1
A_{21}^2	2	5	5000	0.029	0.069	0.060
A_{22}^1	1	1	5300	0.014	0.014	0.057
A_{22}^2	7	5	1600	0.100	0.069	0.188
A_{22}^3	6	8	7900	0.086	0.111	0.038
A_3^1	8	6	5700	0.114	0.083	0.053
A_3^2	3	2	5000	0.043	0.028	0.060
A_3^3	2	1	4000	0.029	0.014	0.075
A_3^4	2	5	6000	0.029	0.069	0.050

Adım 6: Değerlendirmelerin birleştirilmesi

Bu adımda amaç, KV ve uzman görüşlerini birleştirerek alternatiflerin sıralanması için ortak bir sonuca varmaktır. Yukarıda verilen denklemler ile birleştirilmiş puanlar elde edilir. Şekil 3.6, her seviye için alternatiflerin birleştirilmiş puanlarını göstermektedir. Örneğin toplama alt biriminin KV'lerine göre A_{11}^1 ve A_{11}^2 alternatiflerinin birleştirilmiş puanları sırasıyla 0.473 ve 0.527'dir. İdari ve mali işler birimi KV'lerinin değerlendirmelerine göre satın alma alt birimi projeleri 0.496, finans alt birimi projeleri 0.504 puana sahiptir.



Şekil 3.6 : Her seviye için alternatiflerin birleştirilmiş puanları.

BT biriminin değerlendirmeleri denklem 3.8 ile birleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.13 : Uzmanlar için birleştirilmiş değerlendirme tablosu.

	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1
	0.33	0.33	0.33
A_{11}^1	0.082	0.089	0.013
A_{11}^2	0.068	0.089	0.075
A_{12}^1	0.058	0.038	0.038
A_{12}^2	0.024	0.061	0.075
A_{12}^3	0.087	0.103	0.030
A_{13}^1	0.063	0.066	0.150
A_{21}^1	0.038	0.076	0.038
A_{21}^2	0.063	0.080	0.060
A_{22}^1	0.034	0.033	0.057

Çizelge 3.13 (devam) : Uzmanlar için birleştirilmiş değerlendirme tablosu.

	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1
A_{22}^2	0.087	0.084	0.188
A_{22}^3	0.088	0.074	0.038
A_3^1	0.073	0.080	0.053
A_3^2	0.043	0.033	0.060
A_3^3	0.098	0.056	0.075
A_3^4	0.093	0.037	0.050

3.3.3.3 Yorumlama aşaması:

Adım 7. Sonuçların yorumlanması

Son olarak Çizelge 3.14, hiyerarşi içerisindeki KV'lerden ile, BT birimindeki uzmanlardan elde edilen nihai puanları göstermektedir. Örneğin, S_{13}^1 aşağıdaki denklem ile bulunur:

$$S_{13}^1 = u_{13}^1\, u_1^3\, u_0^1 = 1 * 0.296 * 0.399 = 0.118$$

Benzer şekilde, T_{13}^1 ise aşağıdaki denklem ile bulunur:

$$T_{13}^1 = \sum_g w_s^g\, y_{13}^{1g} + \sum_h w_o^h\, z^{1h} = 0.33 * 0.063 + 0.33 * 0.066 + 0.33 * 0.150 = 0.092$$

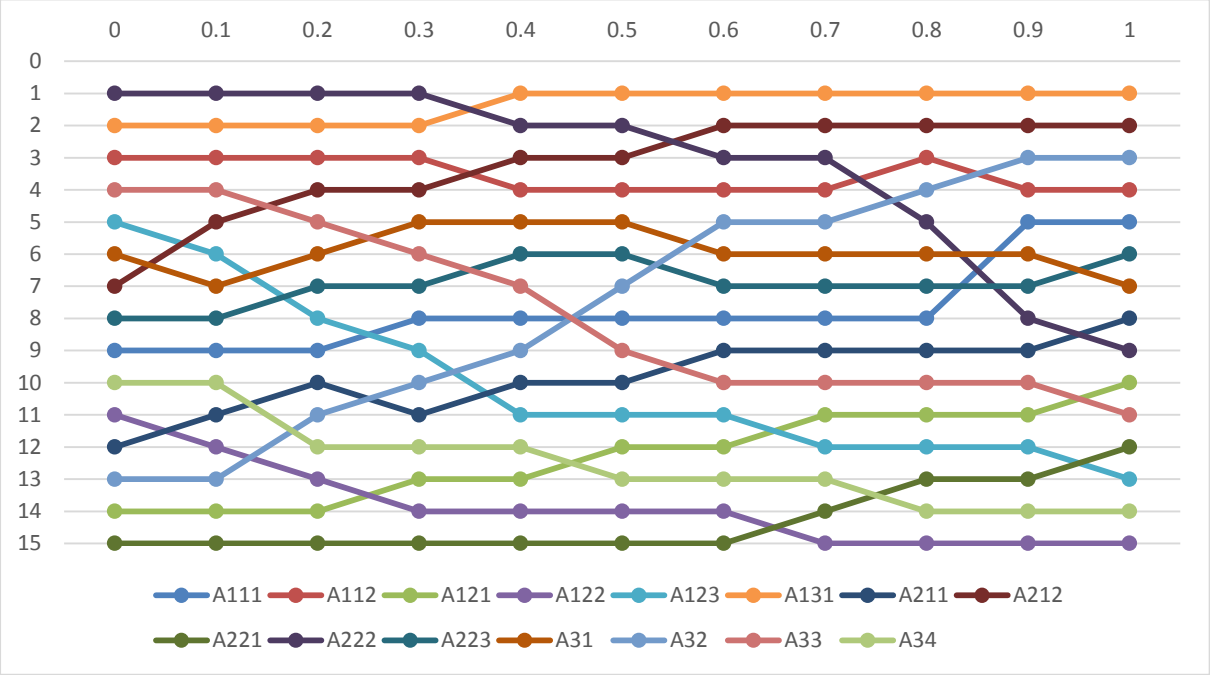
Her alternatif için birleştirilmiş değerlere denklem 3.10 ile erişilmiştir. S_{ij}^n ve T_{ij}^n için ağırlıklar $w_{DE} = \{0.7, 0.3\}$ olarak belirlenmiş ve buna göre birleştirilmiş değerler Çizelge 3.14'ün üçüncü sütununda verilmiştir. Alternatiflerin sıralaması Çizelge 3.14'ün son sütununda verilmiştir. Sonuçlar, birleştirilmiş değerler ve alternatiflerin sıralamasına uygun olarak analiz edilmiş ve en yüksek puanlı alternatifin A_{13}^1 olduğu görülmüştür. Firma, proje portföyünün seçim ve çizelgelemesi için elde edilen birleştirilmiş değerlerden faydalanabilir.

Çizelge 3.14 : Birleştirilmiş değerler ve sıralama tablosu.

	S_{ij}^{n}	T_{ij}^{n}	Birleştirilmiş Değerler	Sıralama
A_{11}^{1}	0.074	0.060	0.070	8
A_{11}^{2}	0.083	0.077	0.081	4
A_{12}^{1}	0.055	0.044	0.052	11
A_{12}^{2}	0.032	0.053	0.038	15
A_{12}^{3}	0.037	0.073	0.048	12
A_{13}^{1}	0.118	0.092	0.110	1
A_{21}^{1}	0.073	0.050	0.066	9
A_{21}^{2}	0.102	0.067	0.091	2
A_{22}^{1}	0.038	0.041	0.039	14
A_{22}^{2}	0.066	0.119	0.082	3
A_{22}^{3}	0.073	0.066	0.071	7
A_{3}^{1}	0.073	0.068	0.071	6
A_{3}^{2}	0.090	0.045	0.077	5
A_{3}^{3}	0.053	0.075	0.060	10
A_{3}^{4}	0.032	0.060	0.041	13

Sonuçların elde edilmesinin ardından KV ve uzman gruplarının ağırlıklarındaki (w_{DE}) değişimin sonuçlar üzerindeki etkisini görmek amacıyla bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Şekil 3.7, KV grubu ağırlığındaki değişimlere karşılık alternatiflerin sıralamasındaki değişimi göstermektedir. X-ekseni KV grubu ağırlıklarını belirtirken, y-ekseni alternatiflerin sıralamalarını göstermektedir. KV grubunun ağırlıklarındaki artışa karşılık $A_{11}^{1}, A_{21}^{2}, A_{21}^{1}, A_{22}^{1}$, A_{3}^{2}, A_{13}^{1}ve A_{22}^{3} alternatiflerinin sıralamalarının iyileştiği görülmüştür. Buna göre, bu alternatifler KV'lerden yüksek puanlar alırken uzmanlardan düşük puanlar almıştır. Öte yandan KV grubu ağırlığı arttıkça (ve uzman grubu ağırlığı

azaldıkça) A_3^4, A_3^3, A_{12}^3, A_{22}^2 ve A_{12}^2 alternatiflerinin sıralamalarında düşüş olduğu görülmüştür.



Şekil 3.7 : KV grubu ağırlığındaki değişimlere karşılık alternatiflerin sıralamasındaki değişimi.

3.3.4 Sonuçlar

Hiyerarşik düzende çok sayıda KV barındıran firmaların sürekli gelişimi için doğru kararlar vermeleri önem taşımaktadır. Bu çalışmada, bahsedilen şekilde hiyerarşik olarak sınıflandırılmış çok sayıda KV içeren karar verme problemleri için HGKV adıyla yeni bir GKV yaklaşımı önerilmiştir.

Çalışmanın özgün yanlarından biri karar sürecinde firmanın çeşitli seviyelerinden KV'lerin katıldığı karar problemleriyle ilgilenmesidir. Önerilen yöntem hiyerarşinin her birimininin karar sürecine katılmasına imkân tanımaktadır. KV'lerin hiyerarşik konumunu göz önünde bulundurarak karar verme sürecinde yanlılık ve manipülasyonu engellemeyi amaçlar. Bu sayede firmanın her seviyesinden KV'lerin katılımı sağlanacak ve böylece daha doğru kararlar verilmesi sağlanmış olacaktır.

Önerilen HGKV'nin PPS problemine uygulandığı bir örnek verilmiştir. Bu uygulamada çeşitli seviyelerden KV'ler gerçekleştirilecek son proje kümesinin değerlendirilmesine

ve seçilmesine katkıda bulunmaktadır. 22 KV ve uzmanın üç seviyeli bir hiyerarşide sınıflandırıldığı, 29 kriter ve 15 projeye sahip bir PPS problemi önerilen HGKV ile modellenmiş ve çözülmüştür. Önerilen yaklaşım 500'den fazla proje, 100'den fazla KV ve uzman ile 100'den fazla kriterin bulunduğu daha karmaşık gerçek hayat problemlerinin üstesinden gelmeye imkan tanıyacaktır.

3.4 Vaka-2[3]

Bir önceki çalışmada önerilen çözüm yaklaşımı KV ve uzman değerlendirmelerinin klasik sayılar ile ifade edildiği durum için geliştirilmiştir. Bu çalışmada ise KV ve uzman değerlendirmelerinin kanı dereceleri ile ifade edildiği durum için yukarıda önerilen metodolojinin bir versiyonu geliştirilmiştir. Geliştirilmiş bu çözüm yaklaşımı ağırlıklı birikimli kanı derecesi (ABKD) olarak adlandırılmıştır. Bu yaklaşım ile KV ve uzmanlardan ikili karşılaştırma yolu ile alınan değerlendirmeler ve nesnel kriter değerlendirmeler kanı yapısına dönüştürülmüştür. Bu çalışmanın özgün yanlarından biri ikili karşılaştırma matrislerinin herhangi bir bilgi kaybı olmadan kanı yapısına dönüştürülmesinin sağlanmasıdır.

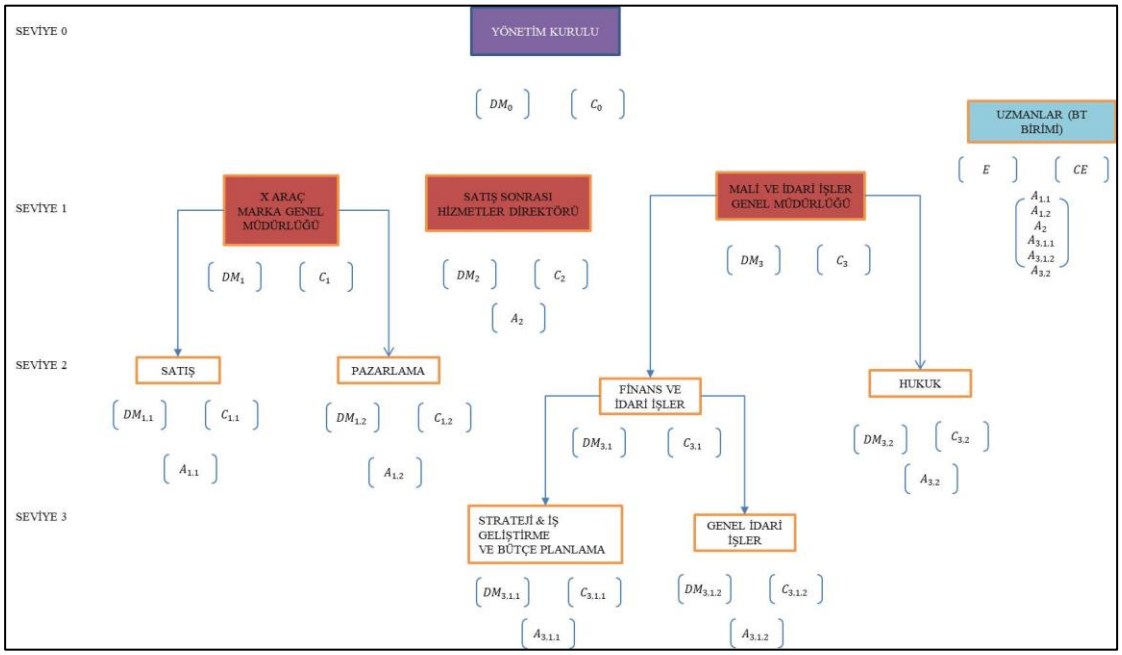
Daha önce literatürde kanı derecesi (KD) kullanılan çalışmalarda (Monghasemi ve diğ, 2015; Alipour ve diğ, 2017 ; Akhoundi ve Nazif, 2018; Mohammad Alipour ve diğ, 2018) kriter ağırlıklarının KD yerine klasik sayı olarak ele alındığı görülmüştür. Bu çalışmanın özgün yanlarından bir diğeri ağırlıklar KD ile ifade edildiği durumda KV ve uzman değerlendirmeleri ile birleştirilmesini sağlayan bir ağırlıklı birikimli KD operatörü geliştirilmiş olmasıdır. KD olarak ele alınan kriter ağırlıkları ve KV-uzman grubu ağırlıkları ile alternatiflere ait KV ve uzman değerlendirmeleri önerilen ABKD operatörü ile birleştirilmiştir. HGKV problemi için ABKD yaklaşımının kullanımı ile alternatiflerin performansları hakkında daha detaylı sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır.

Önerilen ABKD çözüm yaklaşımının detaylı bir şekilde açıklanması amacıyla bir firmaya ait organizasyon şemasına uygun şekilde HGKV problem yapısı tanımlanmıştır. Ardından kanı yapısı ve ikili karşılaştırma matrislerinin kanı yapısına dönüştürülmesi

[3] Bölüm 3.4, "Şahin Zorluoğlu, Ö., Kabak, Ö. 2020. Weighted Cumulative Belief Degree Approach for Project Portfolio Selection, Group Decision and Negotiation, DOI: 10.1007/s10726-020-09673-3." makalesine dayanmaktadır.

anlatılmıştır. Bir sonraki aşamada önerilen çözüm yaklaşımının adımları anlatılmış ve son olarak bir uygulama yapılarak sonuçlar paylaşılmıştır.

3.4.1 Problem tanımı



Şekil 3.8 : HGKV problem yapısına bir örnek.

Daha öncede belirtildiği şekilde HGKV problemlerinde organizasyon şemasındaki pozisyonlarına bağlı olarak çok sayıda KV bir hiyerarşi içerisinde sınıflandırılmıştır. Şekil 3.8'de, bir firmanın organizasyon şemasına uygun şekilde HGKV problem yapısı örneği verilmiştir. Örnekteki hiyerarşinin dört seviyesi bulunmaktadır. Seviye 0 yönetim kurulu üyelerini içermektedir. Seviye 1'de KV'ler (örn. yöneticiler) üç üst birimde kategorize edilmiştir. Seviye 2'de KV'ler (örn. müdürler, uzmanlar vs.) çeşitli birimler halinde kategorize edilmiş ve üst birimlere bağlanmıştır. Benzer şekilde seviye 3'te KV'ler birimlere bağlı alt birimler yer almaktadır.

Hiyerarşi dışında bir de uzman grubu bulunmaktadır. Daha önce yapılan çalışmadan farklı olarak bu örnekte dört seviye bulunmaktadır. Önceki çalışmada belirtildiği üzere seviye sayısı bir organizasyondan diğerine değişebilir. Aynı şekilde üst birimler, birimler ve alt birimlerde gerektiği takdirde düzenlenebilir. Şekil 3.8'de sunulmuş olan HGKV yapısının detayları aşağıda verilmiştir:

SEVİYE 0:

Seviye 0'ın KV'leri yönetim kurulu üyelerinden oluşur. K_0 sayıda KV vardır ve $DM_0 = \{DM_0^1, DM_0^2, \dots, DM_0^{K_0}\}$ ile gösterilir. Bu seviyenin alternatifleri ona bağlı birimlerdir ve N_0 sayıda alternatif (seviye 0'a bağlı birim sayısı) bulunmaktadır. Seviye 0'ın KV'leri kendi alternatiflerini $A_0 = \{A_0^1, A_0^2, \dots, A_0^{N_0}\}$ L_0 sayıda kritere $C_0 = \{C_0^1, C_0^2, \dots, C_0^{L_0}\}$ göre değerlendirir.

SEVİYE 1:

Seviye 1'in KV'leri her i üst biriminin çalışanlarından oluşur. Her i birimin K_i sayıda KV'si bulunmaktadır ve $DM_i = \{DM_i^1, DM_i^2, \dots, DM_i^{K_i}\}$ ile gösterilirler. Seviye 1'in altındaki üst birimlerin alternatifleri, alt birimi olan her üst birim i'nin alt birimleri ve alt birimi olmayan her üst birim i'nin kendine ait projeleridir. N_i, üst birim i'nin alternatif (üst birim i altındaki birim sayısı) sayısıdır. Her i birimin KV'leri, kendi alternatiflerini $A_i = \{A_i^1, A_i^2, \dots, A_i^{N_i}\}$, L_i sayıda kritere $C_i = \{C_i^1, C_i^2, \dots, C_i^{L_i}\}$ göre değerlendirir. Birim 2 ile ilgili istisnai bir durum söz konusudur. Birim 2'ye ait herhangi bir alt birim bulunmamaktadır, bu nedenle bu birimin alternatifleri birim-2'ye ait olan projelerdir.

SEVİYE 2:

Seviye 2'nin KV'leri her birimin çalışanlarından oluşur. Üst birim i'ye bağlı birim *j*'nin K_{ij} sayıda KV'si bulunmaktadır ve $DM_{ij} = \{DM_{ij}^1, DM_{ij}^2, \dots, DM_{ij}^{K_{ij}}\}$ ile gösterilir. Seviye 2 altındaki birimlerin alternatifleri, alt birimi olmayan her birimin kendi projeleri, alt birimi olan her üst birim i'ye bağlı birim *j*'nin alt birimleridir. N_{ij} üst birim i'ye bağlı birim *j*'nin alternatif sayısıdır. Üst birim i'ye bağlı birim *j*'nin KV'leri, kendi alternatiflerini $A_{ij} = \{A_{ij}^1, A_{ij}^2, \cdots, A_{ij}^{N_{ij}}\}$, L_{ij} sayıda kritere $C_{ij} = \{C_{ij}^1, C_{ij}^2, \dots, C_{ij}^{L_{ij}}\}$ göre değerlendirir. Burada üst birim 3'e bağlı birim 1 için farklı bir durum söz konusudur. Üst birim 3'e bağlı birim 1'in iki alt birimi bulunmaktadır. Bu sebepten bu birimin alternatifleri kendine bağlı olan alt birimleridir.

SEVİYE 3:

Seviye 3'ün KV'leri her alt birimin çalışanlarından oluşur. Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in K_{ijn} sayıda KV'si bulunmaktadır ve $DM_{ijn} = \left\{DM_{ijn}^1, DM_{ijn}^2, \dots, DM_{ijn}^{K_{ijn}}\right\}$ ile gösterilir. Seviye 3 altındaki birimlerin alternatifleri, alt birimi olmayan her birimin kendi projeleridir ve N_{ijn} üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in alternatif sayısıdır. Üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in KV'leri, kendi alternatiflerini (üst birim i, birim j'ye bağlı alt birim n'in projelerini) $A_{ijn} = \left\{A_{ij}^1, A_{ij}^2, \cdots, A_{ijn}^{N_{ijn}}\right\}$, L_{ijn} sayıda kritere $C_{ijn} = \left\{C_{ijn}^1, C_{ijn}^2, \dots, C_{ijn}^{L_{ijn}}\right\}$ göre değerlendirir.

UZMANLAR (BT BİRİMİ):

Uzmanlar, hiyerarşi dışından olan çalışanlar tarafından oluşturulmuştur (örn. BT birimi). Değerlendirme sürecinden sonra seçilen projeleri gerçekleştirmekten sorumlu bulunmaktadırlar. K_e sayıda uzman, $E = \{E^1, E^2, \dots, E^{K_e}\}$ bulunmaktadır. N_{ij}, birim i'ye bağlı alt birim j'nin alternatif sayısıdır. Uzmanlar, alternatifleri (hiyerarşinin tüm dallarının en alt seviyesindeki tüm projeleri, $A_{ijn} = \left\{A_{ij}^1, A_{ij}^2, \cdots, A_{ijn}^{N_{ijn}}\right\}$ ve/veya $A_{ij} = \left\{A_{ij}^1, A_{ij}^2, \cdots, A_{ij}^{N_{ij}}\right\}$ ve alt birimi olmayan birimlerin tüm projelerini, $A_i = \{A_I^1, A_I^2, \dots, A_I^{N_i}\}$) g sayıda öznel kritere $CE_s = \{CE_s^1, CE_s^2, \dots CE_s^G\}$ göre değerlendirir. Ayrıca h sayıda nesnel kriter $CE_o = \{CE_o^1, CE_o^2, \dots, CE_o^H\}$ bulunmaktadır. CE_s öznel kriter kümesini ve CE_o nesnel kriter kümesini göstermektedir. $CE_s \cup CE_o = CE_t$ tüm alternatifler için ortak kriter kümesini belirtmektedir.

3.4.2 Kanı Yapısı

Tanım 1. Kanı yapısı (Kabak ve Ruan, 2011b)

HGKV problemi için kanı yapısı hiyerarşinin her seviyesindeki KV'ler ve hiyerarşi dışındaki uzmanların kendi kriterlerine göre kendi alternatiflerini değerlendirmelerinde ve bununla birlikte kriter ağırlıkları ile KV ve uzman grubu ağırlıklarının gösterilmesinde kullanılmıştır.

$\boldsymbol{S} = \{\boldsymbol{s_k}\}, \boldsymbol{k} \in \{\boldsymbol{0}, \ldots, \boldsymbol{K}\}$ sonlu ve sıralı dilsel terim kümesi olsun. Burada $\boldsymbol{s_k}$, dilsel bir değişken için olası bir değeri göstermektedir. Problemin yapısına bağlı olarak dilsel terim kümesi değişkenlik gösterebilir. HGKV problemi için yedi terim içeren bir küme tanımlandığında, $\boldsymbol{S} = \{\boldsymbol{s_k}\}, \boldsymbol{k} \in \{\boldsymbol{0}, \ldots, \boldsymbol{6}\}$, terimlerin anlamları şunlardır: $\boldsymbol{s_0}$: çok zayıf, $\boldsymbol{s_1}$: zayıf, $\boldsymbol{s_2}$: biraz zayıf, $\boldsymbol{s_3}$:orta, $\boldsymbol{s_4}$: biraz iyi, $\boldsymbol{s_5}$: iyi, $\boldsymbol{s_6}$: çok iyi.

$$B = \{(\beta^k, s_k), k = 0, \ldots, K\}, \sum_{k=0}^{K} \beta^k \leq 1 \tag{3.15}$$

$\boldsymbol{s_k}$**:** dilsel terim k,

$\boldsymbol{\beta^k}$**:** s_k seviyesindeki kanı derecesi

Tanım 2. Birikimli kanı yapısı (Kabak ve Ruan, 2011b)

$$C = \{(\gamma^k, s_k), k = 0, \ldots, K\}, \gamma^k = \sum_{k=0}^{K} \beta^k \tag{3.16}$$

$\boldsymbol{s_k}$**:** dilsel terim k,

$\boldsymbol{\gamma^k}$**:** s_k seviyesindeki birikimli kanı derecesi

HGKV problemi için KV ve uzman değerlendirmeleri elde edildikten sonra dilsel değişkenler için tanımlanmış bulanık kümelere göre kanı derecelerine dönüştürülmüştür.

Tanım 3. Bulanık Kümeler (Zadeh, 1965)

X evrensel bir küme, x bu kümenin bir elemanı olsun. Bulanık bir küme aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$A = \{\langle x, \mu_A(x)\rangle | x \in X\} \tag{3.17}$$

$\boldsymbol{\mu_A}: \boldsymbol{X} \rightarrow [\boldsymbol{0}, \boldsymbol{1}]$ $\boldsymbol{A}$ bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu olmak üzere $\boldsymbol{\mu_A(x)} \in [\boldsymbol{0}, \boldsymbol{1}]$, x elemanının A kümesine üyelik derecesidir.

Kabak ve Ruan (2011a) tarafından gerçek sayı değerlendirmeleri, dilsel ifadeler ve aralıklı değerlendirmelerin kanı yapısına dönüşüm formülleri oluşturulmuştur. Bu çalışmada KV'lerin ikili karşılaştırma yöntemi ile sundukları alternatiflere ait

performans değerlendirmelerinin kanı yapısına dönüştürülmesi için bir dönüşüm formülü önerilmiştir.

3.4.3 İkili karşılaştırma matrisinin kanı yapısına dönüştürülmesi

KV değerlendirmelerinin toplanması ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrislerinden faydalanılmıştır. İkili karşılaştırmalar için Saaty'nin (1987) önem ölçeği kullanılmıştır ve Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.15'te gösterilen $n \times n$ boyutlu matris, n karşılaştırılan alternatif sayısı olmak üzere, bir kritere göre bir KV'nin ikili karşılaştırma matrisinin bir örneğini göstermektedir.

Çizelge 3.15 : Bir kritere göre bir KV'nin ikili karşılaştırma matrisine bir örnek.

	$\boldsymbol{A_1}$	$\boldsymbol{A_2}$	...	$\boldsymbol{A_j}$
$\boldsymbol{A_1}$	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}
$\boldsymbol{A_2}$	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}
...	...	...	...	...
$\boldsymbol{A_i}$	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}

Elde edilen ikili karşılaştırma matrisinin her sütununu normalize etmek için doğrusal normalizasyon kullanılması uygun bulunmuştur. Buna göre normalize değerler aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$r_{ij} = a_{ij}/max\{a_{kj}, k = 1, \dots, n\} \quad \textbf{(}3.18\textbf{)}$$

Normalizasyonun ardından ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 3.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.16 : Bir kritere göre bir KV'nin normalize ikili karşılaştırma matrisine bir örnek.

	$\boldsymbol{A_1}$	$\boldsymbol{A_2}$	...	$\boldsymbol{A_j}$
A_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1j}
A_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2j}
...	...	...	...	...
A_i	r_{i1}	r_{i2}	...	r_{ij}

Elimizdeki normalize değerleri KD'ye çevirmek için aşağıdaki denklemden yararlanılmıştır:

$$B(r_{ij}) = \left\{\left(\mu_{s_q}(r_{ij}), s_q\right), q = 0, \dots, Q\right\} \tag{3.19}$$

Kanı derecelerine dönüştürülmüş değerler her bir alternatif için ortalama alınarak aşağıda verilmiş olan denklem ile birleştirilmiş ve Çizelge 3.17 elde edilmiştir.

$$x^{iq} = \sum_{b=1}^{j} \mu_{s_q}(r_{ib})/j, \;\; i = 1, \dots, j, \forall q$$

$$\sum_{q=0}^{Q} x^{iq} = 1, i = 1, \dots, j \tag{3.20}$$

Çizelge 3.17 : İkili karşılaştırma matrisinin kanı derecelerine dönüşümü.

	$\boldsymbol{s_0}$	$\boldsymbol{s_1}$	$\boldsymbol{s_2}$	$\boldsymbol{s_3}$	$\boldsymbol{s_4}$	$\boldsymbol{s_5}$	$\boldsymbol{s_6}$
$\boldsymbol{A_1}$	x^{10}	x^{11}	x^{12}	x^{13}	x^{14}	x^{15}	x^{16}
$\boldsymbol{A_2}$	x^{20}	x^{21}	x^{22}	x^{23}	x^{24}	x^{25}	x^{26}
…	…	…	…	…	…	…	…
$\boldsymbol{A_j}$	x^{j0}	x^{j1}	x^{j2}	x^{j3}	x^{j4}	x^{j5}	x^{j6}

Örneğin, Çizelge 3.18'i bir KV tarafından üç alternatifin bir kritere göre değerlendirildiği bir ikili karşılaştırma matrisi olarak ele alalım. Çizelgede bulunan değerler normalize edilmiş ve Çizelge 3.19'da normalize değerler sunulmuştur.

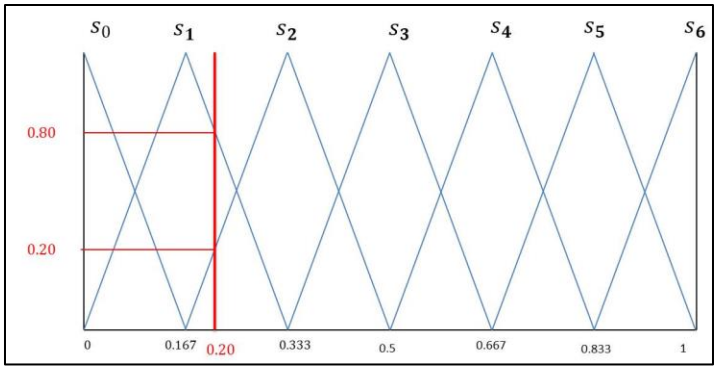
Çizelge 3.18 : İkili karşılaştırma matrisi örneği.

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	0.20	0.25
A_2	5	1	0.50
A_3	4	2	1

Çizelge 3.19 : Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi örneği.

	A_1	A_2	A_3
A_1	0.20	0.10	0.25
A_2	1	0.50	0.50
A_3	0.80	1	1

Ardından bu değerler denklem 3.19 yardımıyla kanı yapısına dönüştürülmüştür. Örneğin, üçgen üyelik fonksiyonuna sahip yedi dilsel terimli bir küme ele alalım. Bu küme Şekil 3.9'de verilmiştir. İkili karşılaştırma matrisinde bulunan $r_{11} = 0.20$ değeri KD'ye dönüştürüldüğünde $\{(0.8, s_1), (0.2, s_2)\}$ şeklinde ifade edildiği görülmektedir.



Şekil 3.9 : İkili karşılaştırma matrisi değerlerinin kanı derecelerine dönüşümü.

Kanı derecelerine dönüştürülmüş değerler her bir alternatif için ortalama alınarak denklem 3.19 ile birleştirilmiştir ve Çizelge 3.20 elde edilmiştir.

Çizelge 3.20 : İkili karşılaştırma matrisinin kanı derecelerine dönüşümü örneği.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_1	0.133	0.633	0.233	0	0	0	0
A_2	0	0	0	0.667	0	0	0.333
A_3	0	0	0	0	0.067	0.267	0.667

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ya da alternatif değerlendirmelerinin elde edilmesi sırasında 9'un üzerinde kriter ya da alternatifin bulunduğu durumlarda ikili karşılaştırma yöntemi yerine puanlama yöntemi kullanılması uygun bulunmuştur. İkili karşılaştırma yerine puanlama yöntemi kullanıldığında iki farklı durum oluşabilir; veriler $0 - A$ ölçeğinde atanmış değerler olabilir veya belirli bir ölçek ile temsil edilmemiş olabilir. Ilk durumda normalizasyon yapılırken en yüksek değer A olacağı için denklem 3.21'de $max\{a_{kj}, k = 1, \dots, n\}$ ile belirtilen kısım A değerini alır. İkinci durumda ise normalizasyon için denklem 3.21 ve denklem 3.22 kullanılır.

Fayda kriterleri için:

$$r_{ij} = a_{ij}/max\{a_{kj}, k = 1, \dots, n\} \quad (3.21)$$

Maliyet kriterleri için:

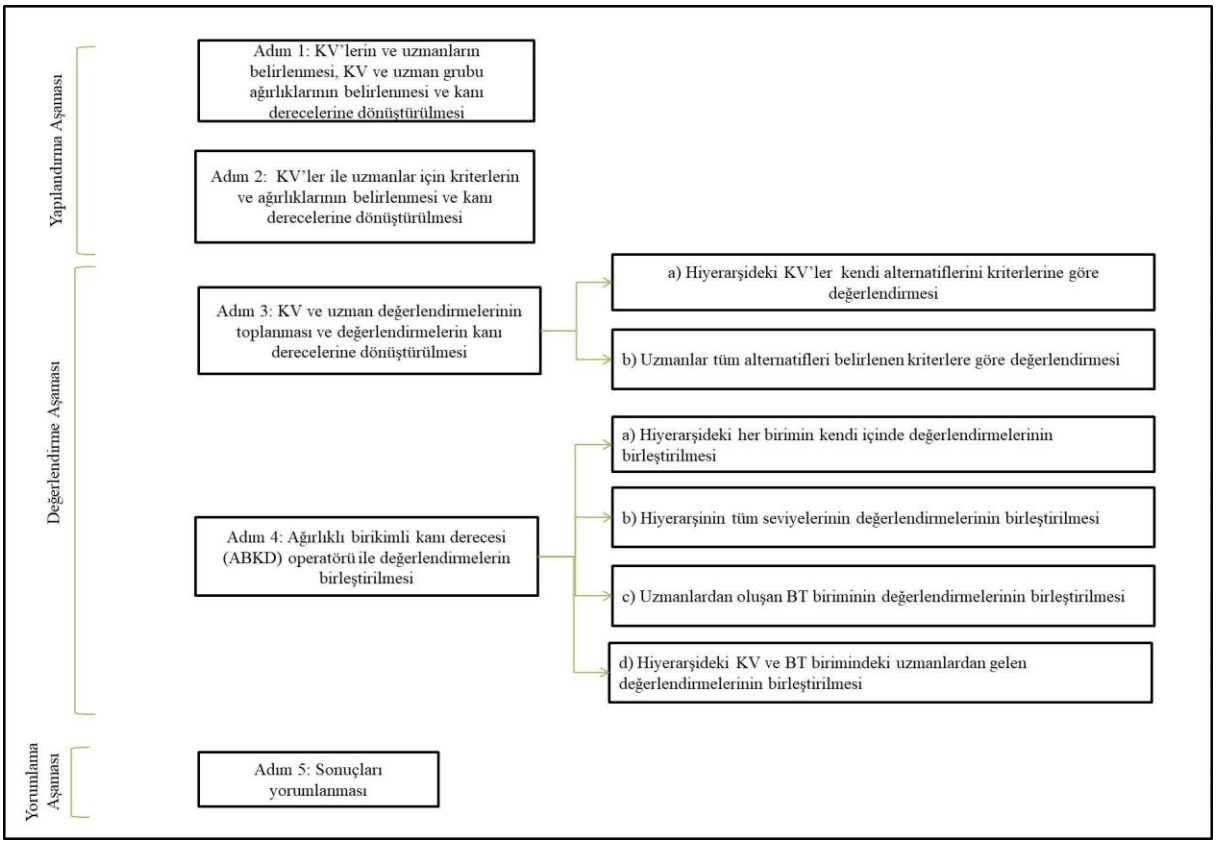
$$r_{ij} = min\{a_{kj}, k = 1, \dots, n\}/a_{ij} \quad (3.22)$$

Her iki durumda da normalizasyon yapıldıktan sonra kanı derecelerine dönüşüm için denklem 3.19'dan faydalanılır.

3.4.4 Önerilen ağırlıklı birikimli kanı derecesi yaklaşımı

Kriter ağırlıkları, KV ve uzmanların ağırlıkları ve alternatif değerlendirmelerinin KD ile temsil edildiği durumda değerlendirmelerin birleştirilmesi için Ağırlıklı Birikimli Kanı

Derecesi (ABKD) adıyla yeni ve kapsamlı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımın adımları Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10 : Ağırlıklı birikimli kanı derecesi yaklaşımının adımları.

3.4.4.1 Yapılandırma aşaması:

Yapılandırma aşaması 2 adımdan oluşmaktadır.

Adım 1: KV'lerin ve uzmanların belirlenmesi, KV ve uzman grubu ağırlıklarının belirlenmesi ve kanı derecelerine dönüştürülmesi

Bu adımda hiyerarşinin her biriminden değerlendirme sürecine katılacak KV'ler ($DM_0, DM_i, DM_{ij}, DM_{ijn}$ vb. kümeleri) ve tüm alternatifleri ortak kriterlere göre değerlendirecek uzmanlar (E kümesi) belirlenir. Bunun yanı sıra KV ve uzman grubu ağırlıkları seviye 0 (yönetim kurulu) tarafından puanlama yöntemi ile belirlenir. Bir önceki bölümde anlatıldığı şekilde normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülür.

KV ve uzman grubu ağırlığı $W_{DE} = \{(w_{DE}^{q}, s_q), q = 0, \dots, Q\}$, $\sum_{q=0}^{Q} w_{DE}^{q} = 1, DE = 1{,}2$ şeklinde ifade edilir. Burada w_1^q KV grubu, w_2^q uzman grubu ağırlığının s_q seviyesindeki kanı derecesini belirtmektedir.

Adım 2: KV'ler ile uzmanlar için kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi ve kanı derecelerine dönüştürülmesi

Hiyerarşinin her birimi kendi öznel kriterlerini ($C_0, C_i, C_{ij}, C_{ijn}$ vb. kümeleri) belirler. Uzmanlar ya da yönetim kurulu (seviye 0) tarafından ortak kriterler adı altında bazı nesnel ve öznel kriterler (CE kümesi) belirlenir. Kriter kümeleri, her birimin kendine özgü olan alternatif kümelerine bağlı olarak farklılık gösterebilir, bu nedenle KV ve uzmanlar için kriterler belirlenirken değerlendirecekleri proje ya da proje kümelerinin içeriği dikkate alınır.

Hiyerarşinin her seviyesindeki KV'ler için kriter ağırlıkların kriter sayısı 9'dan az olduğu durumda ikili karşılaştırma ya da puanlama, 9'dan fazla olduğu durumda puanlama ile belirlenir. İkili karşılaştırma matrisleri veya puanlama ile elde edilen veriler normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülür. Buna göre seviye 3 için $W_{ijn}^{kl} = \{(w_{ijn}^{klq}, s_q), q = 0, \dots, Q\}$, $\sum_{q=0}^{Q} w_{ijn}^{klq} = 1$ ile ifade edilir. Burada w_{ijn}^{klq} üst birim i birim j alt birim n'e ait KV k için l kriterinin ağırlığının s_q seviyesindeki kanı derecesini göstermektedir.

Seviye 0, seviye 1 ve seviye 2 için bazı farklılıklar söz konusudur. Benzer şekilde, seviye 0 için w_0^{klq} birim 0'a ait KV k için l kriterinin ağırlığının s_q seviyesindeki KD'ni, seviye 1 için w_i^{klq} birim i'ye ait KV k için l kriterinin ağırlığının s_q seviyesindeki KD'ni ve seviye 2 için w_{ij}^{klq} birim i alt birim j'ye ait KV k için l kriterinin ağırlığının s_q seviyesindeki KD'ni göstermektedir.

Ortak kriterlerin ağırlıkları ikili karşılaştırma ya da puanlama ile belirlenir. Benzer şekilde normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülür. Buna göre ortak kriter ağırlıkları $W_t = \{(w_t^q, s_q), q = 0, \dots, Q\}$, $\sum_{q=0}^{Q} w_t^q = 1, t = 1, .., g, g+1, \dots g+h,$ ile ifade edilir. Burada w_t^q, kriter t'nin ağırlığının s_q seviyesindeki KD'ni ifade eder.

3.4.4.2 Değerlendirme aşaması:

Adım 3: KV ve uzman değerlendirmelerinin toplanması ve değerlendirmelerin kanı derecelerine dönüştürülmesi

a) Hiyerarşideki KV'ler kendi alternatiflerini kriterlerine göre değerlendirir

Hiyerarşinin her dalında en alt seviyede bulunan her KV, alternatiflerini kriterlere göre değerlendirirken ikili karşılaştırma matrisleri ya da puanlamadan yararlanır. Orta seviyelere ve en üst seviyeye (seviye 0) alt seviyelerinin alternatifleri hakkında genel bilgiler verilir. Bu bilgilere göre orta ve üst seviyelerin KV'leri kendi alt seviyelerini, projeleri adına değerlendirir. Verilen bilgiler ışığında, orta seviyelerden en üst seviyeye kadar tüm seviyeler bir alt seviyelerinin her projesini değerlendirmek yerine projeleri grubunu değerlendirir. İkili karşılaştırma matrisleri ya da puanlama ile elde edilen veriler normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülür. Seviye 3 için değerlendirmeler $B_{ijn}^{kml} = \{(\beta_{ijn}^{kmlq}, s_q), q = 0, \dots, Q\}, \forall i, \forall j, \forall n, \forall k, \forall m, \forall l, \ \sum_{q=0}^{Q} \beta_{ijn}^{kmlq} \leq 1, \forall i, \forall j, \forall n, \forall k, \forall m, \forall l$ şeklinde ifade edilir.

Burada β_{ijn}^{kmlq} üst birim i birim j alt birim n'ye ait KV k'nın l kriterine göre alternatif m için s_q seviyesindeki KD'ni belirtmektedir.

Seviye 0, seviye 1 ve seviye 2 için bazı farklılıklar söz konusudur. Benzer şekilde, seviye 0 için β_0^{kilq} birim 0'a ait KV k'nın l kriterine göre alternatif i için s_q seviyesindeki KD'ni, seviye 1 için β_i^{kjlq} birim i'ye ait KV k'nın l kriterine göre alternatif j için s_q seviyesindeki KD'ni ve seviye 2 için β_{ij}^{knlq} birim i alt birim j'ye ait KV k'nın l kriterine göre alternatif n için s_q seviyesindeki KD'ni göstermektedir.

b) Uzmanlar tüm alternatifleri belirlenen kriterlere göre değerlendirir

BT birimine ait uzmanlar hiyerarşinin her dalının en alt seviyesine iliştirilmiş alternatifleri (tüm projeleri) puanlama yöntemi ile değerlendirirler. Yüksek sayıda alternatifin değerlendirilmesi gerekliliğinden ötürü bu çalışmada puanlama yönteminden yararlanılması tercih edilmiştir. Bu yöntemin kullanımı ile uzmanlara sorulacak soru sayısı az sayıda olacaktır. Puanlama ile elde edilen veriler normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülür. Buna göre uzman değerlendirmeleri

$U_{ijn}^{emt} = \{(u_{ijn}^{emtq}, s_q), q = 0, \dots, Q\}, \forall i, \forall j, \forall n, \ \forall e, \forall m, t = 1, .., g, g+1, \dots g+h,$ $\sum_{q=0}^{Q} u_{ijn}^{emtq} \leq 1, \forall i, \forall j, \forall n, \forall e, \forall m, t = 1, .., g, g+1, \dots g+h$ ile ifade edilir. Burada u_{ijn}^{emtq}, e uzmanının t kriterine göre üst birim i birim j alt birim n'ye ait m alternatifi için s_q seviyesindeki KD'ni belirtir.

Adım 4: Ağırlıklı birikimli kanı derecesi operatörü (ABKD) ile değerlendirmelerin birleştirilmesi

ABKD operatörü alternatif değerlendirmelerinin yanı sıra kriter, KV ve uzman ağırlıklarının da KD ile ifade edildiği durumlarda değerlendirmelerin birleştirilmesi için geliştirilmiştir. ABKD operatörü aşağıda tanımlanmıştır:

Tanım 4. ABKD Operatörü

Değerlendirmelerin birleştirilmesi için öncelikle bir tatmin seviyesi $s_r, \ q \in 0, \dots, 6$ belirlenmektedir. Tatmin seviyeleri, s_0: çok düşük, s_1: düşük, s_2: biraz düşük, s_3:orta, s_4: biraz yüksek, s_5: yüksek, s_6: çok yüksek şeklinde tanımlanmıştır. Tatmin seviyesi hangi önemdeki kriterler (KV ya da uzman ağırlıkları) dikkate alınmalıdır sorusunun karşılığı olarak belirlenir. Örneğin problem sahibinin orta ve daha önemli kriterleri dikkate aldığı durumda tatmin seviyesi s_3 olarak belirlenir. Bu durum problem sahibi için önemli kriterlerden yüksek performansa sahip olmanın daha değerli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle tatmin seviyesi s_3 olduğu durumda, s_3, s_4 ve s_5 birikimli olarak hesaba katılmaktadır.

Buna göre s_r seviyesindeki ABKD operatörü $\beta^r = \Delta(X_j, W_j, V)$ işlemi ile tanımlanmıştır. Bu ifadede $\beta^r = \{(\beta^{rq}, s_q), q = 0, \dots, 6\}$ toplam performansı ifade eder. Buna göre önceden belirlenmiş bir s_r seviyesi için β^{rq} aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\beta^{rq} = \frac{\sum_j \left(x_j^q \sum_{p=r}^{6} w_j^p v_p\right)}{\sum_j \sum_{p=r}^{6} w_j^p v_p}, q = 0, \dots, 6 \qquad (3.23)$$

Burada $X_j = \{(x_j^q, s_q), q = 0, \dots, 6\}, j = 1, \dots, J$ alternatif performansını, $W_j = \{(w_j^q, s_q), q = 0, \dots, 6\}, j = 1, \dots, J$ kriter ağırlığını, $V = \{(v_q = q, q = 0, \dots, 6)\}$, dilsel terim için beklenen değeri göstermektedir.

Örneğin elimizde bir KV'nin bir alternatif için 4 kritere göre değerlendirmesi ve kriter ağırlıkları olduğunu varsayalım. Çizelge 3.21'de alternatifin kriterlere göre değerlendirmeleri, Çizelge 3.22'de ise kriter ağırlıkları bulunmaktadır.

Çizelge 3.21 : Alternatifin kriterlere göre değerlendirmesi.

A	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
C_1	0	0	0.6	0.4	0	0	0
C_2	0.4	0.6	0	0	0	0	0
C_3	0	0	0.6	0.4	0	0	0
C_4	0.4	0.6	0	0	0	0	0

Çizelge 3.22 : Kriter ağırlıkları.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
C_1	0	0.13	0.63	0	0.13	0.13	0
C_2	0	0	0	0.5	0.25	0	0.25
C_3	0	0	0	0	0	0	1
C_4	0.15	0.6	0.25	0	0	0	0

Problem sahibinin tatmin seviyesinin s_3 olduğunu varsaydığımız durumda ABKD operatörü kullanılarak değerlendirmeler ile kriter ağırlıkları birleştirilmiş ve Çizelge 3.23'te bulunan birleştirilmiş değerler elde edilmiştir. Örneğin β^{30}aşağıdaki işlem ile hesaplanmıştır:

$$\beta^{30} = \frac{0*(3*0+4*0.13+5*0.13+6*0)+0.4*(3*0.5+4*0.25+5*0+6*0.25)+0*(3*0+4*0+5*0+6*1)+0.4*(3*0+4*0+5*0+6*0)}{(3*0+4*0.13+5*0.13+6*0)+(3*0.5+4*0.25+5*0+6*0.25)+(3*0+4*0+5*0+6*1)+(3*0+4*0+5*0+6*0)}$$
$$= 0.144$$

Çizelge 3.23 : Birleştirilmiş değerler.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A	0.144	0.216	0.384	0.256	0	0	0

a) Hiyerarşideki her birimin kendi içinde değerlendirmelerinin birleştirilmesi

Elimizde hiyerarşideki her birimde bulunan KV'ler için alternatiflerin kriterlere göre kanı dereceleri türünden değerlendirmeleri ve kanı dereceleri türünden kriter ağırlıkları bulunmaktadır. Buna göre her birim için alternatif değerlendirmeleri ile kriter ağırlıklarının birleştirilmesi için ABKD operatöründen faydalanılmıştır. Birleştirme işlemi önceden belirlenmiş bir s_r seviyesinde,

Seviye 3'e bağlı birimler için:

$$F_{ijn}^{kmr} = \Delta\left(B_{ijn}^{kml}, W_{ijn}^{kl}, V\right), \quad \textbf{(}3.24\textbf{)}$$

Buradan elde edilen birleştirilmiş değerler $F_{ijn}^{kmr} = \left\{\left(f_{ijn}^{kmrq}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ ile ifade edilir.

Seviye 2'ye bağlı birimler için:

$$F_{ij}^{knr} = \Delta\left(B_{ij}^{knl}, W_{ij}^{kl}, V\right), \quad \textbf{(}3.25\textbf{)}$$

Birleştirilmiş değerler $F_{ij}^{knr} = \left\{\left(f_{ij}^{knr}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ ile ifade edilir.

Seviye 1'e bağlı birimler için:

$$F_{i}^{kjr} = \Delta\left(B_{i}^{kjl}, W_{i}^{kl}, V\right), \quad \textbf{(}3.26\textbf{)}$$

Birleştirilmiş değerler $F_{i}^{kjr} = \left\{\left(f_{i}^{kjr}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ ile ifade edilir.

Seviye 0 için:

$$F_{0}^{kir} = \Delta\left(B_{0}^{kil}, W_{0}^{kl}, V\right), \quad \textbf{(}3.27\textbf{)}$$

Birleştirilmiş değerler $F_{0}^{kir} = \left\{\left(f_{0}^{kir}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ ile ifade edilir.

Ardından her birimde bulunan KV değerlendirmelerinin birleştirilmesi için aşağıdaki formül kullanılarak önceden belirlenmiş bir s_r seviyesinde KV bazında ortalama alınır:

Seviye 3 için:

$$f_{ijn}^{mrq} = \frac{\sum_k f_{ijn}^{kmrq}}{\mathrm{K_{ijn}}}, \tag{3.28}$$

Birleştirilmiş değerler $F_{ijn}^{mr} = \{(f_{ijn}^{mrq}, s_q), q = 0, \dots, 6\}$ şeklinde ifade edilir.

Seviye 2 için:

$$f_{ij}^{nrq} = \frac{\sum_k f_{ij}^{knrq}}{\mathrm{K_{ij}}}, \tag{3.29}$$

Birleştirilmiş değerler $F_{ij}^{nr} = \{(f_{ij}^{nrq}, s_q), q = 0, \dots, 6\}$ şeklinde ifade edilir.

Seviye 1 için:

$$f_{i}^{jrq} = \frac{\sum_k f_{i}^{kjrq}}{\mathrm{K_{i}}}, \tag{3.30}$$

Birleştirilmiş değerler $F_{i}^{jr} = \{(f_{i}^{jrq}, s_q), q = 0, \dots, 6\}$ şeklinde ifade edilir.

Seviye 0 için:

$$f_{0}^{irq} = \frac{\sum_k f_{0}^{kirq}}{\mathrm{K_{0}}}, \tag{3.31}$$

Birleştirilmiş değerler $F_{0}^{ir} = \{(f_{0}^{irq}, s_q), q = 0, \dots, 6\}$ şeklinde ifade edilir.

b) Hiyerarşinin tüm seviyelerinin değerlendirmelerinin birleştirilmesi

Hiyerarşinin tüm seviyelerinin değerlendirmelerinin birleştirilmesi için hiyerarşinin en alt seviyesinden gelen proje puanları bir üst seviyesinden gelen birim puanları ile başlanarak birleştirilir ve en üst seviyeden gelen birim puanları ile birleştirilene kadar devam eder. Bu şekilde her bir proje için hiyerarşiden gelen bir son puan elde edilir. En alt seviyenin sahip olduğu proje puanları ile bir üst seviyeden gelen birim puanı birleştirilirken ABKD operatöründen faydalanılır. Örneğin seviye 2'de bulunan "Finans

ve İdari İşler" biriminden gelen "Strateji ve İş Geliştirme ve Bütçe Planlama" ile "Genel İdari İşler" alt birimlerine ait puanları, seviye 3'te bulunan bu birimlerin proje puanları ile birleştirmek için ABKD operatörü kullanılmıştır. Önceden belirlenmiş bir s_r seviyesinde,

Seviye 3 ile seviye 2'nin birleştirilmesi:

$$D_{ijn}^{mr} = \Delta\left(F_{ijn}^{mr}, F_{ij}^{nr}, V\right), \quad (3.32)$$

Birleştirilmiş değerler $D_{ijn}^{mr} = \left\{\left(d_{ijn}^{mrq}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ ile ifade edilir.

Seviye 3 ile 2'nin birleşiminden elde edilen değerlendirme ile seviye 1'in birleştirilmesi:

$$Y_{ijn}^{mr} = \Delta\left(D_{ijn}^{mr}, F_{i}^{jr}, V\right), \quad (3.33)$$

Birleştirilmiş değerler $Y_{ijn}^{mr} = \left\{\left(y_{ijn}^{mrq}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ ile ifade edilir.

Seviye 3 ve 2 ile 1'in birleşiminden elde edilen değerlendirme ile seviye 0'ın birleştirilmesi:

$$Z_{ijn}^{mr} = \Delta\left(Y_{ijn}^{mr}, F_{0}^{ir}, V\right), \quad (3.34)$$

Birleştirilmiş değerler $Z_{ijn}^{mr} = \left\{\left(z_{ijn}^{mrq}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ ile ifade edilir.

c) Uzmanlardan oluşan BT biriminin değerlendirmelerinin birleştirilmesi

BT biriminin değerlendirmelerinin birleştirilmesi süreci hiyerarşideki her birimin kendi içinde değerlendirmelerinin birleştirilmesi süreci ile benzerdir. Burada da BT birimi için alternatif değerlendirmeleri ile kriter ağırlıklarının birleştirilmesi için ABKD operatöründen faydalanılmıştır. Birleştirme işlemi önceden belirlenmiş bir s_r seviyesinde,

$$V_{ijn}^{emr} = \Delta\left(U_{ijn}^{emt}, w_t, V\right), \quad (3.35)$$

$V_{ijn}^{emr} = \left\{\left(v_{ijn}^{emrq}, s_q\right), q = 0, \dots, 6\right\}$ şeklinde ifade edilir. Ardından uzman değerlendirmelerinin birleştirilmesi için aşağıdaki şekilde önceden belirlenmiş bir s_r seviyesinde uzman bazında ortalama alınır:

$$v_{ijn}^{mrq} = \frac{\sum_e v_{ijn}^{emrq}}{K_e}, \quad (3.36)$$

Birleştirilmiş değerler $V_{ijn}^{mr} = \{(v_{ijn}^{mrq}, s_q), q = 0, \dots, 6\}$ ile ifade edilir.

d) Hiyerarşideki KV ve BT birimindeki uzmanlardan gelen değerlendirmelerinin birleştirilmesi

Bu adımda KV ve uzman görüşlerini birleştirerek alternatiflerin sıralanması için ortak bir sonuca varmak amaçlanmaktadır. Önceden belirlenmiş bir s_r seviyesinde KV ile uzman görüşleri,

$$P_{ijn}^{mr} = \Delta(Z_{ijn}^{mr} \oplus V_{ijn}^{mr}, W_{DE}, V), \quad (3.37)$$

ile birleştirilir. Burada $P_{ijn}^{mr} = \{(p_{ijn}^{mrq}, s_q), q = 0, \dots, 6\}$ şeklinde ifade edilir.

3.4.4.3 Yorumlama Aşaması

Adım 5: Sonuçların yorumlanması

Birleştirilmiş puan yaklaşımı kullanılarak her proje için elde edilen kanı dereceleri birleştirilmektedir. Her dilsel değer için bir beklenen değer atanmıştır. Bu değerlerde kullanılarak her proje için bulunan kanı derecelerini birleştirmek için aşağıda verilmiş olan denklemden yararlanılmıştır (Kabak ve Ruan, 2011b):

$$\mathrm{AG}_{\mathrm{ijn}}^{\mathrm{mr}} = \sum_{\mathrm{q}=0}^{6} \mathrm{p}_{\mathrm{ijn}}^{\mathrm{mrq}} \mathrm{v}_{\mathrm{q}} \quad (3.38)$$

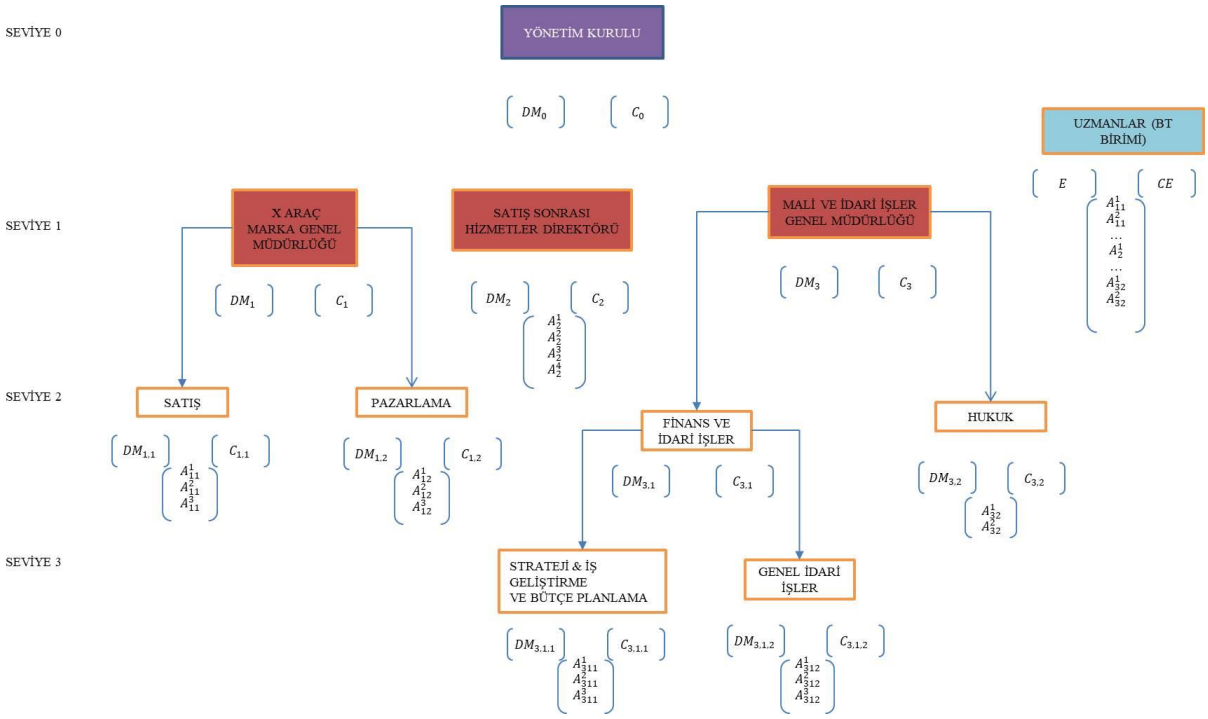
Burada $\mathrm{V} = \{(\mathrm{v_q} = \mathrm{q}, \mathrm{q} = 0, \dots, 6)\}$, dilsel terim için beklenen değeri göstermektedir.

3.4.5 Proje portföy seçimi alanına bir uygulama

Bu çalışmada önerilmiş olan ABKD yaklaşımının uygulaması için Bölüm 3.4.1 Problem tanımı verilen dört seviyeli hiyerarşiye sahip organizasyon ele alınmıştır. Şekil 3.11, organizasyonun PPS sürecinin HGKV yapısını göstermektedir. Seviye 0'da yönetim kurulu bulunmaktadır. Seviye 1'in X araç marka genel müdürlüğü, satış sonrası hizmetler direktörlüğü ile mali ve idari işler genel müdürlüğü olmak üzere üç üst birimi vardır. X araç marka genel müdürlüğü birimine bağlı satış ve pazarlama olmak üzere iki

birim bulunmakta, mali ve idari işler genel müdürlüğü birimine bağlı finans ve idari işler ile hukuk olmak üzere iki birim bulunmaktadır. Finans ve idari işler birimine bağlı strateji, iş geliştirme ve bütçe planlama ile genel idari işler olmak üzere 2 alt birim bulunmaktadır.

Satış sonrası hizmetler direktörlüğü birimine bağlı herhangi bir birim bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra organizasyonda uzmanlardan oluşan bir BT birimi bulunmaktadır.



Şekil 3.11 : Firmanın proje portföy seçimi sürecinin HGKV yapısı.

3.4.5.1 Yapılandırma aşaması:

Adım 1: KV'lerin ve uzmanların belirlenmesi, KV ve uzman grubu ağırlıklarının belirlenmesi ve kanı derecelerine dönüştürülmesi

Birim ve alt birimler için KV ve uzman sayıları Çizelge 3.24'te verilmiştir. Örneğin, toplama alt birimi üç KV'ye sahipken insan kaynakları birimi 2 KV'ye sahiptir. Ayrıca KV ve uzman grubu ağırlıkları belirlenmiş ve normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülmüştür. KV grubu ağırlığı $W_1 = \{(0, s_0), (0, s_1), (0, s_2), (0, s_3), (0, s_4), (0, s_5), (1, s_6)\}$, uzman grubu ağırlığı ise $W_2 = \{(0, s_0), (0, s_1), (0.43, s_2), (0.57, s_3), (0, s_4), (0, s_5), (0, s_6)\}$ olarak belirlenmiştir.

Adım 2: KV'ler ile uzmanlar için kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi ve kanı derecelerine dönüştürülmesi

Birimlere ait kriter ve alternatif sayıları da Çizelge 3.24'te verilmiştir. Çizelge 3.25'te ise birimlere ait değerlendirme kriterleri verilmiştir.

Çizelge 3.24 : KV, uzman, kriter ve alternatif sayıları.

Birimler	KV veya uzman sayıları	Kriter sayısı	Alternatif sayısı
Yönetim Kurulu	2 KV	3	3
BT Birimi	2 uzman	2 (1 öznel & 1 nesnel)	18
X Araç Marka Gen. Müd. Birimi	2 KV	2	2
Satış Birimi	2 KV	1	3
Pazarlama Birimi	2 KV	2	3
Satış Sonrası Hiz. Direktörlüğü Birimi	3 KV	2	4
Mali ve İdari İşler Gen. Müd. Birimi	3 KV	2	2
Finans ve İdari İşler Birimi	2 KV	2	2
Str. & İş Geliştirme ve Bütçe Planlama	2 KV	1	3
Genel İdari İşler Birimi	2 KV	1	3
Hukuk Birimi	2 KV	2	2

Çizelge 3.25 : Birimlere ait değerlendirme kriterleri.

Birimler/Alt Birimler	Kriterler
Yönetim Kurulu	C_0^1: Projenin stratejik değeri
	C_0^2: Projenin AR&GE değeri
	C_0^3: Marka imajı geliştirme (Elbok ve Berrado, 2017)
BT Birimi	Öznel kriter:
	CE_s^1 : Projenin yenilik derecesi (Liu ve diğ, 2010)
	Nesnel kriter:
	CE_o^1: Projenin maliyeti
X Araç Marka Gen. Müd. Birimi	C_1^1: Ekonomik katkı (Oral ve diğ, 2016)
	C_1^2: Çalışan verimliliğinde artış (Elbok ve Berrado, 2017)
Satış Birimi	C_{11}^1: Satış artışına etkisi
Pazarlama Birimi	C_{12}^1: Pazar payında artışına etkisi
	C_{12}^2: Müşteri memnuniyetinde artış (Elbok ve Berrado, 2017)
Satış Sonrası Hiz. Direktörlüğü Birimi	C_2^1: Müşteri memnuniyetinde artış (Elbok ve Berrado, 2017)
	C_2^2: Verimlilikte artış
Mali ve İdari İşler Gen. Müd. Birimi	C_3^1: Projenin kalitesi (Liu ve diğ, 2010)
	C_3^2: Ekonomik katkı (Oral ve diğ, 2016)
Finans ve İdari İşler Birimi	C_{31}^1: Ekonomik katkı (Oral ve diğ, 2016)
	C_{31}^2: İşgücü maliyeti (Erdoğmuş ve diğ, 2005)
Str. & İş Geliştirme ve Bütçe Planlama	C_{311}^1: Projenin stratejik değeri
Genel İdari İşler Birimi	C_{312}^1: Projenin kalitesi (Liu ve diğ, 2010)
Hukuk Birimi	C_{32}^1: Projenin kanunen uygunluğu
	C_{32}^2: Marka imajı geliştirme (Elbok ve Berrado, 2017)

İkili karşılaştırma matrisleri veya puanlama ile elde edilen kriter ağırlıkları normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülmüştür. Buna göre kanı derecelerine dönüştürülmüş kriter ağırlıkları Çizelge 3.26'da verilmiştir.

Çizelge 3.26 : Kriter ağırlıkları.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
W_{11}^{11}	0	0	0	0	0	0	1
W_{11}^{21}	0	0	0	0	0	0	1
W_{12}^{11}	0	0	0	0	0	0	1
W_{12}^{12}	0	0	0.789	0.211	0	0	0
W_{12}^{21}	0	0	0	0.297	0.703	0	0
W_{12}^{22}	0	0	0	0	0	0	1
W_{1}^{11}	0	0	0	0	0	0	1
W_{1}^{12}	0	0	0	0	0.099	0.901	0
W_{1}^{21}	0	0	0	0	0	0	1
W_{1}^{22}	0	0	0.223	0.777	0	0	0
W_{2}^{11}	0.017	0.983	0	0	0	0	0
W_{2}^{12}	0	0	0	0	0	0	1
W_{2}^{21}	0	0	0.728	0.272	0	0	0
W_{2}^{22}	0	0	0	0	0	0	1
W_{2}^{31}	0.886	0.114	0	0	0	0	0
W_{2}^{32}	0	0	0	0	0	0	1
W_{311}^{11}	0	0	0	0	0	0	1
W_{311}^{21}	0	0	0	0	0	0	1
W_{312}^{11}	0	0	0	0	0	0	1
W_{312}^{21}	0	0	0	0	0	0	1
W_{31}^{11}	0	0	0	0	0	0	1
W_{31}^{12}	0	0	0	0	0.833	0.167	0
W_{31}^{21}	0.524	0.476	0	0	0	0	0
W_{31}^{22}	0	0	0	0	0	0	1
W_{32}^{11}	0	0	0.955	0.045	0	0	0
W_{32}^{12}	0	0	0	0	0	0	1
W_{32}^{21}	0	0.661	0.339	0	0	0	0
W_{32}^{22}	0	0	0	0	0	0	1
W_{3}^{11}	0	0	0	0	0	0	1
W_{3}^{12}	0	0	0	0	0.958	0.042	0
W_{3}^{21}	0	0	0	0	0	0	1
W_{3}^{22}	0.589	0.411	0	0	0	0	0
W_{3}^{31}	0	0	0	0	0	0	1
W_{3}^{32}	0	0	0	0.1	0.9	0	0
W_{0}^{11}	0	0	0	0	0	0.711	0.289
W_{0}^{12}	0	0	0.588	0.412	0	0	0
W_{0}^{13}	0	0	0	0	0	0	1
W_{0}^{21}	0	0	0	0	0	0.245	0.755
W_{0}^{22}	0	0	0	0	0.483	0.517	0
W_{0}^{23}	0	0	0	0	0	0	1
W_1	0.274	0.726	0	0	0	0	0
W_2	0	0	0	0	0	0	1

3.4.5.2 Değerlendirme aşaması:

Adım 3: KV ve uzman değerlendirmelerinin toplanması ve değerlendirmelerin kanı derecelerine dönüştürülmesi

a) Hiyerarşideki KV'ler kendi alternatiflerini kriterlerine göre değerlendirir

İkili karşılaştırma matrisleri ya da puanlama ile elde edilen veriler normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülür. Çizelge 3.27'de üst birim 3 birim 1 alt birim 1'e ait KV 1'in kriter 1'e göre alternatifler 1,2 ve 3 için $s_q, q \in 0, \dots, 6$ seviyesindeki kanı dereceleri verilmiştir. Diğer KV'lere ait değerlendirmeler Ek C'de verilmiştir.

Çizelge 3.27 : $\boldsymbol{DM_{311}^{1}}$ için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{311}^{1}	0	0	0	0	0	0	1
A_{311}^{2}	0	0.533	0.467	0	0	0	0
A_{311}^{3}	0	0	0	0.133	0.200	0	0.667

b) Uzmanlar tüm alternatifleri belirlenen kriterlere göre değerlendirir

BT birimine ait uzmanlar hiyerarşinin her dalının en alt seviyesine iliştirilmiş alternatifleri (tüm projeleri) puanlama yöntemi ile değerlendirebilir. Puanlama ile elde edilen veriler normalize edilerek kanı derecelerine dönüştürülür. Çizelge 3.28'de uzman 1'in kriter 1'e göre hiyerarşinin her dalının en alt seviyesine iliştirilmiş tüm alternatifler için $s_q, q \in 0, \dots, 6$ seviyesindeki kanı dereceleri verilmiştir. Diğer uzmanlara ait değerlendirmeler Ek C'de verilmiştir.

Çizelge 3.28 : $\boldsymbol{E^{1}}$ için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
U_{11}^{111}	0	0	0	0	0.375	0.625	0
U_{11}^{121}	0	0	0	0	0	0.375	0.625
U_{11}^{131}	0	0.688	0.313	0	0	0	0
U_{12}^{111}	0	0	0	1.000	0	0	0
U_{12}^{121}	0	0	0	0.500	0.500	0	0
U_{12}^{131}	0	0	0	0.813	0.188	0	0
U_{2}^{111}	0	0	0	0	0	0.500	0.500
U_{2}^{121}	0	0	0.625	0.375	0	0	0
U_{2}^{131}	0	0	0.813	0.188	0	0	0

Çizelge 3.28 (devam) : E^1 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
U_2^{141}	0	0	0.125	0.875	0	0	0
U_{311}^{111}	0.563	0.438	0	0	0	0	0
U_{311}^{121}	0	0	0	0.063	0.938	0	0
U_{311}^{131}	0	0	0	0.188	0.813	0	0
U_{312}^{111}	0	0	0	0	0.438	0.563	0
U_{312}^{121}	0	0	0	0.438	0.563	0	0
U_{312}^{131}	0	0	0	0	0	0	1.000
U_{32}^{111}	0	0	0	0	0.438	0.563	0
U_{32}^{121}	0	0	0.375	0.625	0	0	0

Adım 4: Ağırlıklı birikimli kanı derecesi operatörü (ABKD) ile değerlendirmelerin birleştirilmesi

Bu çalışmada alternatif değerlendirmelerinin yanı sıra kriter, KV ve uzman ağırlıklarının da KD ile ifade edildiği durumlarda önerilen ABKD operatörü ile değerlendirmeler birleştirilmiştir. Bu çalışmada farklı $\mathbf{s_r}$ seviyelerinde ABKD operatöründen faydalanılmıştır.

a) Hiyerarşideki her birimin kendi içinde değerlendirmelerinin birleştirilmesi

Elimizde hiyerarşideki her birimde bulunan KV'ler için alternatiflerin kriterlere göre kanı dereceleri türünden değerlendirmeleri ve kanı dereceleri türünden kriter ağırlıkları bulunmaktadır. Buna göre her birim için alternatif değerlendirmeleri ile kriter ağırlıklarının birleştirilmesi için ABKD operatöründen faydalanılmıştır. Örneğin, s_3 seviyesinde denklem 3.24 ile üst birim 3 birim 1 alt birim 1'e ait KV 1'in alternatif değerlendirmeleri ile kriter ağırlıkları birleştirilmiş ve Çizelge 3.29 elde edilmiştir.

Çizelge 3.29 : Birleştirilmiş değerler F_{311}^{113}, F_{311}^{123} ve F_{311}^{133}.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
F_{311}^{113}	0	0	0	0	0	0	1
F_{311}^{123}	0	0.53	0.47	0	0	0	0
F_{311}^{133}	0	0	0	0.13	0.20	0	0.67

Ardından her birimde bulunan KV değerlendirmelerinin birleştirilmesi için denklem 3.28 kullanılarak $\boldsymbol{s_3}$ seviyesinde üst birim **3** birim **1** alt birim **1**'e ait KV **1 ve 2** bazında ortalama alınarak değerlendirmeler birleştirilmiştir ve Çizelge 3.30 elde edilmiştir.

Çizelge 3.30 : Birleştirilmiş değerler F_{311}^{13}, F_{311}^{23} ve F_{311}^{33}.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
F_{311}^{13}	0	0	0	0	0	0	1
F_{311}^{23}	0.17	0.60	0.23	0	0	0	0
F_{311}^{33}	0	0	0.33	0.23	0.10	0	0.33

b) Hiyerarşinin tüm seviyelerinin değerlendirmelerinin birleştirilmesi

Hiyerarşinin tüm seviyelerinin değerlendirmelerinin birleştirilmesi için hiyerarşinin en alt seviyesinden gelen proje puanları bir üst seviyesinden gelen birim puanları ile başlanarak birleştirilir ve en üst seviyeden gelen birim puanları ile birleştirilene kadar devam eder. Bu şekilde her bir proje için hiyerarşiden gelen bir son puan elde edilir. En alt seviyenin sahip olduğu proje puanları ile bir üst seviyeden gelen birim puanı birleştirilirken ABKD operatöründen faydalanılır. Örneğin s_3 seviyesinde, seviye 2'de bulunan "Finans ve İdari İşler" biriminden gelen "Strateji ve İş Geliştirme ve Bütçe Planlama" ile "Genel İdari İşler" alt birimlerine ait puanları, seviye 3'te bulunan bu birimlerin proje puanları ile birleştirmek için denklem 3.32 kullanılmıştır ve Çizelge 3.31, "Strateji ve İş Geliştirme ve Bütçe Planlama" birimi için, Çizelge 3.32 ise Genel İdari İşler" birimi projeleri için birleştirilmiş puanları göstermektedir.

Çizelge 3.31 : "Strateji ve İş Geliştirme ve Bütçe Planlama" birimi için seviye 3 ile seviye 2'nin birleşimi.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
D_{311}^{13}	0	0	0	0	0	0	1
D_{311}^{23}	0.167	0.600	0.233	0	0	0	0
D_{311}^{33}	0	0	0.333	0.233	0.100	0	0.333

Çizelge 3.32 : "Genel İdari İşler" birimi için seviye 3 ile seviye 2'nin birleşimi.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
D_{312}^{13}	0.056	0.378	0.067	0	0	0	0.500
D_{312}^{23}	0.048	0.369	0.417	0.067	0.100	0	0
D_{312}^{33}	0.179	0.321	0	0	0	0	0.500

Benzer şekilde seviye 3 ile 2'nin birleşiminden elde edilen değerlendirmeler ile seviye 1'in birleştirilmesi için denklem 3.33'den yararlanılmıştır. Ardından seviye 3 ve 2 ile 1'in birleşiminden elde edilen değerlendirmeler ile seviye 0'ın birleştirilmesi için denklem 3.34 kullanılmıştır. Buna göre hiyerarşiden gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri Çizelge 3.33'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.33 : Hiyerarşiden gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
Z_{11}^{13}	0.067	0.483	0.450	0	0	0	0
Z_{11}^{23}	0	0	0	0.333	0	0	0.667
Z_{11}^{33}	0	0	0.333	0	0.200	0.133	0.333
Z_{12}^{13}	0.004	0.044	0	0.206	0	0	0.746
Z_{12}^{23}	0	0	0.302	0.254	0.032	0.032	0.381
Z_{12}^{33}	0	0.365	0.278	0.032	0.016	0	0.309
Z_{2}^{13}	0.118	0.372	0.083	0.073	0.015	0.005	0.333
Z_{2}^{23}	0	0.021	0.126	0.021	0.063	0.083	0.687
Z_{2}^{33}	0.136	0.447	0.007	0.076	0.083	0	0.250
Z_{2}^{43}	0.061	0.525	0.121	0	0	0	0.293
Z_{311}^{13}	0	0	0	0	0	0	1

Çizelge 3.33 (devam) : Hiyerarşiden gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
Z_{311}^{23}	0.167	0.600	0.233	0	0	0	0
Z_{311}^{33}	0	0	0.333	0.233	0.100	0	0.333
Z_{312}^{13}	0	0.378	0.067	0	0	0	0.500
Z_{312}^{23}	0.048	0.369	0.417	0.067	0.100	0	0
Z_{312}^{33}	0.179	0.321	0	0	0	0	0.500
Z_{32}^{13}	0	0.400	0.111	0	0	0	0.489
Z_{32}^{23}	0	0.391	0.098	0	0	0	0.511

e) Uzmanlardan oluşan BT biriminin değerlendirmelerinin birleştirilmesi

BT biriminin değerlendirmelerinin birleştirilmesi süreci hiyerarşideki her birimin kendi içinde değerlendirmelerinin birleştirilmesi süreci ile benzerdir. Burada da BT birimi için alternatif değerlendirmeleri ile kriter ağırlıklarının birleştirilmesi için s_3 seviyesinde denklem 3.35'ten yararlanılmıştır. Ardından uzman bazında değerlendirmelerin birleştirilmesi için denklem 3.36 kullanılarak uzman bazında ortalama alınmıştır. Çizelge 3.34'te uzmanlardan gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri verilmiştir.

Çizelge 3.34 : Uzmanlardan gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
V_{11}^{13}	0.591	0.409	0	0	0	0	0
V_{11}^{23}	0	0.667	0.333	0	0	0	0
V_{11}^{33}	0.571	0.429	0	0	0	0	0
V_{12}^{13}	0.419	0.581	0	0	0	0	0
V_{12}^{23}	0.629	0.371	0	0	0	0	0

Çizelge 3.34 (devam) : Uzmanlardan gelen birleştirilmiş proje değerlendirmeleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
V_{12}^{33}	0	0	0.600	0.400	0	0	0
V_{2}^{13}	0	0	0.429	0.571	0	0	0
V_{2}^{23}	0	0	0	0	0	0	1
V_{2}^{33}	0	0.364	0.636	0	0	0	0
V_{2}^{43}	0.596	0.404	0	0	0	0	0
V_{311}^{13}	0.379	0.621	0	0	0	0	0
V_{311}^{23}	0.538	0.462	0	0	0	0	0
V_{311}^{33}	0.486	0.514	0	0	0	0	0
V_{312}^{13}	0.586	0.414	0	0	0	0	0
V_{312}^{23}	0	0	1	0	0	0	0
V_{312}^{33}	0	0.286	0.714	0	0	0	0
V_{32}^{13}	0.379	0.621	0	0	0	0	0
V_{32}^{23}	0.561	0.439	0	0	0	0	0

f) Hiyerarşideki KV ve BT birimindeki uzmanlardan gelen değerlendirmelerinin birleştirilmesi

Bu adımda KV ve uzman görüşlerini birleştirerek alternatiflerin sıralanması için ortak bir sonuca varmak amacıyla s_3 seviyesinde KV ile uzman görüşleri denklem 3.37 ile birleştirilmiştir. Çizelge 3.35 projelerin s_3 seviyesinde birleştirilmiş değerlerini vermektedir.

Çizelge 3.35 : Projelerin s_3 seviyesinde birleştirilmiş değerleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
P_{11}^{13}	0.183	0.467	0.350	0	0	0	0
P_{11}^{23}	0	0.148	0.074	0.259	0	0	0.519
P_{11}^{33}	0.127	0.095	0.259	0	0.156	0.104	0.259
P_{12}^{13}	0.096	0.163	0	0.160	0	0	0.581
P_{12}^{23}	0.139	0.082	0.235	0.198	0.025	0.025	0.296
P_{12}^{33}	0	0.284	0.349	0.113	0.012	0	0.241
P_{2}^{13}	0.092	0.289	0.160	0.184	0.012	0.004	0.259
P_{2}^{23}	0	0.016	0.098	0.016	0.049	0.065	0.756
P_{2}^{33}	0.106	0.429	0.147	0.059	0.065	0	0.195
P_{2}^{43}	0.179	0.498	0.094	0	0	0	0.228
P_{311}^{13}	0.084	0.138	0	0	0	0	0.778
P_{311}^{23}	0.249	0.569	0.182	0	0	0	0
P_{311}^{33}	0.108	0.114	0.259	0.182	0.078	0	0.259
P_{312}^{13}	0.130	0.386	0.052	0	0	0	0.389
P_{312}^{23}	0.037	0.287	0.546	0.052	0.078	0	0
P_{312}^{33}	0.139	0.314	0.158	0	0	0	0.389
P_{32}^{13}	0.084	0.449	0.086	0	0	0	0.381
P_{32}^{23}	0.124	0.402	0.076	0	0	0	0.398

3.4.5.3 Yorumlama Aşaması

Adım 5: Sonuçların yorumlanması

Projelerin her s_r seviyesinde $r \in 0, \ldots, 6$ değerleri birleştirilmiş puan yaklaşımı kullanılarak yorumlanmıştır.

a) Birleştirilmiş puan yaklaşımı

Denklem 3.38 yardımıyla projelerin her s_r seviyesindeki $r \in 0, \ldots, 6$ kanı dereceleri birleştirilmiştir. Projelerin birleştirilmiş değerleri ve sıralamaları Çizelge 3.36'da verilmiştir.

Çizelge 3.36 : Projelerin her $\boldsymbol{s_r}$ seviyesindeki $\boldsymbol{r \in 0, \ldots, 6}$ birleştirilmiş değerleri ve sıralamaları.

	s_0	Sır.	s_1	Sır.	s_2	Sır.	s_3	Sır.	s_4	Sır.	s_5	Sır.	s_6	Sır.
A_{11}^1	1.177	17	1.177	17	1.091	17	1.167	17	1.383	17	1.383	17	1.383	17
A_{11}^2	4.022	3	4.022	3	3.900	3	4.187	3	5.000	4	5.000	3	5.000	3
A_{11}^3	3.120	7	3.120	7	3.022	7	3.312	5	4.133	5	4.133	5	4.133	5
A_{12}^1	3.565	4	3.565	4	3.463	4	4.128	4	5.319	2	5.000	3	5.000	3
A_{12}^2	3.212	5	3.212	5	3.091	5	3.146	6	3.746	7	3.667	7	3.667	7
A_{12}^3	2.939	8	2.939	8	2.896	8	2.816	12	2.975	12	3.667	7	3.667	7
A_2^1	2.749	12	2.749	12	2.805	10	2.783	13	2.796	13	2.796	13	2.796	13
A_2^2	5.217	1	5.217	1	5.460	1	5.316	1	5.039	3	5.039	2	5.039	2
A_2^3	2.344	14	2.344	14	2.250	14	2.327	14	2.531	15	2.531	15	2.531	15
A_2^4	1.953	15	1.953	15	1.692	16	2.056	15	2.746	14	2.746	14	2.746	14
A_{311}^1	4.410	2	4.410	2	4.387	2	4.807	2	6.000	1	6.000	1	6.000	1
A_{311}^2	0.972	18	0.972	18	0.885	18	0.932	18	1.067	18	1.067	18	1.067	18
A_{311}^3	2.903	10	2.903	10	2.791	11	3.045	7	3.767	6	3.767	6	3.767	6

Çizelge 3.36 (devam) : Projelerin her s_r seviyesindeki $r \in 0, \ldots, 6$ birleştirilmiş değerleri ve sıralamaları.

	s_0	Sır.	s_1	Sır.	s_2	Sır.	s_3	Sır.	s_4	Sır.	s_5	Sır.	s_6	Sır.
A_{312}^1	2.696	13	2.696	13	2.582	12	2.824	11	3.511	10	3.511	11	3.511	11
A_{312}^2	1.920	16	1.920	16	1.862	15	1.846	16	1.802	16	1.802	16	1.802	16
A_{312}^3	2.934	9	2.934	9	2.839	9	2.965	8	3.321	11	3.321	12	3.321	12
A_{32}^1	2.786	11	2.786	11	2.521	13	2.905	10	3.600	8	3.600	9	3.600	9
A_{32}^2	3.135	6	3.135	6	3.079	6	2.940	9	3.600	8	3.600	9	3.600	9

Çizelge 3.36'da görüldüğü üzere HGKV problemi için önerilen ABKD yaklaşımı ile problem sahibinin tatmin seviyesine bağlı olarak daha kapsamlı ve zengin sonuçlar sunulmaktadır. Buna göre problem sahibinin tatmin seviyesi s_0, s_1, s_2 ve s_3 olduğu durumlarda en yüksek puanlı alternatifin A_2^2 olduğu, s_4, s_5 ve s_6 olduğu durumlarda ise A_{311}^1 olduğu görülmüştür. Bu durum çok düşük, düşük ve biraz düşük tatmin seviyelerinde, bu önem seviyelerindeki kriterlerinde dikkate alınması durumundan kaynaklanmaktadır. Diğer bir deyişle, A_2^2 alternatifi çok düşük, düşük ve biraz düşük önem seviyelerindeki kriterlere göre değerlendirmeden daha yüksek puan almıştır. A_{311}^1 alternatifi ise biraz yüksek, yüksek ve çok yüksek önem seviyelerindeki kriterlere göre değerlendirmeden daha yüksek puana sahip olmuştur. Buna göre problem sahibinin tatmin seviyesinin projelerin sıralamasını değiştirmesinin yanı sıra farklı tatmin seviyelerindeki sıralamalar ve puanlamalar incelendiğinde büyük ve önemli farklılıklar elde edilmediği görülmüştür. Problem sahibinin tatmin seviyesini dikkate alarak interaktif bir çözüm yaklaşımı sunan ABKD yaklaşımı ile elde edilen çıktıların tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

3.4.6 Sonuçlar

Doğru projeleri seçmek organizasyonların hedeflerine ulaşmasını ve kaynakları en iyi şekilde kullanmasını sağlayan önemli bir süreçtir. Bu çalışmada PPS problemi, HGKV problemi olarak tasarlanmıştır. Önerilen projeler arasından en uygun portföyü oluşturmak için ABKD çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Hiyerarşik bir yapıda bulunan çok

sayıda KV ve/veya uzman organizasyona ait kısıtları dikkate alarak kendi alternatiflerini değerlendirmektedirler. KV ve uzman ağırlıkları, kriter ağırlıkları ve alternatif değerlendirmeleri KD ile ifade edilmesi sebebiyle, iki KD'nin birleştirilmesine imkan sağlayan ABKD operatörü önerilmiştir. Projelere ait değerlendirmeler birleştirilirken problem sahibinin tatmin seviyesi dikkate alınmaktadır. ABKD yaklaşımının kullanılması sonuçların daha kapsamlı ve detaylı bir şekilde sunulmasına imkan sağlamaktadır.

Tez çalışmasının bu kısmında önerilen yaklaşım ile organizasyonlar için PPSÇ süreçlerinde faydalanabilecekleri bir yapı oluşturulmuştur. Fakat tez çalışmasının bu kısmı yalnızca alternatif projelerin sıralanmasını ve puanlanmasını sağlamaktadır. Bir sonraki bölümde, bu çalışmanın devamı niteliğinde organizasyonlar için entegre bir PPSÇ modeli geliştirilmiştir. Projeler arası bağımlılık ilişkileri ve organizasyona ait diğer tüm kısıtların ele alınarak bu çalışmanın çıktıları olan projelerin birleştirilmiş değerlerinin girdi olarak alındığı entegre ve kapsamlı bir matematiksel model oluşturulmuştur.

4. PROJE PORTFÖY SEÇİMİ VE ÇİZELGELEME MODELİ

Tez çalışması kapsamında PPSÇ probleminin aşamalara ayrılarak sürecin baştan sona tasarlanması amaçlanmıştır. Literatür incelendiğinde çoğunlukla PPS problemi ile çizelgeleme problemlerinin ayrı ayrı ele alındığı görülmüş, tüm sürecin bir arada ele alındığı entegre bir yapıya ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Tez çalışmasının önceki bölümlerinde önerilen çözüm yaklaşımları alternatif projelerin sıralanmasını ve puanlanmasını sağlamaktadır. Bu bölümde ise, projeler arası bağımlılık ilişkileri ve organizasyona ait diğer tüm kısıtların ele alındığı önceki çalışmanın çıktıları olan projelerin birleştirilmiş değerlerinin girdi olarak alındığı PPSÇ için kapsamlı bir ÇAP modeli geliştirilmiştir. Kurulan matematiksel programlama modeli ile çok sayıda proje içerisinden firmaya ait çeşitli kısıtlar altında en uygun portföyün seçimi ile eşzamanlı olarak seçilen projelerin belirli bir zaman dilimi içerisinde tamamlanması için en uygun çizelgenin oluşturulması sağlanmıştır. PPSÇ problemi için geliştirilmiş olan ÇAP modeli Bölüm 4.1'de verilmiştir.

Geliştirilen modelin özgün yanı literatürde çoğunlukla parametre olarak ele alınan, bir projenin bir zaman dilimindeki ilerleme yüzdesinin, karar değişkeni olarak tanımlanmış olmasıdır. İş geliştirme projeleri için projelerin gelişiminin izlenmesi, projelerin başarısını ölçmede önem taşımaktadır. Bu nedenle, sıklıkla iş geliştirme projeleri üzerinde çalışan iş analistleri yöneticilerine proje gelişim raporu sunmaktadırlar. Seçilen projelere kaynakların, bütçe ve işgücünün verimli bir şekilde aktarılması ile projelerin başlangıç ve bitiş zamanlarının planlanması açısından bir projenin bir zaman dilimindeki ilerleme yüzdesinin bilinmesi fayda sağlamaktadır.

PPSÇ problemi için geliştirilmiş olan ÇAP modelinin çözümü aşamasında 2 ayrı durum ele alınmıştır. Geliştirilen ÇAP modelinin amaç fonksiyonlarından biri projelerin HGKV probleminin ABKD yaklaşımı ile çözümünden elde edilen projelerin fayda puanlarının en büyüklenmesidir. HGKV probleminin ABKD yaklaşımı ile çözümünden elde edilen projelerin fayda puanları farklı tatmin seviyelerine dağılım şeklinde elde edilmiştir.

Burada amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanılan fayda puanları farklı tatmin seviyelerine ($s_r,\ r\epsilon\ 0,1,\dots,6$) göre değişiklik göstermektedir. İlk durumda model farklı tatmin seviyelerine göre amaç fonksiyonu ağırlıkları değiştirilerek Pareto optimal kümeyi elde etmeye imkan sağlayan ÇAP çözüm yöntemlerinden ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile çözülmüş ve her tatmin seviyesine göre farklı bir optimum çözüm elde edilmiştir. İlk durumda anlatılan çözüm yaklaşımı Bölüm 4.2'de verilmiştir. İkinci durumda ise, HGKV'den farklı tatmin seviyelerine göre elde edilmiş olan ve kanı dereceleri ile ifade edilen fayda puanlarının ÇAP modeline entegre edilmesi için yeni ve özgün bir interaktif çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu sayede her tatmin seviyesi için farklı bir çözüm elde etmek yerine kanı dereceleri ile ifade edilen farklı tatmin seviyelerindeki fayda puanlarının modele entegre edilmesi ile optimum çözümün elde edilmesi amaçlanmıştır. Bildiğimiz kadarıyla, literatürde daha önce farklı tatmin seviyelerindeki kanı derecelerinin birleştirilerek amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanıldığı bir başka çalışma bulunmamaktadır. İkinci durumda anlatılan interaktif çözüm yaklaşımı ise Bölüm 4.3'te verilmiştir. Geliştirilmiş olan interaktif çözüm yaklaşımının 2 ayrı uygulaması yapılmıştır. İlk olarak Bölüm 3.4'te tanıtılmış olan 4 seviyeli hiyerarşi ve 18 alternatif projeye sahip firma ele alınmıştır. İkinci olarak ise geliştirilen interaktif çözüm yaklaşımının yüksek sayıda alternatif proje olduğu durumdaki etkinliğinin gösterilmesi amacıyla 100 alternatif projeye sahip bir organizasyon için uygulaması yapılmıştır. İnteraktif çözüm yaklaşımı çeşitli senaryolar ile test edilmiş ve duyarlılık analizi yapılmıştır.

4.1 Geliştirilen Proje Portföy Seçimi ve Çizelgeleme Modeli

Literatürde yer alan PPSÇ problemlerinde, karar değişkenlerinin genellikle bir projenin seçilip seçilmemesi, bir projenin eğer seçildiyse başlama veya bitiş zamanı ve/veya eldeki kaynak miktarı olarak belirlenmiş olduğu görülmüştür (örn. Sefair ve Medaglia, 2005; Chen ve Askin, 2009; Carazo ve diğ, 2010; Tofighian ve Naderi, 2015; Amirian ve Sahraeian, 2017; Shariatmadari ve diğ, 2017; Amirian ve Sahraeian, 2018; Kumar ve diğ, 2018). Yapılan literatür taramasında, PPSÇ problemleri için bir projenin bir zaman dilimindeki ilerleme yüzdesinin parametre olarak ele alındığı (örn. Amirian ve Sahraeian, 2017) görülmüştür. Bu çalışma kapsamında geliştirilen PPSÇ modelinin,

literatürdeki PPSÇ modellerinden en temel farkı bir projenin bir zaman dilimindeki ilerleme yüzdesinin karar değişkeni olarak tanımlanmasıdır. Çalışma kapsamında ele alınan iş geliştirme projelerinde kullanılan en önemli kaynak iş analisti ve yazılım geliştirici gibi belirli konuda uzman çalışanlardır. Seçilen projelerin uygulanması sırasında çalışanlar belirli zaman dilimlerinde bağlı bulundukları yöneticilerine üzerinde çalıştıkları projeler üzerindeki ilerleme yüzdelerini rapor etmektedirler. Projenin belirli bir zamanda ilerleme yüzdesi planlandığında kaynakların o yüzdeye göre dağıtılması mümkün olacağından kaynak planlamanın daha verimli yapılabileceği öngörülmektedir. Model çözüldüğünde, bir projenin başlangıç ve bitiş zamanı ile birlikte belirli bir zaman diliminde ne kadarının tamamlanmış/tamamlanmamış olduğunu görmek firma için projenin durumu hakkında daha kapsamlı bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle karar değişkeni olarak projelerin ilerleme yüzdelerinin ele alınmasının proje takibinde önemli bir yeri olduğu düşünülmektedir.

Araştırılan kadarıyla, literatürde proje ilerleme yüzdesini karar değişkeni olarak almış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yüzden tez çalışmasının PPSÇ ayağının en önemli katkısı ve özgünlüğü proje ilerleme yüzdelerine karar verilebilecek olmasıdır.

Bunun yanında geliştirilen matematiksel modelin sahip olduğu özellikler aşağıdadır:

- Tez çalışmasının ilk aşamasında HGKV yaklaşımından elde edilen fayda puanlarına göre projeler seçilebilir,
- Hem farklı tatmin seviyelerine (s_r) göre seçim yapılabilir, hem de kanı dereceleri ile ifade edilen farklı tatmin seviyelerindeki fayda puanlarının modele entegre edilmesi ile seçim yapılabilir,
- Seçilen projelerin planlama periyodundaki çizelgelemesi yapılabilir,
- İnsan kaynaklarının planlama periyodundaki artma ve azalmaları ile fazla mesaileri planlanabilir,
- Kaynak kapasiteleri ile proje bitirme yüzdeleri arasındaki ilişki kurulmuştur,
- Proje teslim zamanı dikkate alınmaktadır. Teslim zamanında sonra projelerin bitirilmesine belirli bir maliyet karşılığında izin verilmektedir,
- Kaynak maliyeti, kaynak arttırma ve azaltma, fazla mesai ve proje geç bitiş maliyetlerinin en küçüklenmesi ikincil bir amaç olarak belirlenmiştir,

- Projelerin tamamlayıcı (complementary) ve ayrık (mutual exclusive) olma durumları dikkate alınmaktadır,
- Hiyerarşiye göre belirlenmiş proje kümeleri ile ilgili kısıtlar dikkate alınmaktadır.

Verilen özellikleri sağlayacak şekilde geliştirilmiş olan PPSÇ modeli aşağıda verilmiştir:

Küme ve İndisler:

i: Proje indisi, $i \in \{1, \dots, M\}$

s: Kaynak indisi, $s \in \{1, \dots, S\}$

t: Zaman periyodu indisi, $t \in \{1, \dots, T\}$

r: Tatmin seviyesi indisi, $r \in \{0, \dots, R\}$

$N_{[j,k,l]}$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ait proje kümesi

G_i: Proje i'nin tamamlayıcısı olan projeler kümesi

N_i: Proje i ile ayrışık olan projeler kümesi

n: Amaç fonksiyonu indisi, $n \in \{1,2\}$

Karar Değişkenleri:

Sürekli değişkenler:

W_{it} : i projesinin t zaman diliminde ilerleme yüzdesi

O_{st} : s kaynağının t zamanında fazla mesai miktarı (adam/saat)

λ: amaç fonksiyonunu ifade eden değişken

0-1 degişkenler:

$$X_i = \begin{cases} 1, \text{eğer proje i seçilirse,} \\ 0, \text{ seçilmezse} \end{cases}$$

$$K_{it_0} = \begin{cases} 1, \text{eğer proje i}, t_0 \text{ zamanında biterse,} \\ 0, \text{ bitmezse} \end{cases}$$

Tamsayı değişkenler:

L_{st} : s kaynağının t zamanında arttırma miktarı (kişi)

D_{st} : s kaynağının t zamanında azaltma miktarı (kişi)

F_i: i projesinin geç bitiş zamanı

p_{st} : t periyodu başlangıcında elde bulunan s kaynağı miktarı (kişi)

Parametreler:

H_i^r: i projesinin s_r seviyesindeki fayda puanı (HGKV'den elde edilir.)

a_i : i projesinin teslim tarihi

$e_{[j,k,l]}$: Üst birim j, birim k, alt birim l için yapılacak minimum proje sayısı

$b_{[j,k,l]}^L$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan minimum bütçe

$b_{[j,k,l]}^U$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan maksimum bütçe

γ_{is} : Proje i için gerekli s kaynağı miktarı

c_i: i projesinin bütçesi

c_s^L: s kaynağını birim arttırma maliyeti

c_s^D: s kaynağını birim azaltma maliyeti

c_s^O: s kaynağını birim fazla mesai maliyeti

c_s^M: s kaynağı başına aylık maaş

z_i: i projesinin T döneminde tamamlanması gerekli olan yüzdesi

δ_s: t zamanında 1 projeye ayrılabilecek maksimum kaynak s yüzdesi

es_i: Proje i için en erken başlama zamanı

c_i^F: i projesinin birim geç bitiş maliyeti

α_t: Bir çalışan için t ayındaki çalışma miktarı (saat)

β_t: Bir çalışan için t ayındaki fazla mesai üst sınırı (saat)

$\overline{L_{st}}$: s kaynağının t zamanında maksimum arttırma miktarı (kişi)

$\overline{D_{st}}$: s kaynağının t zamanında maksimum azaltma miktarı (kişi)

wor_s: Başlangıçta elde bulunan s kaynağı miktarı (kişi)

wo_n: n. amaç fonksiyonunun ağırlığı

Amaç Fonksiyonları:

$$\text{Max } z_1^r: \sum_{i=1}^{M} H_i^r X_i \quad (4.1)$$

$$\text{Min } z_2^r: \sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{s=1}^{S} c_s^L L_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^D D_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^O O_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^M p_{st}\right] + \sum_{i=1}^{M} c_i^F F_i \quad (4.2)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^{M} W_{it}\,\gamma_{is} \le \alpha_t\, p_{st} + O_{st} \qquad \forall s,t \quad (4.3)$$

$$O_{st} \le p_{st}\,\beta_t \qquad \forall s,t \quad (4.4)$$

$$p_{st} = p_{s,t-1} + L_{st} - D_{st} \qquad \forall s, t > 1 \quad (4.5)$$

$$p_{st} = wor_s + L_{st} - D_{st} \qquad \forall s, t = 1 \quad (4.6)$$

$$W_{it}\,\gamma_{is} \le \delta_s[\alpha_t\, p_{st} + O_{st}] \qquad \forall i,s,t \quad (4.7)$$

$$\sum_{t=es_i}^{T} W_{it} = X_i z_i \qquad \forall i \quad (4.8)$$

$$\sum_{t_0=t}^{T} K_{it_0} \ge \sum_{t_0=t}^{T} W_{it_0} \qquad \forall i, t \ge es_i \quad (4.9)$$

$$\sum_{t=1}^{T} K_{it}\, t - a_i X_i \le F_i \qquad \forall i \quad (4.10)$$

$$F_i \ge 0 \qquad \forall i \quad (4.11)$$

$$\sum_{i \in N_{[j,k,l]}} X_i \ge e_{[j,k,l]} \qquad \forall j,k,l \quad (4.12)$$

$$b_{[j,k,l]}^L \le \sum_{i \in N_{[j,k,l]}} c_i X_i \le b_{[j,k,l]}^U \qquad \forall j,k,l \quad (4.13)$$

$$0 \le L_{st} \le \overline{L_{st}} \qquad \forall s,t \quad (4.14)$$

$$0 \le D_{st} \le \overline{D_{st}} \qquad \forall s,t \quad (4.15)$$

$$X_i \leq X_g \qquad g \in G_i \qquad (4.16)$$

$$X_i + X_n \leq 1 \qquad n \in N_i \qquad (4.17)$$

$$0 \leq \sum_{t=1}^{T} W_{it} \leq 1 \qquad \forall i \qquad (4.18)$$

$$\sum_{t=es_i}^{T} K_{it} = X_i \qquad \forall i \qquad (4.19)$$

Tezin önceki aşamalarında önerilen HGKV modelinin ABKD yaklaşımıyla çözülmesi ile projelerin fayda puanları dilsel terim seviyelerine (s_r tatmin seviyeleri) dağılım olarak elde edilmiştir. Denklem 4.1 ile ifade edilen 1. Amaç fonksiyonu, s_r tatmin seviyelerine dağılım olarak elde edilmiş olan seçilmiş projelerin fayda puanlarının enbüyüklenmesini hedeflemektedir. Denklem 4.2 ile ifade edilen 2. amaç fonksiyonu ile kaynak arttırma, kaynak azaltma, fazla mesai, kaynak maliyeti ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetlerinin en küçüklenmesi belirtilmektedir. Denklem 4.3 ve 4.4, her t zaman periyodu için s tipi kaynak kısıtını belirtmektedir. Buna göre, i projesinin t zaman diliminde ilerleme yüzdesi, t zaman diliminde kullanılabilecek kaynak miktarı ile ilişkilendirilmiştir. Denklem 4.5 ve 4.6 ile her t periyodu başlangıcında elde bulunan s kaynağı miktarı belirtilmektedir. Her t periyodu başlangıcında elde bulunan s kaynağı miktarı, bir önceki zaman periyodunda elde bulunan s kaynağı miktarı ile s kaynağını t zamanında arttırma ve azaltma miktarına bağlıdır. Denklem 4.7, her t zamanında 1 projeye ayrılabilecek maksimum s tipi kaynak miktarı kısıtını göstermektedir. Denklem 4.8, eğer i projesi seçilirse i projesinin T dönemi içerisinde tamamlanması gerekli olan miktarının karşılandığını sağlayan kısıttır. Denklem 4.9, i projesinin bitiş zamanını göstermektedir. i projesinin bitiş zamanı, i projesinin t zaman diliminde ilerleme yüzdesi ile ilişkilidir. Denklem 4.10 ve 4.11, i projesinin teslim tarihine göre ne kadar geç bittiğini belirtmektedir. Denklem 4.12, her proje kümesi için yapılacak minimum proje sayısını belirtmektedir. Denklem 4.13 her birimden seçilen projeler için minimum ve maksimum bütçe kısıtıdır. Denklem 4.14 ve 4.15 ile t zaman periyodunda, her kaynak tipi s için arttırma ve azaltma alt ve üst sınırları verilmiştir. Denklem 4.16 ile tamamlayıcı proje kısıtı, denklem 4.17 ile ayrışık proje kısıtı verilmiştir. Eğer bir proje seçildiğinde başka bir proje de seçilmeliyse tamamlayıcı, eğer bir proje kümesinden

yalnızca bir proje seçilen portföyde yer alabiliyorsa ayrışık olarak tanımlanmıştır. Denklem 4.18, i projesinin T zaman periyodundaki ilerleme yüzdesinin 0 ile 1 arasında olması gerektiğini belirten kısıttır. Son olarak denklem 4.19, seçilen projelerin T zaman periyodu içerisinde tamamlanacağını gösteren kısıttır. Yıllık planlama yapıldığı varsayılarak, t zaman periyodu aylık ve T:12 olarak belirlenmiştir.

4.2 Durum-1: Modelin Ağırlıklı Minimum-Maksimum Yöntemi ile Çözümü

Gerçek hayat optimizasyon problemlerinde çoğunlukla KVler birden fazla amaç fonksiyonunu eniyilemeye ihtiyaç duyar. Bu problemlere ÇAP problemleri denir. Ehrgott ve Wiecek (2005) ÇAP'ı, olurlu karar kümesi üzerinden birden fazla ve birbiriyle çelişen amaç fonksiyonlarının eniyilenmesi ile tanımlanan karar problemleriyle ilgilenen matematiksel programlamanın bir parçası olarak tanımlamıştır. Aşağıda bir ÇAP probleminin matematiksel olarak formülasyonu verilmiştir:

$$\min \quad (f_1(x), \dots, f_k(x))$$

$$\text{Öyle ki;} \quad a_i(x) = 0, \qquad i = 1, \dots, m$$

$$b_j(x) \leq 0, \qquad i = 1, \dots, n \tag{4.20}$$

Burada k amaç fonksiyonu sayısı, m eşitlik kısıtlarının ve n eşitsizlik kısıtlarının sayısını belirtmektedir.

Tek amaca sahip problemler ile karşılaştırıldığında ÇAP problemlerinin çözümü, birbiriyle çelişen birden fazla amaç fonksiyonunun eniyilenmesi durumu ve bir amaç fonksiyonunun enküçüklenmesi gerekli iken diğerinin enbüyüklenmesi durumundan ötürü daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Amaç fonksiyonları ve kısıtların birbirleriyle çeliştiği bu problemlerde birden fazla çözüm alternatifleri ortaya çıkmaktadır.

Tanım-1: Pareto – optimumu (Pareto, 1906)

Olurlu çözüm uzayında bulunan bir x^* noktası eğer $f(x) \leq f(x^*)$ şartını sağlayan bir başka nokta yoksa pareto optimaldir. Buna göre eğer diğer amaç fonksiyonlarını değiştirmeden en az bir amaç fonksiyonunu iyileştiren bir başka x noktası yoksa x^* pareto optimal nokta olarak adlandırılır.

Tanım-2: Amaç fonksiyonlarının normalize edilmesi (Arora, 2012)

ÇAP modellerinde amaç fonksiyonları çoğunlukla farklı birimlere ve farklı büyüklüklere sahiptir. Bu durumda karşılaştırma yapmak ve karar vermek güçtür. Birimleri aynı olmayan amaç fonksiyonlarını doğrudan kullanarak sağlıklı sonuçlar elde edilemez. Normalizasyon amaç fonksiyonlarının mevcut olan değerlerini birimi olmayan değerlere dönüştürmemize olanak sağlar. Amaç fonksiyonlarının normalizasyonu için aşağıdaki denklem kullanılabilir:

$$f_n^{norm} = \frac{f_n(x) - f_n^*}{f_n^{max} - f_n^*} \qquad n \in \{1, \dots, N\} \tag{4.21}$$

Burada $f_n(x)$, n. amaç fonksiyonunu, f_n^* ise n. amaç fonksiyonunun ideal çözümünü ifade eder. $N = 2$ olduğu durumda f_n^{max} bir amaç fonksiyonunu ideal değeri ile sınırlandırarak n. amaç fonksiyonu için modeli çözdüğümüzde elde ettiğimiz değeri ifade etmektedir. Çizelge 4.1'de $N > 2$ olduğu durumda f_n^* ve f_n^{max} değerlerini göstermektedir. Örneğin, f_1^{max} değerini elde etmek için diğer amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı ideal değeri ile sınırladığımız birer kısıt ekleyerek 1. amaç fonksiyonu için modeli ayrı ayrı çözdüğümüz durumda elde ettiğimiz değerler arasından maksimum değeri ifade eder. Bu durum f_1^{max} değeri için aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

Min $\boldsymbol{f_1(x)}$ *öyle ki* $\boldsymbol{f_2(x) \le f_2^*}$ $\boldsymbol{x \in X}$ $\longrightarrow$ $\boldsymbol{f_{21}^{max}}$

Min $\boldsymbol{f_1(x)}$ *öyle ki* $\boldsymbol{f_3(x) \le f_3^*}$ $\boldsymbol{x \in X}$ $\longrightarrow$ $\boldsymbol{f_{31}^{max}}$

…

Min $\boldsymbol{f_1(x)}$ *öyle ki* $\boldsymbol{f_N(x) \le f_N^*}$ $\boldsymbol{x \in X}$ $\longrightarrow$ $\boldsymbol{f_{N1}^{max}}$

$$f_1^{max} = max\{f_{n1}^{max} : n \in \{2, \dots, N\}\} \tag{4.22}$$

Çizelge 4.1 : Amaç fonksiyonu normalizasyonu için $\boldsymbol{f_n^*}$ ve $\boldsymbol{f_n^{max}}$ değerleri.

	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$f_4(x)$	…	$f_N(x)$
$f_1(x)$	f_1^*	f_{12}^{max}	f_{13}^{max}	f_{14}^{max}	…	f_{1N}^{max}
$f_2(x)$	f_{21}^{max}	f_2^*	f_{23}^{max}	f_{24}^{max}	…	f_{2N}^{max}

Çizelge 4.1 (devam) : Amaç fonksiyonu normalizasyonu için f_n^* ve f_n^{max} değerleri.

	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$f_4(x)$	...	$f_N(x)$
$f_3(x)$	f_{31}^{max}	f_{32}^{max}	f_3^*	f_{34}^{max}	...	f_{3N}^{max}
$f_4(x)$	f_{41}^{max}	f_{42}^{max}	f_{43}^{max}	f_4^*	...	f_{4N}^{max}
...	...	...	...	...	...	...
$f_N(x)$	f_{N1}^{max}	f_{N2}^{max}	f_{N3}^{max}	f_{N4}^{max}	...	f_N^*

PPSÇ problemi için önerilen ÇAP modelinin çözümü için ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi kullanılmıştır. Ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile amaç fonksiyonu ağırlıkları değiştirilerek Pareto optimal küme elde edilebilmektedir (Arora, 2012). Ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile problem aşağıdaki gibi formüle edilmektedir:

Min λ

öyle ki ek kısıtlar

$$wo_n[f_n(x) - f_n^*] - \lambda \leq 0 \qquad n = 1,2 \tag{4.23}$$

Burada wo_n, n. amaç fonksiyonunun ağırlığını, $f_n(x)$, n. amaç fonksiyonunu ve f_n^* ise n. amaç fonksiyonunun ideal çözümünü ifade etmektedir. Buna göre, ağırlıklı minimum-maksimum yöntemine uygun şekilde geliştirilen ÇAP modelinin amaç fonksiyonları düzenlenmiş ve yeni kısıtlar eklenerek aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

Amaç Fonksiyonu:

Min λ (4.24)

Kısıtlar:

Denklem (4.3 – 4.19) ile tanımlanan kısıtlar ve

$$f_1^r(x) = -\sum_{i=1}^{M} H_i^r X_i \tag{4.25}$$

$$f_2^r(x) = \sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{s=1}^{S} c_s^L L_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^D D_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^O O_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^M p_{st}\right] + \sum_{i=1}^{M} c_i^F F_i \quad (4.26)$$

$$wo_n\left[\frac{f_n^r(x)-f_n^{r*}}{f_n^{max,r}-f_n^{r*}}\right] - \lambda \leq 0 \qquad \forall n \quad (4.27)$$

Denklem 4.24, amaç fonksiyonunu ifade etmektedir. Burada amaç, ideal çözüm ile olurlu çözüm arasındaki farkı enküçükleyecek tek bir amaç fonksiyonu elde etmektir. Denklem 4.25 ile HGKV modelinden elde edilen projelerin fayda puanları katsayı olarak kullanılmıştır. Denklem 4.26, kaynak arttırma, kaynak azaltma, fazla mesai ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetlerini belirtmektedir. Denklem 4.27, ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile çözüm için modele katılan ek kısıtları ifade etmektedir. Bu ek kısıtlar eklenirken ağırlıklı minimum-maksimum yöntemine göre değişiklikler yapılmıştır. Modelde ele alınan amaç fonksiyonlarının boyutları birbirinden farklıdır. Dolayısıyla karşılaştırma yapılabilmesi için normalize edilmiştir. Amaç fonksiyonları normalize edilirken ideal çözümlerine olan uzaklıkları hesaba katılmaktadır. Ağırlıklı minimum-maksimum yönteminde amaç fonksiyonları normalize edildikten sonra normalize değerlerden tekrar ideal çözümleri çıkarmanın tutarlı bir sonuç vermemesi nedeniyle formülde normalize değerleri kullanmak uygun bulunmuştur.

Tez çalışmasının önceki aşamalarında HGKV probleminin ABKD yaklaşımı ile çözümünden elde edilen projelerin fayda puanları farklı tatmin seviyelerine dağılım şeklinde elde edilmiştir. Amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanılan fayda puanları farklı tatmin seviyelerine (s_r, $r\epsilon$ 0,1, …,6) göre değişiklik göstermektedir. Yukarıda verilmiş olan ÇAP modeli farklı tatmin seviyelerine göre amaç fonksiyonu ağırlıkları değiştirilerek Pareto-optimal kümeyi elde etmeye imkan sağlayan ÇAP çözüm yöntemlerinden ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile çözülmüştür. Bu yöntem her tatmin seviyesine s_r'ye göre ($r\epsilon$ 0,1, …,6) farklı bir optimum çözüm elde etmeye imkan tanımaktadır. Bu çalışmada verilen uygulamada örnek olması açısından problem sahibinin tatmin seviyesinin s_3 olduğu kabul edilmiştir.

Pareto-optimal çözüm kümesini elde etmek amacıyla amaç fonksiyonu ağırlıkları Çizelge 4.2'de verilen şekilde değiştirilmiş ve 11 ayrı çözüm ile Pareto-optimal çözüm kümesi elde edilmiştir:

Çizelge 4.2 : Amaç fonksiyonu ağırlıkları.

Çözüm-1	$wo_1 = 0, wo_2 = 1$
Çözüm-2	$wo_1 = 0.1, wo_2 = 0.9$
Çözüm-3	$wo_1 = 0.2, wo_2 = 0.8$
Çözüm-4	$wo_1 = 0.3, wo_2 = 0.7$
Çözüm-5	$wo_1 = 0.4, wo_2 = 0.6$
Çözüm-6	$wo_1 = 0.5, wo_2 = 0.5$
Çözüm-7	$wo_1 = 0.6, wo_2 = 0.4$
Çözüm-8	$wo_1 = 0.7, wo_2 = 0.3$
Çözüm-9	$wo_1 = 0.8, wo_2 = 0.2$
Çözüm-10	$wo_1 = 0.9, wo_2 = 0.1$
Çözüm-11	$wo_1 = 1, wo_2 = 0$

Uygulamada, Bölüm 3.4'te verilen dört seviyeli hiyerarşiye sahip organizasyon ele alınmıştır. Şekil 3.11, organizasyonun PPS sürecinin HGKV yapısını göstermektedir. Organizasyonda toplam 18 alternatif proje önerisi bulunmaktadır. Organizasyona ait küme, indis ve parametre değerleri aşağıda verilmiştir:

Küme ve İndisler:

i: Proje indisi $i \in \{1, \ldots, 18\}$

s: Kaynak indisi $s \in \{1, \ldots, 2\}$

t: Zaman periyodu indisi $t \in \{1, .., 12\}$

$N_{[j,k,l]}$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ait proje kümesi

$N_{[1,1]} \in \{1,2,3\}$, $N_{[1,2]} \in \{4,5,6\}$, $N_{[2]} \in \{7,8,9,10\}$, $N_{[3,1,1]} \in \{11,12,13\}$, $N_{[3,1,2]} \in \{14,15,16\}$, $N_{[3,2]} \in \{17,18\}$,

G_i: Proje i'nin tamamlayıcısı olan projeler kümesi

$G_1 \in \{2\}$, $G_7 \in \{9,10\}$, $G_{14} \in \{16\}$

N_i: Proje i ile ayrışık olan projeler kümesi

$N_2 \in \{4\}$, $N_{10} \in \{18\}$

Parametreler:

H_i^r: i projesinin s_r seviyesindeki fayda puanı Çizelge 4.3'te verilmiştir. (HGKV'den elde edilir.) Bu çalışmada problem sahibinin tatmin seviyesinin s_3 olduğu kabul edilmiş ve H_i^3 (i projesinin s_3 seviyesindeki fayda puanı) kullanılmıştır.

Çizelge 4.3 : i projesinin $\mathbf{s_r}$ seviyesindeki fayda puanı.

i	H_i^0	H_i^1	H_i^2	H_i^3	H_i^4	H_i^5	H_i^6
1	1.177	1.177	1.091	1.167	1.383	1.383	1.383
2	4.022	4.022	3.900	4.187	5.000	5.000	5.000
3	3.120	3.120	3.022	3.312	4.133	4.133	4.133
4	3.565	3.565	3.463	4.128	5.319	5.000	5.000
5	3.212	3.212	3.091	3.146	3.746	3.667	3.667
6	2.939	2.939	2.896	2.816	2.975	3.667	3.667
7	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
8	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
9	2.344	2.344	2.250	2.327	2.531	2.531	2.531
10	1.953	1.953	1.692	2.056	2.746	2.746	2.746
11	4.410	4.410	4.387	4.807	6.000	6.000	6.000
12	0.972	0.972	0.885	0.932	1.067	1.067	1.067

Çizelge 4.3 (devam) : i projesinin s_r seviyesindeki fayda puanı.

i	H_i^0	H_i^1	H_i^2	H_i^3	H_i^4	H_i^5	H_i^6
13	2.903	2.903	2.791	3.045	3.767	3.767	3.767
14	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
15	1.920	1.920	1.862	1.846	1.802	1.802	1.802
16	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
17	2.786	2.786	2.521	2.905	3.600	3.600	3.600
18	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600

$\boldsymbol{a_i}$: i projesinin teslim tarihi,

a_1 : 9, a_2 : 11, a_3 : 5, a_4 :8, a_5 :12, a_6 :12, a_7:7, a_8 : 6, a_9 :12, a_{10} :8, a_{11} : 9, a_{12} :12, a_{13} :10, a_{14} :7, a_{15} :6, a_{16} :8, a_{17} :8, a_{18} :10

$\boldsymbol{e_{[j,k,l]}}$: Üst birim j, birim k, alt birim l için yapılacak minimum proje sayısı

$e_{[1,1]}: 1$, $e_{[1,2]}: 1$, $e_{[2]}: 1$, $e_{[3,1,1]}: 1$, $e_{[3,1,2]}: 1, e_{[3,2]}: 1$

$\boldsymbol{b^L_{[j,k,l]}}$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan minimum bütçe

$b^L_{[1,1]}: 150$, $b^L_{[1,2]}: 230, b^L_{[2]}: 200, b^L_{[3,1,1]}: 130, b^L_{[3,1,2]}: 200, b^L_{[3,2]}: 140$

$\boldsymbol{b^U_{[j,k,l]}}$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan maksimum bütçe

$b^U_{[1,1]}: 450$, $b^U_{[1,2]}: 400, b^U_{[2]}: 500, b^U_{[3,1,1]}: 420, b^U_{[3,1,2]}: 540, b^U_{[3,2]}: 330$

$\boldsymbol{\gamma_{is}}$: proje i için gerekli s kaynağı miktarı Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Proje i için gerekli s kaynağı miktarı.

	1	**2**
1	1323.572	1309.354
2	4293.274	4317.006

Çizelge 4.4 (devam) : Proje i için gerekli s kaynağı miktarı.

	1	2
3	3440.093	3374.843
4	4298.318	4298.613
5	3334.866	3272.942
6	2940.383	2961.988
7	2804.376	2894.129
8	5445.034	5477.442
9	2377.31	2346.638
10	2115.64	2085.334
11	4934.288	4980.29
12	1098.775	973.6372
13	3049.69	3045.376
14	3009.677	2849.544
15	1914.786	2013.706
16	3121.784	3127.176
17	3080.888	3092.574
18	3045.961	2950.182

$\boldsymbol{c_i}$: i projesinin maliyeti

$c_1: 300, c_2: 120, c_3: 136, c_4: 200, c_5: 140, c_6: 134, c_7: 107, c_8: 106,$

$c_9: 150, c_{10}: 180, c_{11}: 128, c_{12}: 142, c_{13}: 183, c_{14}: 277, c_{15}: 206, c_{16}: 148,$

$c_{17}: 218, c_{18}: 170,$

$\boldsymbol{c_s^L}$: s kaynağını birim arttırma maliyeti

$c_1^L: 3, c_2^L: 4$

$\boldsymbol{c_s^D}$: s kaynağını birim azaltma maliyeti

$c_1^D: 5, c_2^D: 6$

$\boldsymbol{c_s^O}$: s kaynağını birim fazla mesai maliyeti

$c_1^O: 0.05, c_2^O: 0.06$

$\boldsymbol{c_s^M}$: s kaynağını başına aylık maaş

$c_1^M: 5, c_2^M: 6$

$\boldsymbol{z_i}$: i projesinin T döneminde tamamlanması gerekli olan yüzdesi

z_1: 0.25, z_2:0.65, z_3:0.84, z_4:1, z_5:0.68, z_6:0.37, z_7:1, z_8:0.98, z_9:1,

z_{10}:0.53, z_{11}:0.65, z_{12}:1, z_{13}:0.42, z_{14}:0.63, z_{15}:1, z_{16}:0.8, z_{17}:0.41, z_{18}:1

$\boldsymbol{\delta_s}$: t zamanında 1 projeye ayrılabilecek maksimum kaynak s yüzdesi

$\delta_1: 0.55, \delta_2: 0.48$

$\boldsymbol{es_i}$: proje i için en erken başlama zamanı

$es_1: 3, es_2: 1, es_3: 2, es_4: 1, es_5: 4, es_6: 3, es_7: 2, es_8: 2, es_9: 1, es_{10}: 3,$

$es_{11}: 2, es_{12}: 2, es_{13}: 1, es_{14}: 2, es_{15}: 1, es_{16}: 3, es_{17}: 2, es_{18}: 1,$

$\boldsymbol{c_i^F}$: i projesinin birim geç bitiş maliyeti

c_1^F : 3, c_2^F :2, c_3^F :2, c_4^F :2, c_5^F:1, c_6^F:1, c_7^F:1, c_8^F:1, c_9^F:1, c_{10}^F:2, c_{11}^F:2, c_{12}^F:2, c_{13}^F:3, c_{14}^F:3, c_{15}^F:3,c_{16}^F:1, c_{17}^F:2, c_{18}^F:2/

$\boldsymbol{\alpha_t}$: Bir çalışan için t ayındaki çalışma miktarı ($\boldsymbol{30 * 8 = 240}$ saat)

$\boldsymbol{\beta_t}$: Bir çalışan için t ayındaki fazla mesai üst sınırı ($\boldsymbol{30 * 3 = 90}$ saat)

$\overline{\boldsymbol{L_{st}}}$: s kaynağının t zamanında maksimum arttırma miktarı (15 kişi)

$\overline{\boldsymbol{D_{st}}}$: s kaynağının t zamanında maksimum azaltma miktarı (5 kişi)

Alternatif proje sayısı 18 olan bu organizasyon için önerilen modelin GAMS programı ile çözümünden elde edilen sonuçlara göre seçilen projeler ve seçilen toplam proje sayıları Çizelge 4.5 ‘te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 : Seçilen projeler ve seçilen toplam proje sayıları ($\mathbf{M = 18}$).

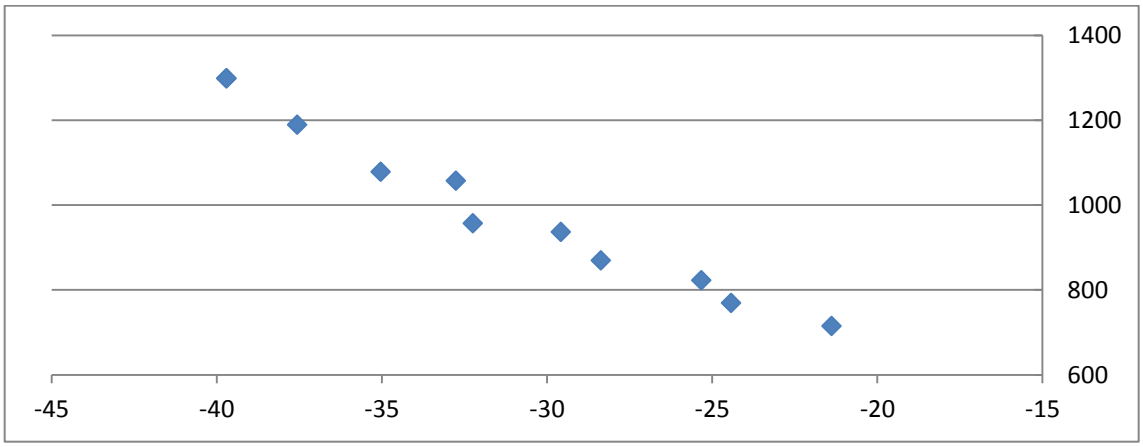
Çözüm- 1		Çözüm- 2		Çözüm- 3		Çözüm- 4		Çözüm- 5		Çözüm- 6		Çözüm- 7		Çözüm- 8		Çözüm- 9		Çözüm- 10		Çözüm- 11	
i1	1	i1	1	i1	1	i1	1	i1	.	i1	1	i1	1	i1	1	i1	1	i1	.	i1	.
i2	1	i2	1	i2	1	i2	1	i2	1	i2	1	i2	1	i2	1	i2	1	i2	1	i2	1
i3	.	i3	.	i3	.	i3	.	i3	1	i3	.	i3	.	i3	.	i3	.	i3	1	i3	1
i4	.	i4	.	i4	.	i4	.	i4	.	i4	.	i4	.	i4	.	i4	.	i4	.	i4	.
i5	1	i5	1	i5	1	i5	1	i5	1	i5	1	i5	1	i5	1	i5	1	i5	1	i5	1
i6	1	i6	1	i6	1	i6	1	i6	1	i6	1	i6	1	i6	1	i6	1	i6	1	i6	1
i7	.	i7	.	i7	.	i7	.	i7	.	i7	.	i7	.	i7	1	i7	.	i7	.	i7	.
i8	.	i8	.	i8	.	i8	.	i8	.	i8	.	i8	1	i8	.	i8	1	i8	1	i8	1
i9	1	i9	1	i9	1	i9	1	i9	1	i9	1	i9	1	i9	1	i9	1	i9	1	i9	1
i10	1	i10	1	i10	1	i10	1	i10	1	i10	1	i10	1	i10	1	i10	1	i10	1	i10	1
i11	.	i11	.	i11	.	i11	.	i11	.	i11	1	i11	.	i11	1	i11	1	i11	1	i11	1
i12	1	i12	1	i12	1	i12	1	i12	.	i12	.	i12	.	i12	.	i12	.	i12	.	i12	.
i13	.	i13	1	i13	.	i13	1	i13	1	i13	1	i13	1	i13	1	i13	1	i13	1	i13	1
i14	.	i14	.	i14	1	i14	1	i14	1	i14	1	i14	1	i14	1	i14	1	i14	1	i14	1
i15	1	i15	1	i15	.	i15	.	i15	.	i15	.	i15	.	i15	.	i15	.	i15	.	i15	.
i16	.	i16	.	i16	1	i16	1	i16	1	i16	1	i16	1	i16	1	i16	1	i16	1	i16	1
i17	1	i17	1	i17	1	i17	1	i17	1	i17	1	i17	1	i17	1	i17	1	i17	1	i17	1
i18	.	i18	.	i18	.	i18	.	i18	.	i18	.	i18	.	i18	.	i18	.	i18	.	i18	.
	9		10		10		11		10		11		11		12		12		12		12

Elde edilen Pareto-optimal çözüm kümesine ait amaç fonksiyonu değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Pareto-optimal çözüm kümesine ait amaç fonksiyonu değerleri.

	Z1	Z2
Çözüm-1	-21.382	715.000
Çözüm-2	-24.427	769.081
Çözüm-3	-25.325	822.927
Çözüm-4	-28.370	869.184
Çözüm-5	-29.583	936.606
Çözüm-6	-32.245	957.000
Çözüm-7	-32.754	1056.792
Çözüm-8	-35.028	1078.000
Çözüm-9	-37.561	1188.838
Çözüm-10	-39.706	1298.179
Çözüm-11	-39.706	1298.179

Pareto-optimal çözüm kümesi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

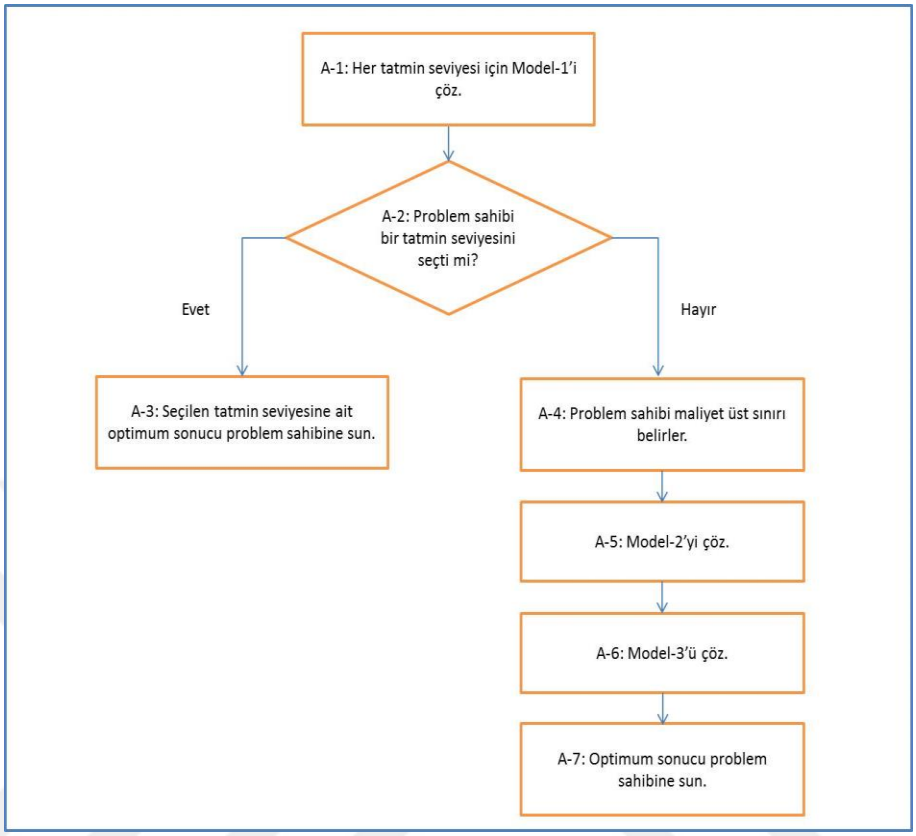


Şekil 4.1 : Pareto-optimal çözüm kümesi.

Çizelge 4.5'te verilen seçilen projeler ve seçilen toplam proje sayıları göz önünde bulundurulduğunda kaynak arttırma, kaynak azaltma, fazla mesai ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetlerinin toplamını belirten 2. amaç fonksiyonuna verilen ağırlık azaldıkça seçilen toplam proje sayıları artmış fakat büyük farklılıklar görülmemiştir. Çizelge 4.6'ya bakıldığında bu durumun kaynak azaltma, fazla mesai ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetleri toplamını ifade eden 2. Amaç fonksiyonu değerinde artışa sebep olduğu da görülmektedir. Projelerin toplam fayda puanını belirten 1. amaç fonksiyonu değerinin ise fayda puanı yüksek projelerin seçilmesi ile arttığı görülmektedir. Sonuçlara göre, firma gerçekleştirilecek proje portföyüne ayırdığı bütçeyi arttırdığı durumda belirlenen kısıtlar altında seçilen proje sayısını arttırarak proje portföyünü genişletebilir ve aynı zamanda seçilen ve gerçekleştirilecek proje portföyünün toplam fayda puanında artış sağlayabilir.

4.3 Durum-2: Geliştirilen İnteraktif Çözüm Yaklaşımı

Bu bölümde PPSÇ problemi için geliştirilen ÇAP modelinin çözümü için kanı dereceleri ile ifade edilen farklı tatmin seviyelerindeki fayda puanlarının modele entegre edilmesi ile optimum çözümün elde edilmesi için bir interaktif çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen interaktif çözüm yaklaşımının adımları Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 : Önerilen interaktif çözüm yaklaşımı.

A-1: Her tatmin seviyesi için Model-1'i çöz.

Bölüm 4.1'de verilmiş olan PPSÇ için önerilmiş olan ÇAP modeli GAMS programı ile çözülmek üzere ÇAP çözüm yöntemlerinden ağırlıklı minimum-maksimum yöntemine göre düzenlenmiş ve Bölüm 4.2'de verilmiş olan ÇAP modeli elde edilmiştir. Ağırlıklı minimum-maksimum yöntemi ile ideal çözüm ile olurlu çözüm arasındaki farkı enküçükleyecek tek bir amaç fonksiyonu elde ederek modeli çözmek hedeflenmiştir. Bölüm 4.2'de verilmiş olan düzenlenmiş amaç fonksiyonu ve ek kısıtlar ile oluşturulan PPSÇ modeli bu bölümde kolayca anlaşılması ve takip edilebilmesi açısından "Model-1" olarak adlandırılmıştır.

Bölüm 4.2'de verilmiş olan Model-1, her $s_r, r \in \{0,..,6\}$ tatmin seviyesi için GAMS programı kullanılarak çözülür. Pareto-optimal çözüm kümesini elde etmek amacıyla amaç fonksiyonu ağırlıkları Çizelge 4.2'de verilen şekilde değiştirilerek her $s_r, r \in \{0,..,6\}$ tatmin seviyesi için 11 ayrı çözüm elde edilir.

A-2: Problem sahibi bir tatmin seviyesini seçti mi?

HGKV yaklaşımı için yapılan çalışmada tatmin seviyeleri, s_0: çok düşük, s_1: düşük, s_2: biraz düşük, s_3:orta, s_4: biraz yüksek, s_5: yüksek, s_6: çok yüksek şeklinde tanımlanmıştır. HGKV modelinin ABKD yaklaşımı ile çözülmesi sırasında kullanılan tatmin seviyeleri hangi önemdeki kriterler (KV ya da uzman ağırlıkları) dikkate alınmalıdır sorusunun karşılığı olarak belirlenmektedir. Örneğin problem sahibinin orta ve daha önemli kriterleri dikkate aldığı durumda tatmin seviyesi s_3 olarak belirlenir. Bu durum problem sahibi için önemli kriterlerden yüksek performansa sahip olmanın daha değerli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle tatmin seviyesi s_3 olduğu durumda, s_3, s_4 ve s_5 birikimli olarak hesaba katılmaktadır.

HGKV modelinden elde edilmiş olan projelerin $s_r, r \in \{0,..,6\}$ tatmin seviyesine ait fayda puanları kullanılarak her s_r tatmin seviyesi için Model-1 çözüldükten sonra elde edilen sonuçlar problem sahibine sunulur.

A-3: Seçilen tatmin seviyesine ait optimum sonucu problem sahibine sun.

Problem sahibinin bir s_r tatmin seviyesini tercih ettiği durumda, o seviyeye ait optimum sonuç problem sahibine sunulur.

A-4: Problem sahibi maliyet üst sınırı belirler.

Problem sahibi bir s_r, tatmin seviyesini tercih etmediği durumda, bu çalışmada geliştirilen interaktif çözüm yaklaşımı ile farklı tatmin seviyeleri modele entegre edilir.

İlk olarak problem sahibine her s_r, $r \in \{0,..,6\}$ tatmin seviyesi için Model-1 çözüldükten sonra elde edilen sonuçları inceleyerek kaynak arttırma, kaynak azaltma, fazla mesai, kaynak maliyeti ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetlerinin toplamını ifade eden 2. Amaç fonksiyonu için bir üst sınır belirlenmesi istenir.

A-5: Model-2'yi çöz.

Problem sahibinin toplam maliyeti ifade eden 2. Amaç fonksiyonu için belirlediği üst sınır ile sınırlandırılan 2. Amaç fonksiyonu, modele kısıt olarak eklenir. HGKV'den elde edilen projelerin fayda puanlarının enbüyüklenmesini hedefleyen 1. amaç fonksiyonu, tüm tatmin seviyelerinde ortak seçilen projelerin fayda puanlarının enbüyüklenmesi

şeklinde güncellenerek tek bir amaç fonksiyonuna sahip bir PPSÇ modeli elde edilmiş olur. Modeldeki karar değişkeni ve kısıtlar, tüm $s_r, r \in \{0,..,6\}$ tatmin seviyelerini ele alacak şekilde güncellenir. Düzenlenen yeni PPSÇ modeli "Model-2" olarak adlandırılmıştır. Model-2, tüm $s_r, r \in \{0,..,6\}$ tatmin seviyelerine göre seçilmiş projeleri dikkate alan tek bir amaç fonksiyonu ile seçilecek projelerin belirlenmesi için oluşturulmuştur. Model-2 aşağıda detaylarıyla verilmiştir:

Model-2:

Küme ve İndisler:

i: Proje indisi, $i \in \{1, \dots, M\}$

s: Kaynak indisi, $s \in \{1, \dots, S\}$

t: Zaman periyodu indisi, $t \in \{1, .., T\}$

r: Tatmin seviyesi indisi, $r \in \{0, .., R\}$

$N_{[j,k,l]}$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ait proje kümesi

G_i: Proje i'nin tamamlayıcısı olan projeler kümesi

N_i: Proje i ile ayrışık olan projeler kümesi

n: Amaç fonksiyonu indisi, $n \in \{1,2\}$

Karar Değişkenleri:

Sürekli değişkenler:

W_{irt} : i projesinin r tatmin seviyesi için t zaman diliminde ilerleme yüzdesi

O_{str} : s kaynağının t zamanında r tatmin seviyesi için fazla mesai miktarı (adam/saat)

0-1 degişkenler:

$$X_{ir} = \begin{cases} 1, \text{eğer proje i, r tatmin seviyesinde seçilirse,} \\ 0, \text{ seçilmezse} \end{cases}$$

$$K_{irt_0} = \begin{cases} 1, \text{eğer proje i, r tatmin seviyesinde } t_0 \text{ zamanında biterse,} \\ 0, \text{ bitmezse} \end{cases}$$

$$hepsi_i = \begin{cases} 1, \text{eğer proje i, tüm tatmin seviyelerinde seçilirse,} \\ 0, \text{ bitmezse} \end{cases}$$

Tamsayı değişkenler:

L_{str} : s kaynağını t zamanında r tatmin seviyesi için arttırma miktarı (kişi)

D_{str} : s kaynağını t zamanında r tatmin seviyesi için azaltma miktarı (kişi)

F_{ir}: i projesinin r tatmin seviyesi için geç bitiş zamanı

p_{str} : r tatmin seviyesi için t periyodu başlangıcında elde bulunan s kaynağı miktarı (kişi)

Parametreler:

lim: Problem sahibi tarafından toplam maliyet için belirlenen üst sınır

H_i^r: i projesinin s_r seviyesindeki fayda puanı (HGKV'den elde edilir.)

a_i : i projesinin teslim tarihi

$e_{[j,k,l]}$: Üst birim j, birim k, alt birim l için yapılacak minimum proje sayısı

$b_{[j,k,l]}^L$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan minimum bütçe

$b_{[j,k,l]}^U$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan maksimum bütçe

γ_{is} : Proje i için gerekli s kaynağı miktarı

c_i: i projesinin bütçesi

c_s^L: s kaynağını birim arttırma maliyeti

c_s^D: s kaynağını birim azaltma maliyeti

c_s^O: s kaynağını birim fazla mesai maliyeti

c_s^M: s kaynağı başına aylık maaş

z_i: i projesinin T döneminde tamamlanması gerekli olan yüzdesi

δ_s: t zamanında 1 projeye ayrılabilecek maksimum kaynak s yüzdesi

es_i: Proje i için en erken başlama zamanı

c_i^F: i projesinin birim geç bitiş maliyeti

α_t: Bir çalışan için t ayındaki çalışma miktarı (saat)

β_t: Bir çalışan için t ayındaki fazla mesai üst sınırı (saat)

$\overline{L_{st}}$: s kaynağının t zamanında maksimum arttırma miktarı (kişi)

$\overline{D_{st}}$: s kaynağının t zamanında maksimum azaltma miktarı (kişi)

wor_s: Başlangıçta elde bulunan s kaynağı miktarı (kişi)

wo_n: n. amaç fonksiyonunun ağırlığı

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } z_1: -\sum_{i,r} H_i^r \, hepsi_i \quad (4.28)$$

Kısıtlar:

$$z_2^r = \sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{s=1}^{S} c_s^L L_{str} + \sum_{s=1}^{S} c_s^D D_{str} + \sum_{s=1}^{S} c_s^O O_{str} + \sum_{s=1}^{S} c_s^M p_{str}\right] + \sum_{i=1}^{M} c_i^F \, F_{ir} \quad (4.29)$$

$$z_2^r \leq lim \quad (4.30)$$

$$hepsi_i \leq X_i^r \quad (4.31)$$

$$\sum_{i=1}^{M} W_{irt}\, \gamma_{is} \leq \alpha_t \, p_{str} + O_{str} \qquad \forall s, t, r \quad (4.32)$$

$$O_{str} \leq p_{str}\, \beta_t \qquad \forall s, t, r \quad (4.33)$$

$$p_{str} = p_{s,t-1,r} + L_{str} - D_{str} \qquad \forall s, t > 1, r \quad (4.34)$$

$$p_{str} = wor_s + L_{str} - D_{str} \qquad \forall s, t = 1, r \quad (4.35)$$

$$W_{irt}\, \gamma_{is} \leq \delta_s[\alpha_t \, p_{str} + O_{str}] \qquad \forall i, s, t, r \quad (4.36)$$

$$\sum_{t=es_i}^{T} W_{irt} = X_{ir} z_i \qquad \forall i, r \quad (4.37)$$

$$\sum_{t_0=t}^{T} K_{irt_0} \geq \sum_{t_0=t}^{T} W_{irt_0} \qquad \forall i, t \geq es_i, r \quad (4.38)$$

$$\sum_{t=1}^{T} K_{irt}\, t - a_i X_{ir} \leq F_{ir} \qquad \forall i, r \quad (4.39)$$

$$F_{ir} \geq 0 \qquad \forall i, r \qquad (4.40)$$

$$\sum_{i \in N_{[j,k,l]}} X_{ir} \geq e_{[j,k,l]} \qquad \forall j, k, l, r \qquad (4.41)$$

$$b^{L}_{[j,k,l]} \leq \sum_{i \in N_{[j,k,l]}} c_i X_{ir} \leq b^{U}_{[j,k,l]} \qquad \forall j, k, l, r \qquad (4.42)$$

$$0 \leq L_{str} \leq \overline{L_{st}} \qquad \forall s, t, r \qquad (4.43)$$

$$0 \leq D_{str} \leq \overline{D_{st}} \qquad \forall s, t, r \qquad (4.44)$$

$$X_{ir} \leq X_g \qquad \forall r, g \in G_i \qquad (4.45)$$

$$X_{ir} + X_n \leq 1 \qquad \forall r, n \in N_i \qquad (4.46)$$

$$0 \leq \sum_{t=1}^{T} W_{irt} \leq 1 \qquad \forall i, r \qquad (4.47)$$

$$\sum_{t=es_i}^{T} K_{irt} = X_{ir} \qquad \forall i, r \qquad (4.48)$$

Denklem 4.28 tüm $s_r, r \in \{0, .., 6\}$ tatmin seviyelerine göre seçilmiş projeler toplamının en büyüklenmesini dikkate alan amaç fonksiyonunu belirtmektedir. Denklem 4.29 ve 4.30, problem sahibinin belirlediği üst sınır ile sınırlandırılan toplam maliyeti belirten kısıtlardır. Denklem 4.31, proje i'nin tüm $s_r, r \in \{0, .., 6\}$ tatmin seviyelerinde seçilip seçilmediğini belirten kısıttır. Denklem (4.32) - (4.48) ile belirtilen kısıtlar denklem (4.3-4.19)'un tatmin seviyesini belirten r indisi ile uzatılmış halidir.

Model-2, GAMS programı ile çözülür. Çözüm sonucu seçilen projeler belirlenerek proje portföyü oluşturulur ve ilk amaç fonksiyonunu ifade eden projelerin toplam fayda puanları elde edilir.

A-6: Model-3'ü çöz.

Model-2'nin çözümü sonucu elde edilen proje portföyünün en düşük maliyet ile çizelgelenmesi için seçilen projelerin parametre olarak ele alındığı bir çizelgeleme modeli oluşturulmuştur. Seçilmiş proje portföyünün çizelgelenmesi için önerilen model "Model-3" olarak adlandırılmış ve aşağıda detaylarıyla verilmiştir:

Model-3:

Küme ve İndisler:

i: Proje indisi, $i \in \{1, \dots, M\}$

s: Kaynak indisi, $s \in \{1, \dots, S\}$

t: Zaman periyodu indisi, $t \in \{1, \dots, T\}$

$N_{[j,k,l]}$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ait proje kümesi

Karar Değişkenleri:

Sürekli değişkenler:

W_{it} : i projesinin t zaman diliminde ilerleme yüzdesi

O_{st} : s kaynağının t zamanında fazla mesai miktarı (adam/saat)

kul_{st}: s kaynağının t zamanında kullanılmayan miktarı (adam*saat)

uti_{st}: s kaynağının t zamanında kullanım yüzdesi

0-1 degişkenler:

$$K_{it_0} = \begin{cases} 1, \text{eğer proje i}, t_0 \text{ zamanında biterse,} \\ 0, \text{ bitmezse} \end{cases}$$

Tamsayı değişkenler:

L_{st} : s kaynağının t zamanında arttırma miktarı (kişi)

D_{st} : s kaynağının t zamanında azaltma miktarı (kişi)

F_i: i projesinin geç bitiş zamanı

p_{st} : t periyodu başlangıcında elde bulunan s kaynağı miktarı (kişi)

Parametreler:

X_i : Seçilen projeler

a_i : i projesinin teslim tarihi

γ_{is} : Proje i için gerekli s kaynağı miktarı

c_s^L: s kaynağını birim arttırma maliyeti

c_s^D: s kaynağını birim azaltma maliyeti

c_s^O: s kaynağını birim fazla mesai maliyeti

c_s^M: s kaynağı başına aylık maaş

z_i: i projesinin T döneminde tamamlanması gerekli olan yüzdesi

δ_s: t zamanında 1 projeye ayrılabilecek maksimum kaynak s yüzdesi

es_i: Proje i için en erken başlama zamanı

c_i^F: i projesinin birim geç bitiş maliyeti

α_t: Bir çalışan için t ayındaki çalışma miktarı (saat)

β_t: Bir çalışan için t ayındaki fazla mesai üst sınırı (saat)

$\overline{L_{st}}$: s kaynağının t zamanında maksimum arttırma miktarı (kişi)

$\overline{D_{st}}$: s kaynağının t zamanında maksimum azaltma miktarı (kişi)

wor_s: Başlangıçta elde bulunan s kaynağı miktarı (kişi)

Amaç Fonksiyonları:

$$\text{Min } z_2: \sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{s=1}^{S} c_s^L L_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^D D_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^O O_{st} + \sum_{s=1}^{S} c_s^M p_{st}\right] + \sum_{i=1}^{M} c_i^F F_i \quad (4.49)$$

Kısıtlar:

$$uti_{st} = 1 - (kul_{st}/(\alpha_t p_{st})) \quad (4.50)$$

$$\sum_{i=1}^{M} W_{it}\gamma_{is} \le \alpha_t p_{st} + O_{st} \qquad \forall s,t \quad (4.51)$$

$$O_{st} \le p_{st}\beta_t \qquad \forall s,t \quad (4.52)$$

$$p_{st} = p_{s,t-1} + L_{st} - D_{st} \qquad \forall s, t > 1 \quad (4.53)$$

$$p_{st} = wor_s + L_{st} - D_{st} \qquad \forall s, t = 1 \quad (4.54)$$

$$W_{it}\gamma_{is} \le \delta_s[\alpha_t p_{st} + O_{st}] \qquad \forall i,s,t \quad (4.55)$$

$$\sum_{t=es_i}^{T} W_{it} = X_i z_i \qquad \forall i \qquad (4.56)$$

$$\sum_{t_0=t}^{T} K_{it_0} \geq \sum_{t_0=t}^{T} W_{it_0} \qquad \forall i, t \geq es_i \qquad (4.57)$$

$$\sum_{t=1}^{T} K_{it}\, t - a_i X_i \leq F_i \qquad \forall i \qquad (4.58)$$

$$F_i \geq 0 \qquad \forall i \qquad (4.59)$$

$$0 \leq L_{st} \leq \overline{L_{st}} \qquad \forall s, t \qquad (4.60)$$

$$0 \leq D_{st} \leq \overline{D_{st}} \qquad \forall s, t \qquad (4.61)$$

$$0 \leq \sum_{t=1}^{T} W_{it} \leq 1 \qquad \forall i \qquad (4.62)$$

$$\sum_{t=es_i}^{T} K_{it} = X_i \qquad \forall i \qquad (4.63)$$

Amaç fonksiyonu seçilen proje portföyünün en düşük maliyetle çizelgelenmesi için kaynak arttırma, kaynak azaltma, fazla mesai, kaynak maliyeti ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetlerinin toplamının en küçüklenmesini ifade etmektedir. Denklem 4.50, s kaynağının t zamanındaki kullanım miktarını belirtmektedir. Denklem 4.51 - 4.63 ile belirtilen kısıtlar, daha önce denklem 4.3 – 4.19 aralığında belirtilen kısıtların bir kısmını oluşturmaktadır.

Model-3, GAMS programı ile çözülür. Çözüm sonucu seçilen proje portföyü çizelgelenir ve 2. amaç fonksiyonunu ifade eden toplam maliyet miktarı elde edilir.

A-7: Optimum sonucu problem sahibine sun.

Model-1, Model-2 ve Model-3'ün çözülmesi ile elde edilen çizelgelenmiş proje portföyü, seçilen projelerin toplam fayda puanı ve toplam maliyet miktarı problem sahibine sunulur.

4.3.1 Uygulama-1

HGKV modelinin ABKD çözüm yaklaşımı ile çözülmesinden elde edilen fayda puanları kullanılarak PPSÇ sürecinin gösterilmesi için Bölüm 3.4'te verilmiş olan dört seviyeli

hiyerarşiye sahip organizasyon için uygulama yapılmıştır. Toplam 18 alternatif proje önerisi bulunmakta, küme, indis ve parametre değerleri Bölüm 4.2'de verilmiştir.

Bölüm 4.2'de verilen küme, indis ve parametre değerlerine göre 18 projeye sahip organizasyon için Şekil 4.2'de verilen interaktif çözüm yaklaşımının adımları uygulanmıştır. Her s_r, $r\epsilon\, 0,1,\ldots,6$ tatmin seviyesi için Model-1, GAMS programı ile çözülmüştür. Model-1'in çözümünden elde edilen sonuçlar problem sahibine sunulmuştur. Problem sahibi bir tatmin seviyesini tercihinde bulunmamış ve bu nedenle, bu çalışmada geliştirilen interaktif çözüm yaklaşımı ile farklı tatmin seviyeleri optimum sonucu elde etmek amacıyla modele entegre edilmiştir. Problem sahibinden, Model-1'in her s_r, $r\epsilon\, 0,1,\ldots,6$ tatmin seviyesi için çözümünden elde edilen sonuçları inceleyerek kaynak arttırma, kaynak azaltma, fazla mesai, kaynak maliyeti ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetlerinin toplamını ifade eden 2. Amaç fonksiyonu için bir üst sınır belirlemesi istenmiştir. İnceleme sonucu problem sahibi bu değeri 957 olarak belirlemiştir. 2. Amaç fonksiyonunu belirten toplam maliyet değeri 957 ile sınırlanarak, Model-2 çözülmüştür. Model-2'nin çözümü sonucu 11 adet proje seçilmiş ve 1. Amaç fonksiyonunu belirten toplam fayda puanı optimum değeri -242.003 olarak elde edilmiştir. Seçilen portföyün çizelgelenmesi amacıyla Model-2'nin çıktıları olan seçilen projeler kullanılarak Model-3 çözülmüştür. Model-3'ün çözümü sonucunda seçilen portföy çizelgelenmiş ve toplam maliyetin optimum değeri 957 olarak elde edilmiştir. Seçilen projeler ve t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri W_{it}, Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Seçilen projelerin t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri $\mathbf{W_{it}}$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i1			0.20						0.05			
i2	0.01				0.08				0.19	0.19	0.19	
i5						0.01				0.18	0.25	0.25
i6					0.18					0.09		0.09
i9	0.34	0.34	0.04								0.02	0.25
i10			0.39	0.14								
i11				0.16	0.16		0.10	0.06	0.16			
i13	0.26	0.16										
i14		0.06				0.28	0.28					
i16				0.18		0.26	0.10	0.26				
i17		0.06	0.16					0.19				

Çizelge 4.8'de, t periyodu başlangıcında elde bulunan s kaynağı miktarı p_{st}, s kaynağının t zamanında azaltma miktarı D_{st} ve s kaynağının t zamanında kullanım yüzdesi uti_{st} değerleri verilmiştir. Herhangi bir s kaynağı için t zamanında arttırma (L_{st}) olmadığı ve aynı zamanda fazla mesai (O_{st}) de bulunmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.8 : p_{st}, L_{st}, D_{st}, O_{st} ve uti_{st} değerleri.

	p_{st}		D_{st}		uti_{st}	
	1	2	1	2	1	2
1	7	7	3	3	1	0.99
2	7	7			1	0.99
3	7	7			1	0.99
4	7	7			1	1
5	7	7			0.99	1
6	7	7			1	0.97
7	7	7			1	0.98
8	7	7			1	1
9	7	7			0.99	1
10	7	7			1	1
11	7	7			1	0.99
12	7	7			1	0.99

4.3.2 Uygulama-2

PPSÇ problemi için önerilen interaktif çözüm yaklaşımının yüksek sayıda projeyi ele almada etkinliğinin gösterilmesi amacıyla bir baz senaryo oluşturulmuştur. Baz senaryoda kurgulanan organizasyonun 16 alt birime ait 100 proje önerisi bulunmaktadır. Firmaya ait küme, indis ve parametre değerleri aşağıda verilmiştir:

Küme ve İndisler:

i: Proje indisi, $i \in \{1, \dots, 100\}$

s: Kaynak indisi, $s \in \{1, \dots, 4\}$

t: Zaman periyodu indisi, $t \in \{1, .., 12\}$

r: Tatmin seviyesi indisi, $r \in \{0, .., 6\}$

$N_{[j,k,l]}$: Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ait proje kümesi,

$N_{[1,1,1]} \in \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$,

$N_{[1,1,2]} \in \{11,12,13,14,15,16,17\}$,

$N_{[1,1,3]} \in \{18,19,20,21,22\}$,

$N_{[1,2,1]} \in \{23,24,25,26,27,28,29,30\}$,

$N_{1,2,2} \in \{31,32,33,34,35\}$,

$N_{2,1,1} \in \{36,37,38,39,40,41\}$

$N_{2,1,2} \in \{42,43,44,45,46,47,48\}$,

$N_{2,2,1} \in \{49,50,51,52,53,54,55\}$,

$N_{2,2,2} \in \{56,57,58,59,60,61,62\}$,

$N_{2,2,3} \in \{63,64,65,66,67,68,69\}$,

$N_{2,3,1} \in \{70,71,72,73,74\}$,

$N_{2,3,2} \in \{75,76,77,78,79,80\}$,

$N_{3,1,1} \in \{81,82,83,84,85,86,87,88,89\}$,

$N_{3,1,2} \in \{90,91,92,93\}$,

$N_{3,2,1} \in \{94,95,96\}$,

$N_{3,2,2} \in \{97,98,99,100\}$

G_i: Proje i'nin tamamlayıcısı olan projeler kümesi, $G_1 \in \{2\}, G_7 \in \{9,10\}, G_{14} \in \{16\}, G_{45} \in \{62\}, G_{53} \in \{42\}, G_{78} \in \{92,100\}$

N_i: Proje i ile ayrışık olan projeler kümesi, $N_2 \in \{4\}, N_{10} \in \{18\}, N_{14} \in \{82\}, N_{73} \in \{34,49\}$,

n: Amaç fonksiyonu indisi, $n \in \{1,2\}$

Parametreler:

H_i^r: i projesinin s_r seviyesindeki fayda puanı değerleri Ek D'de verilmiştir. Ayrıca a_i, i projesinin teslim tarihi, c_i, i projesinin bütçesi,z_i, i projesinin T döneminde tamamlanması gerekli olan yüzdesi,es_i, proje i için en erken başlama zamanı ve c_i^F, i projesinin birim geç bitiş maliyeti değerleri Ek D'de verilmiştir.

$e_{[j,k,l]}$; Üst birim j, birim k, alt birim l için yapılacak minimum proje sayısı,$b^{L}_{[j,k,l]}$; Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan minimum bütçe ve$b^{U}_{[j,k,l]}$; Üst birim j, birim k, alt birim l'ye ayrılan maksimum bütçe değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Baz senaryoya ait $\mathbf{e_{[j,k,l]}}$, $\mathbf{b^{L}_{[j,k,l]}}$ $\boldsymbol{ve}$ $\mathbf{b^{U}_{[j,k,l]}}$değerleri.

	$\mathbf{e_{[j,k,l]}}$	$\mathbf{b^{L}_{[j,k,l]}}$	$\mathbf{b^{U}_{[j,k,l]}}$
n1	1	300	1000
n2	1	300	800
n3	1	300	700
n4	1	400	1900
n5	1	300	700
n6	1	300	700
n7	1	300	800
n8	1	300	1600
n9	1	300	1600
n10	1	300	1600
n11	1	300	500
n12	1	300	700
n13	1	300	1600
n14	1	300	600
n15	1	300	500
n16	1	300	700

γ_{is} , proje i için gerekli s kaynağı miktarı değerleri Ek D'de verilmiştir. c^{L}_{s}, s kaynağını birim arttırma maliyeti, c^{D}_{s}, s kaynağını birim azaltma maliyeti, c^{O}_{s}, s kaynağını birim fazla mesai maliyeti, c^{M}_{s}, s kaynağı başına aylık maaş, δ_s, t zamanında 1 projeye

ayrılabilecek maksimum kaynak s yüzdesi ve $\mathrm{wor_s}$, başlangıçta elde bulunan s kaynağı miktarı (kişi) değerleri Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Çizelge 4.10 : Baz senaryoya ait $\mathbf{c_s^L}$, $\mathbf{c_s^D}$ $\mathbf{c_s^O}$, $\mathbf{c_s^M}$, $\boldsymbol{\delta_s}$ $\boldsymbol{ve}$ $\mathbf{wor_s}$ değerleri.

	$\mathbf{c_s^L}$	$\mathbf{c_s^D}$	$\mathbf{c_s^O}$	$\mathbf{c_s^M}$	$\boldsymbol{\delta_s}$	$\mathbf{wor_s}$
1	3	5	0.05	5	0.55	30
2	4	6	0.06	6	0.48	30
3	4	6	0.06	6	0.6	20
4	3	5	0.05	5	0.52	10

α_t, bir çalışan için t ayındaki çalışma miktarı 180 saat, β_t, bir çalışan için t ayındaki fazla mesai üst sınırı 40 saat olarak belirlenmiştir. $\overline{L_{st}}$, s kaynağının t zamanında maksimum arttırma miktarı ve $\overline{D_{st}}$, s kaynağının t zamanında maksimum azaltma miktarı 5'er kişi olarak belirlenmiştir. $\mathrm{wo_n}$, n. amaç fonksiyonunun ağırlığı Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Yukarıda verilen küme, indis ve parametre değerlerine göre baz senaryo için Şekil 4.2'de verilen interaktif çözüm yaklaşımının adımları uygulanmıştır. İlk olarak her s_r, $r\epsilon$ 0,1, … ,6 tatmin seviyesi için Model-1, GAMS programı ile çözülmüştür. Model-1'in çözümünden elde edilen sonuçlar problem sahibine sunulmuştur. Problem sahibi bir tatmin seviyesini tercihinde bulunmamış ve bu nedenle, bu çalışmada geliştirilen interaktif çözüm yaklaşımı ile farklı tatmin seviyeleri optimum sonucu elde etmek amacıyla modele entegre edilmiştir. Problem sahibinden Model-1'in her $\mathrm{s_r}$ tatmin seviyesi için çözümünden elde edilen sonuçları inceleyerek kaynak arttırma, kaynak azaltma, fazla mesai, kaynak maliyeti ve seçilen projelerin geç bitiş maliyetlerinin toplamını ifade eden 2. Amaç fonksiyonu için bir üst sınır belirlemesi istenmiştir. İnceleme sonucu problem sahibi bu değeri 6808 olarak belirlemiştir. 2. Amaç fonksiyonunu belirten toplam maliyet değeri 6808 ile sınırlanarak, Model-2 çözülmüştür. Model-2'nin çözümü sonucu 50 adet proje seçilmiş ve 1. Amaç fonksiyonunu belirten toplam fayda puanı optimum değeri -1092.287 olarak elde edilmiştir. Seçilen portföyün çizelgelenmesi amacıyla Model-2'nin çıktıları olan seçilen projeler kullanılarak Model-3 çözülmüştür. Model-3'ün çözümü sonucunda seçilen

portföy çizelgelenmiş ve toplam maliyetin optimum değeri 6759.798 olarak elde edilmiştir. Seçilen projelerin t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri W_{it}, Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Seçilen projelerin t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri $\mathbf{W_{it}}$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i2							0.09	0.09	0.20	0.12	0.10	
i3			0.16		0.64							
i9				0.52	0.36							
i12								0.85				
i15				0.79								
i20										0.40		
i21							0.55					
i22						0.21						
i23			0.11			0.44						
i24					0.02	0.15	0.12	0.30	0.10			
i25									0.34			
i27						0.64	0.01					
i28	0.18											
i29	0.21	0.08						0.29				
i31	0.30	0.16	0.18									
i33											0.18	0.67

Çizelge 4.11 (devam) : Seçilen projelerin t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri $\mathbf{W_{it}}$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i37									0.45			
i38										0.13	0.61	
i40								0.54				
i42	0.61	0.10	0.08									
i43											0.47	
i46								0.03	0.13	0.08	0.06	
i48		0.50										
i49				0.62	0.02							
i51											0.34	0.43
i52			0.34					0.12				
i53											0.26	0.14
i54					0.56							
i56			0.07	0.36								
i58							0.12		0.47			
i63												0.56
i64						0.45						
i65							0.22					
i66										0.58		
i67							0.07		0.23	0.43		
i70									0.41			
i71	0.14	0.08	0.33	0.32	0.02							

Çizelge 4.11 (devam) : Seçilen projelerin t zaman diliminde ilerleme yüzdeleri $\mathbf{W_{it}}$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i74		0.35	0.16									
i77						0.63						
i79					0.78							
i82	0.31	0.26										
i83						0.29						
i85									0.94			
i87												0.22
i88			0.34	0.08	0.15							
i90			0.28		0.25							
i94		0.50										
i95						0.14	0.08	0.37				
i99						0.17		0.32				
i100											0.09	0.91

Çizelge 4.12'te, t periyodu başlangıcında elde bulunan s kaynağı miktarı p_{st}, s kaynağının t zamanında arttırma miktarı L_{st} ve azaltma miktarı D_{st}, s kaynağının t zamanında fazla mesai miktarı (adam/saat) O_{st} ve s kaynağının t zamanında kullanım yüzdesi uti_{st} değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.12 : $\mathbf{p_{st}}$, $\mathbf{L_{st}}$, $\mathbf{D_{st}}$, $\mathbf{O_{st}}$ ve $\mathbf{uti_{st}}$ değerleri.

	p_{st}				L_{st}				D_{st}				O_{st}				uti_{st}			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	35	30	20	13	5			3									1	1	1	1
2	39	31	20	13	4	1										44.4	1	1	1	1
3	39	31	20	13													1	1	1	1
4	39	31	20	13									8.7				1	1	1	1
5	39	31	20	13													1	1	1	1

Çizelge 4.12 (devam) : p_{st}, L_{st}, D_{st}, O_{st} ve uti_{st} değerleri.

	p_{st}				L_{st}				D_{st}				O_{st}				uti_{st}			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6	39	32	20	8		1						5					1	1	1	1
7	39	33	20	6		1						2					1	1	1	1
8	39	33	20	6													1	1	1	1
9	39	33	20	6													1	1	1	1
10	39	33	20	6											28.8		1	1	1	0.99
11	38	33	21	8			1	2	1								1	1	1	1
12	38	33	21	8												24.3	1	1	1	1

4.3.3 Duyarlılık analizi ve sonuçlar

Önerilen interaktif çözüm yaklaşımının performansını test etmek amacıyla Bölüm 4.3.2 'de verilmiş olan 100 proje içeren uygulama baz alınarak bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi için 6 ayrı senaryo geliştirilmiş ve bu senaryolara ait bilgiler Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 : Duyarlılık analizi için geliştirilen senaryolar.

Senaryolar	Değişen Parametreler	Açıklama
Senaryo-1.1	✓ γ_{is}, proje i için gerekli s kaynağı miktarı	Baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarı %50 arttırıldı.
Senaryo-1.2	✓ γ_{is}, proje i için gerekli s kaynağı miktarı	Baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarını %50 azaltıldı.
Senaryo-2.1	✓ c_i, i projesinin bütçesi	Baz modele göre proje bütçelerini %50 arttırıldı.
Senaryo-2.2	✓ c_i, i projesinin bütçesi	Baz modele göre proje bütçelerini %50 azaltıldı.
Senaryo-3.1	✓ $\overline{L_{st}}$ ve $\overline{D_{st}}$ s kaynağının t zamanında maksimum arttırma ve azaltma miktarları (kişi)	Baz modele göre kaynak arttırma ve azaltma tamamen durduruldu.
Senaryo-3.2	✓ $\overline{D_{st}}$ s kaynağının t zamanında maksimum azaltma miktarı (kişi)	Baz modele göre kaynak arttırma aynı iken kaynak azaltmayı tamamen durduralım.

Duyarlılık analizi için geliştirilen senaryolar, önerilen interaktif çözüm yaklaşımı ile çözülerek elde edilen sonuçlar baz senaryo ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.14'te sunulmuştur.

Çizelge 4.14 : Senaryolardan elde edilen sonuçlar.

Senaryolar	Seçilen proje sayısı	Z_2 değeri kaç ile sınırlandı?	Optimum çözüm nasıl değişti?	Toplam çözüm süresi
Baz Senaryo	50 proje	Problem sahibi Z_2=6808 ile sınırladı.	Z_1 = -1092.287 Z_2 = 6759.798	✓ Model-1: 22 saat 28 dk ✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 11 sn
Senaryo-1.1	46 proje	Problem sahibi Z_2=9305 ile sınırladı.	Z_1 =-1008.393 Z_2 =9247.169	✓ Model-1: 19 saat 46 dk ✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 5 sn
Baz senaryo ile Senaryo 1.1 karşılaştırma	37 proje	Senaryo 1.1 Z_2 değeri baz model optimum Z_2 (6759.798) değeri ile sınırlandı.	Z_1 = -782.048 Çizelgeleme sonrası elde edilen Z_2=6718.587	✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 3 sn
Senaryo-1.2	44 proje	Problem sahibi Z_2=3191 ile sınırladı.	Z_1 = -976.543 Z_2 = 3181.208	✓ Model-11: 18 saat 34 dk ✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 16 dk 41 sn
Baz senaryo ile Senaryo 1.2 karşılaştırma	65 proje	Senaryo 1.2 Z_2 değeri, baz model optimum Z_2 (6759.798) değeri ile sınırlandı.	Z_1 = -1552.042 Çizelgeleme sonrası elde edilen Z_2=6111.863	✓ Model-2: 38 sn ✓ Model-3: 1 dk 14 sn
Senaryo-2.1	34 proje	Problem sahibi Z_2=4885 ile sınırladı.	Z_1 = -828.276 Z_2 =4871.085	✓ Model-1: 19 saat 27 dk ✓ Model-2: 16 dk 41 sn ✓ Model-3: 16 dk 41 sn
Baz senaryo ile Senaryo 2.1 karşılaştırma	43 proje	Senaryo 2.1 Z_2 değeri, baz model optimum Z_2 (6759.798) değeri ile sınırlandı.	Z_1 = -1045.439 Çizelgeleme sonrası elde edilen Z_2=6727.577	✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 6 sn

Çizelge 4.14 (devam) : Senaryolardan elde edilen sonuçlar.

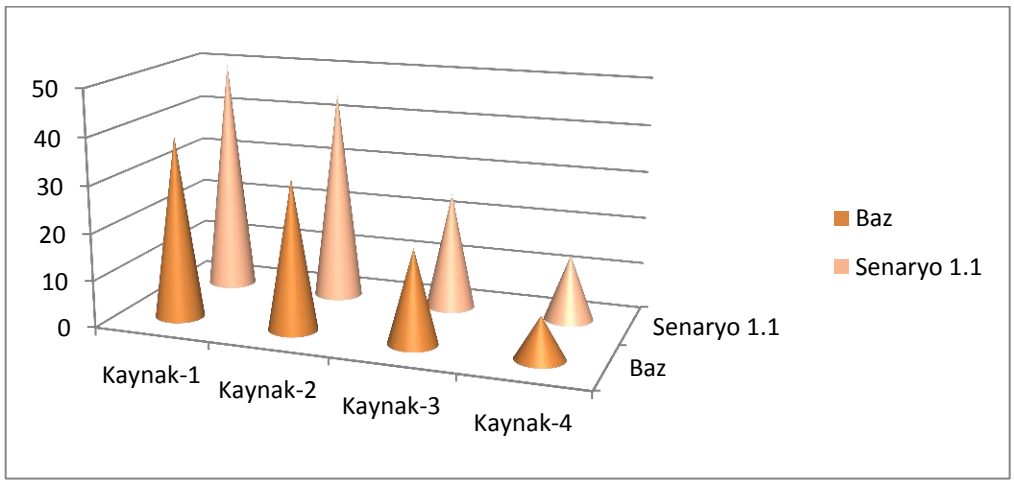
Senaryolar	Seçilen proje sayısı	Z_2 değeri kaç ile sınırlandı?	Optimum çözüm nasıl değişti?	Toplam çözüm süresi
Senaryo-2.2	65 proje	Problem sahibi Z_2=9934 ile sınırladı.	Z_1 = -1449.102 Z_2 = 9928.582	✓ Model-1: 20 saat 24 dk ✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 3 dk
Baz senaryo ile Senaryo 2.2 karşılaştırma	49 proje	Senaryo 2.2 Z_2 değeri, baz model optimum Z_2 (6759.798) değeri ile sınırlandı.	Z_1 = -1039.459 Çizelgeleme sonrası elde edilen Z_2=6758.188	✓ Model-2: 3 dk 46 sn ✓ Model-3: 7 sn
Senaryo-3.1	49 proje	Problem sahibi Z_2=7086 ile sınırladı.	Z_1 = -1080.785 Z_2 =7084.850	✓ Model-1: 1 saat 25 dk ✓ Model-2: 2 dk 17 sn ✓ Model-3: 1 sn
Baz senaryo ile Senaryo 3.1 karşılaştırma	48 proje	Senaryo 3.1 Z_2 değeri, baz model optimum Z_2 (6759.798) değeri ile sınırlandı.	Z_1 = -1054.444 Çizelgeleme sonrası elde edilen Z_2=6755.99	✓ Model-2: 3 dk 45 sn ✓ Model-3: 1 sn
Senaryo-3.2	59 proje	Problem sahibi Z_2=8850 ile sınırladı.	Z_1 = -1324.854 Z_2 = 8826.324	✓ Model-1: 14 saat 11 dk ✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 5 sn
Baz senaryo ile Senaryo 3.2 karşılaştırma	50 proje	Senaryo 3.1 Z_2 değeri, baz model optimum Z_2 (6759.798) değeri ile sınırlandı.	Z_1 = -1085.897 Çizelgeleme sonrası elde edilen min Z_2=6742.601	✓ Model-2: 16 dk 42 sn ✓ Model-3: 2 sn

Çizelge 4.14'ün ilk sütunu senaryoları, ikinci sütunu bu senaryoların çalıştırılması sonucu seçilen proje sayılarını ifade etmektedir. Üçüncü sütunu model-1'in çözülmesi sonucunda problem sahibi tarafından sonuçların incelenerek Model-2 için girdi

oluşturmak üzere toplam maliyet için belirlediği üst sınırı ifade etmektedir. Bu sütunda belirtilen değerler ayrıca baz senaryo ile değerlendirilen diğer senaryolar arasında karşılaştırma yapılabilmesi için baz senaryodan elde edilen optimum toplam maliyet değeri ile de sınırlandırılarak, her senaryo için sonuçlar verilmiştir. Dördüncü sütun çalıştırılan senaryolardan elde edilen optimum çözümü belirtmektedir. Son sütun da ise senaryoların GAMS programı ile toplam çözüm sürelerini ifade etmektedir. Yukarıda detayları verilen senaryoların çalıştırılması sonucu seçilen projeleri Ek D'de verilmiştir.

Senaryo-1.1:

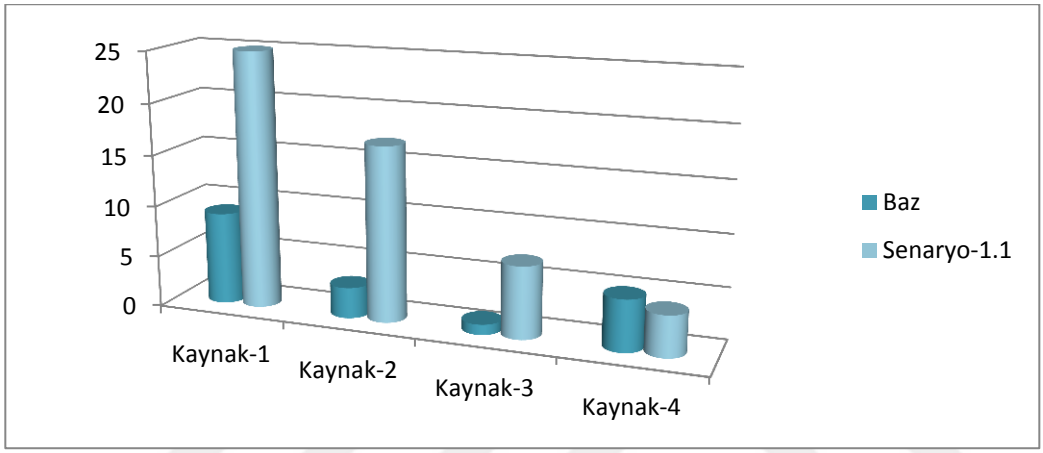
Senaryo-1.1'de baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarı %50 oranında arttırılmıştır. Aynı zamanda problem sahibi tarafından toplam maliyet üst sınırı baz modele göre yaklaşık olarak %36 oranında arttırılmıştır. Projeler için gerekli kaynak miktarının artması ile baz modele göre daha az proje seçilmesi ve gerekli işgücü miktarının artması beklenmiştir. Aynı zamanda toplam maliyet üst sınırındaki artışın seçilen proje sayısını arttırmayı sağlayarak baz modele göre seçilen proje sayısını dengelemesi beklenmiştir. Seçilen proje sayısı 46 olduğu görülmüştür. Benzer ölçüde toplam fayda puanı değerinin de azaldığı gözlemlenmiştir. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.3'e göre kaynak-1 için ortalama işgücü %30, kaynak-2 için %40, kaynak-3 için %25 ve kaynak-4 için ise %47 artmıştır.



Şekil 4.3 : Senaryo-1.1 için ortalama işgücü değişimi.

Ortalama işgücündeki artış toplam kaynak arttırma miktarlarında da değişikliğe sebep olmuştur. Şekil 4.4'te baz modele göre toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim

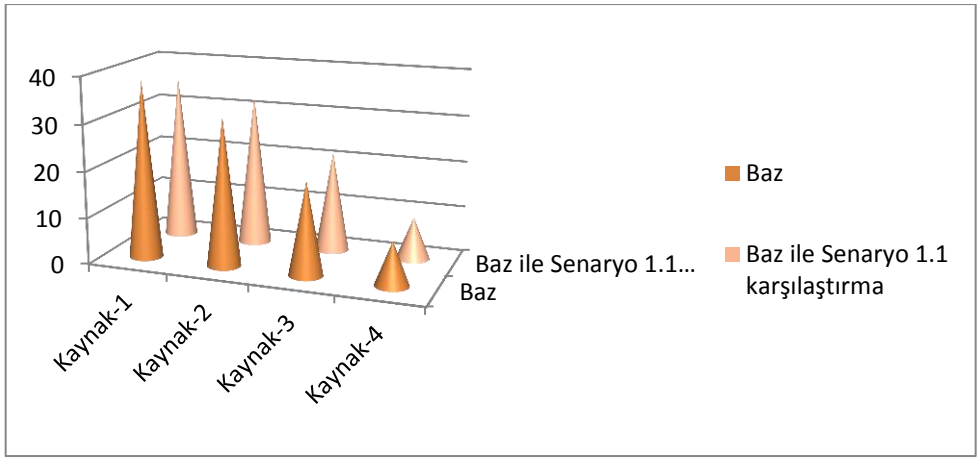
verilmiştir. Baz modelde kaynak-1 için 12 aylık toplam kaynak arttırma miktarı 9 iken Senaryo 1-1'de projeler için gerekli kaynak miktarının arttırılması sonucunda toplam kaynak arttırma miktarının 25'e çıktığı görülmüştür. Benzer şekilde kaynak-2 için 3 olan toplam kaynak arttırma miktarının 17'ye, kaynak-3 için 1'den 7'ye ve kaynak-4 için ise 5'ten 4'e düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4 : Senaryo-1.1 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim.

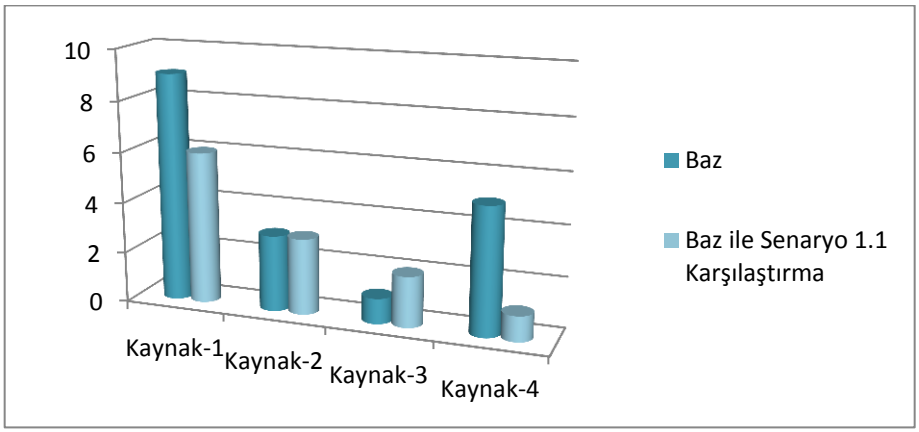
Baz senaryo ile Senaryo 1.1 karşılaştırılması:

Baz senaryo ile Senaryo 1.1'in karşılaştırılması amacıyla Senaryo 1.1 $\mathbf{Z_2}$ değeri, baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen optimum $\mathbf{Z_2 = 6759.798}$ değeri ile sınırlanmıştır. Senaryo-1.1'de baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarının %50 oranında arttırılması ve toplam maliyet üst sınırının baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen değerle sınırlandırılması ile seçilen proje sayısında düşüş görülmesi beklenmiştir. Seçilen proje sayısının 37 olduğu görülmüştür. Baz modele göre seçilen proje sayısında %.26 düşüş görülmüş, aynı zamanda toplam fayda puanı değerinin de %28 azaldığı görülmüştür. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5 : Baz ve Senaryo 1.1'in karşılaştırılma senaryosu için ortalama işgücü değişimi.

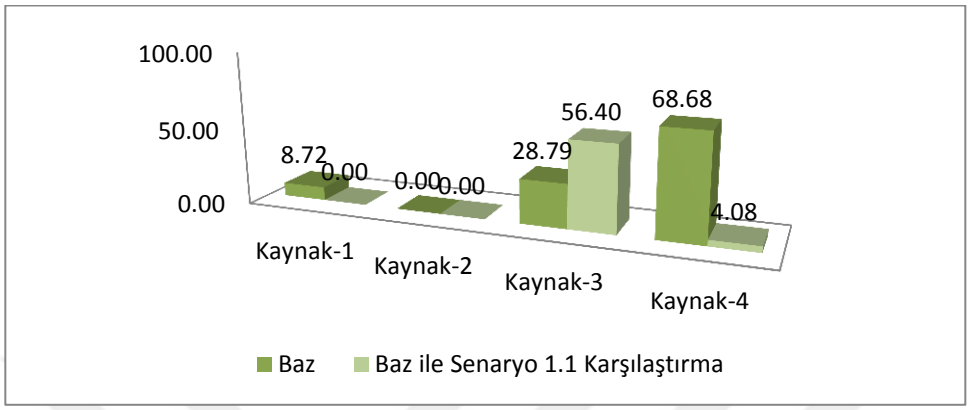
Şekil 4.5'e göre kaynak-1 ve kaynak-4 için ortalama işgücü yaklaşık olarak sırasıyla %7 ve %3 azalmış, kaynak-2 ve kaynak-3 için ise sırasıyla %3 ve %8 artmıştır. Şekil 4.6'da baz modele göre toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim verilmiştir. Baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarının %50 oranında arttırılması ve toplam maliyet üst sınırının baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen değerle sınırlandırılması sonucunda baz modele göre kaynak-1 ve kaynak-4 için kaynak arttırma miktarlarının azaldığı, kaynak-3 için arttığı ve kaynak 2 için değişmediği görülmüştür.



Şekil 4.6 : Baz ve Senaryo 1.1'in karşılaştırılma senaryosu için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim.

Şekil 4.7, tüm kaynak türleri için toplam fazla mesai miktarlarındaki (adam/saat) değişimi göstermektedir. Şekil 4.7'ye göre baz senaryo ile kıyaslandığında kaynak-1 ve

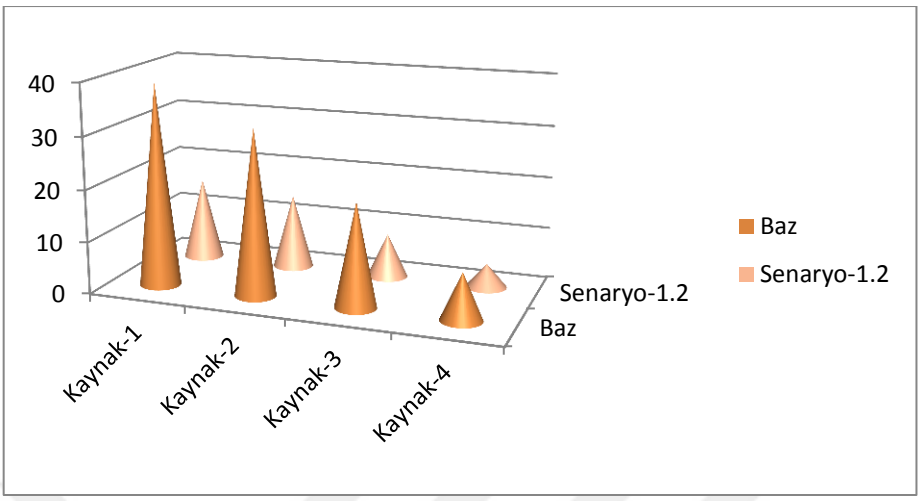
kaynak-4 için toplam fazla mesai miktarlarının azaldığı, kaynak-3 için arttığı, kaynak-2 için değişim olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.7 : Baz ve Senaryo 1.1 karşılaştırılma senaryosu için toplam fazla mesai miktarlarındaki (adam/saat) değişim.

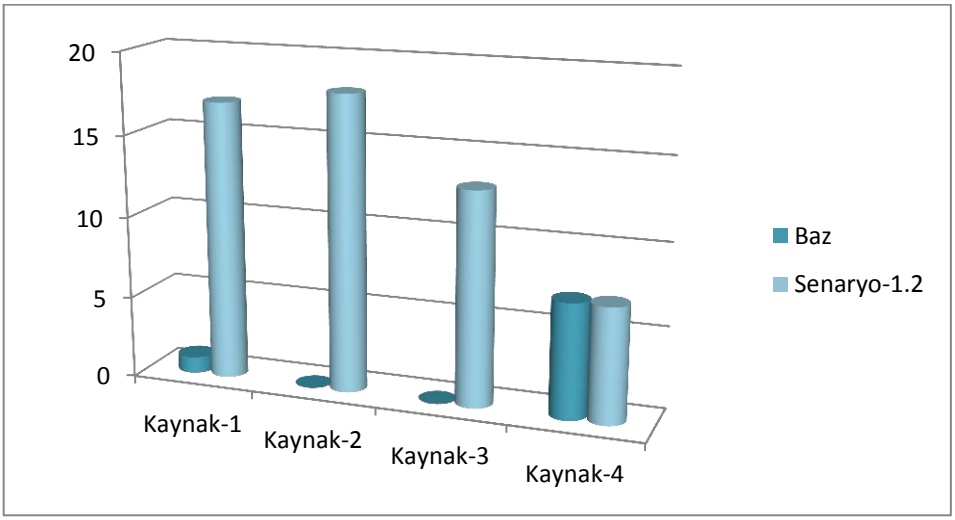
Senaryo-1.2:

Senaryo-1.2'de baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarı %50 oranında azaltılmıştır. Aynı zamanda problem sahibi tarafından toplam maliyet üst sınırı baz modele göre yaklaşık olarak %53 oranında azaltılmıştır. Projeler için gerekli kaynak miktarının azalması baz modele göre daha çok sayıda proje seçilmesi ve toplam gerekli işgücünde azalma beklenmiştir. Fakat aynı zamanda toplam maliyet üst sınırındaki azalışın seçilen proje sayısının azalmasını sağlayarak baz modele göre seçilen proje sayısını dengelemesi beklenmiştir. Seçilen proje sayısının 44 olduğu görülmüştür. Seçilen proje sayısıyla benzer ölçüde toplam fayda puanı değerinin %10 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.8'de verilmiştir. Şekil 4.8'e göre kaynak-1 için ortalama işgücü %59, kaynak-2 için %55, kaynak-3 için %57 ve kaynak-4 için ise %49 azalmıştır.



Şekil 4.8 : Senaryo-1.2 için ortalama işgücü değişimi.

Şekil 4.9'da baz modele göre toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişim verilmiştir. Baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarının %50 oranında azaltılması ve toplam maliyet üst sınırının %53 oranında azaltılması sonucunda baz modele göre toplam kaynak azaltma miktarının kaynak-1, kaynak-2 ve kaynak-3 için arttığı kaynak-4 için değişmediği görülmüştür. Toplam kaynak arttırma miktarının ise kaynak-1, kaynak-2 ve kaynak-4 için azaldığı, kaynak-3 için değişmediği gözlemlenmiştir.



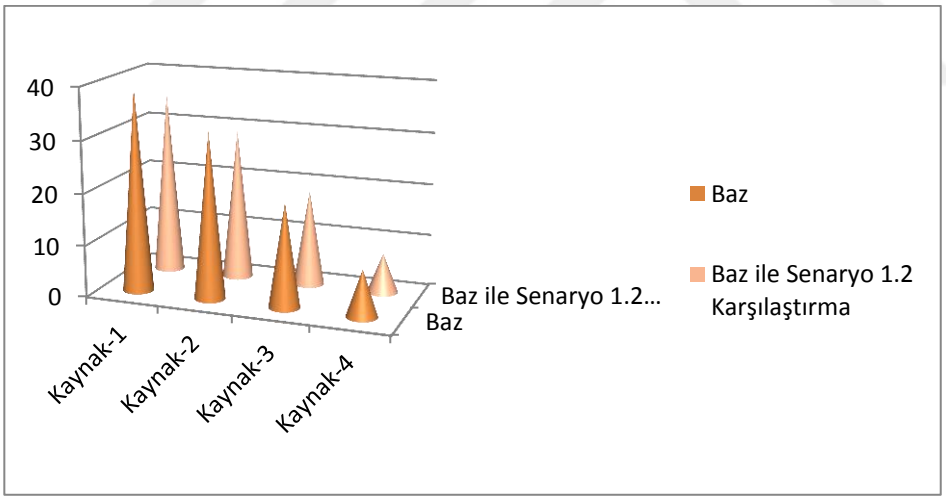
Şekil 4.9 : Senaryo-1.2 için toplam kaynak azaltma miktarındaki değişimi.

Toplam kaynak miktarlarındaki artış ve azalışın yanı sıra mevcut işgücü için toplam fazla mesai miktarları (adam/saat) incelendiğinde kaynak-1 için 8.72, kaynak-3 için

28.79, kaynak-4 için 60.81 (adam/saat) azaldığı ve kaynak-2 için 46.91 (adam/saat) arttığı görülmüştür.

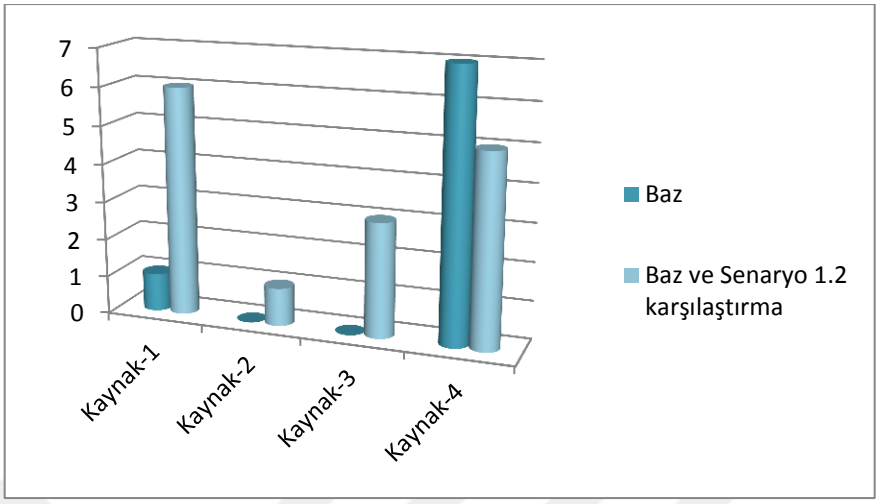
Baz senaryo ile Senaryo 1.2 Karşılaştırılması:

Baz senaryo ile Senaryo 1.2'in karşılaştırılması amacıyla Senaryo 1.2 $\mathbf{Z_2}$ değeri, baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen optimum $\mathbf{Z_2 = 6759.798}$ değeri ile sınırlanmıştır. Bunun yanı sıra Senaryo-1.2'de baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarı %50 oranında azaltılmıştır. Projeler için gerekli kaynak miktarının azalması ile baz modele göre daha çok sayıda proje seçilmesi ve toplam işgücünde azalma beklenmiştir. Seçilen proje sayısının 65 olduğu görülmüştür. Seçilen proje sayısındaki artışla, toplam fayda puanı değerinin %42 oranında arttığı gözlemlenmiştir. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekil 4.10'a göre kaynak-1 için ortalama işgücü yaklaşık olarak %10, kaynak-2 için %9, kaynak-3 için %8 ve kaynak-4 için ise %6 azalmıştır.



Şekil 4.10 : Baz ve Senaryo 1.2 karşılaştırılma senaryosu için ortalama işgücü değişimi.

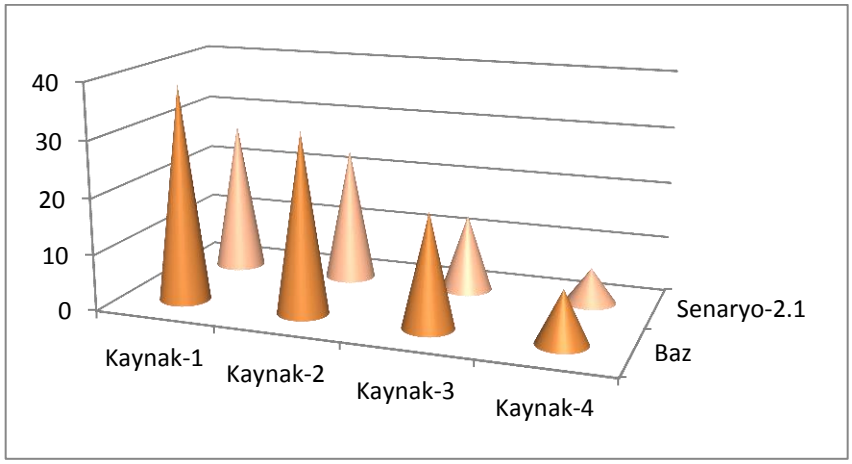
Şekil 4.11'de baz modele göre toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişim verilmiştir. Baz modele göre projeler için gerekli kaynak miktarının %50 oranında azaltılması ve toplam maliyet üst sınırının baz model optimum toplam maliyet değeri ile sınırlanması sonucunda baz modele göre toplam kaynak azaltma miktarının kaynak-1, kaynak-2 ve kaynak-3 için artarken kaynak-4 için azaldığı görülmüştür. Toplam kaynak arttıma miktarının ise tüm kaynak türleri için azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11 : Baz ve Senaryo 1.2'nin karşılaştırılması senaryosu için toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişim.

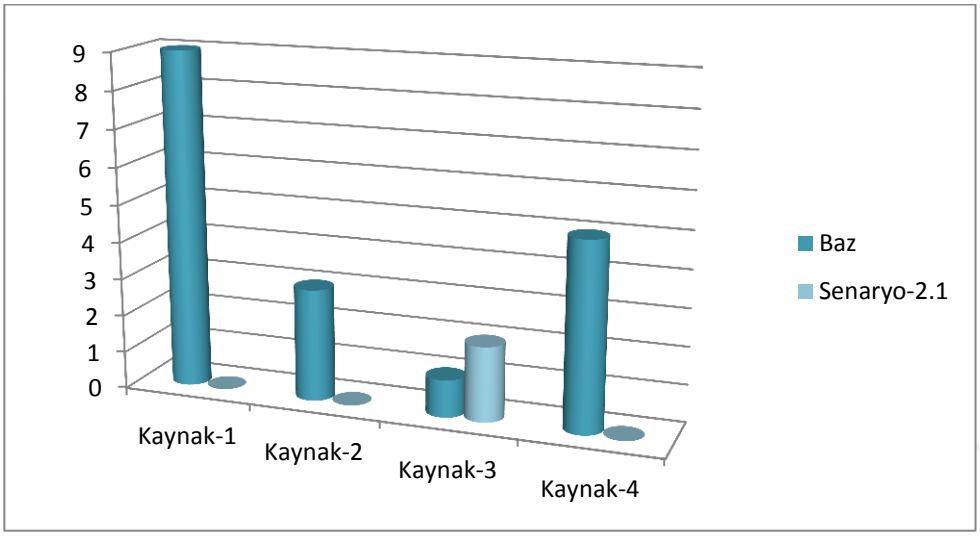
Senaryo-2.1:

Senaryo 2-1'de baz modele göre proje bütçelerini %50 arttırılmış ve problem sahibinin belirlediği toplam maliyet üst sınırı, baz modelin toplam maliyet üst sınırına göre %28 düşürülmüştür. Proje bütçelerinin arttırılması ve toplam maliyet üst sınırının düşürülmesi nedeniyle baz modele göre daha az sayıda proje seçilmesi beklenmiştir. Seçilen proje sayısının 34 olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak toplam fayda puanında %24 düşüş görülmüştür. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.12'de verilmiştir. Şekil 4.12'ye göre gerekli ortalama işgücü kaynak-1 için %30, kaynak-2 için %25, kaynak-3 için %32 ve kaynak-4 için ise %34 azalmıştır.

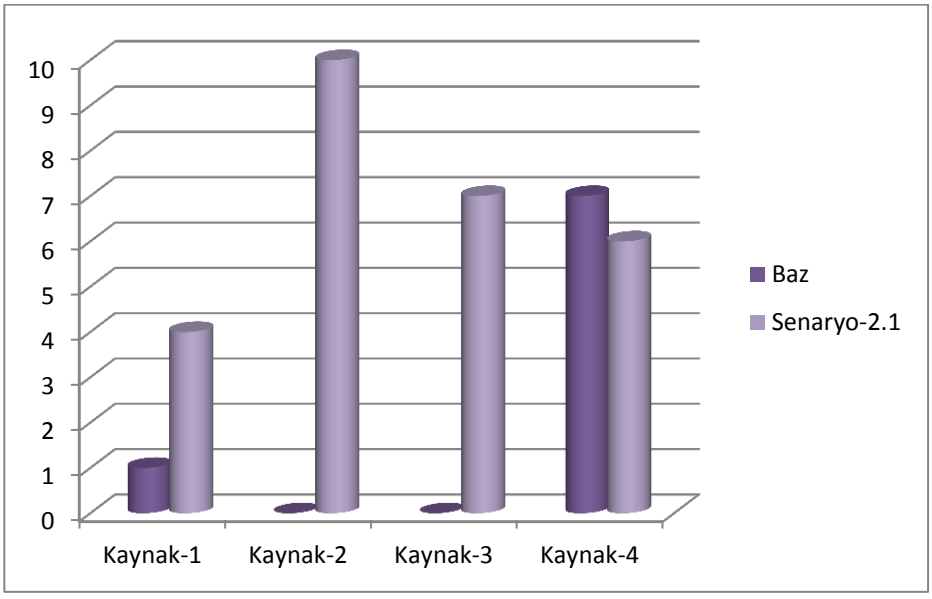


Şekil 4.12 : Senaryo-2.1 için ortalama işgücü değişimi.

Şekil 4.13'te baz modele göre toplam kaynak arttırma, Şekil 4.14'te ise toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişim verilmiştir. Baz modele göre proje bütçelerinin %50 arttırılması ve toplam maliyet üst sınırının %28 azaltılması sonucunda baz modele göre toplam kaynak arttırma miktarının kaynak-1, kaynak-2 ve kaynak-4 için azaldığı kaynak-3 için arttığı görülmüştür. Toplam kaynak azaltma miktarının ise kaynak-1, kaynak-2 ve kaynak-3 için arttığı kaynak-4 için azaldığı gözlemlenmiştir.



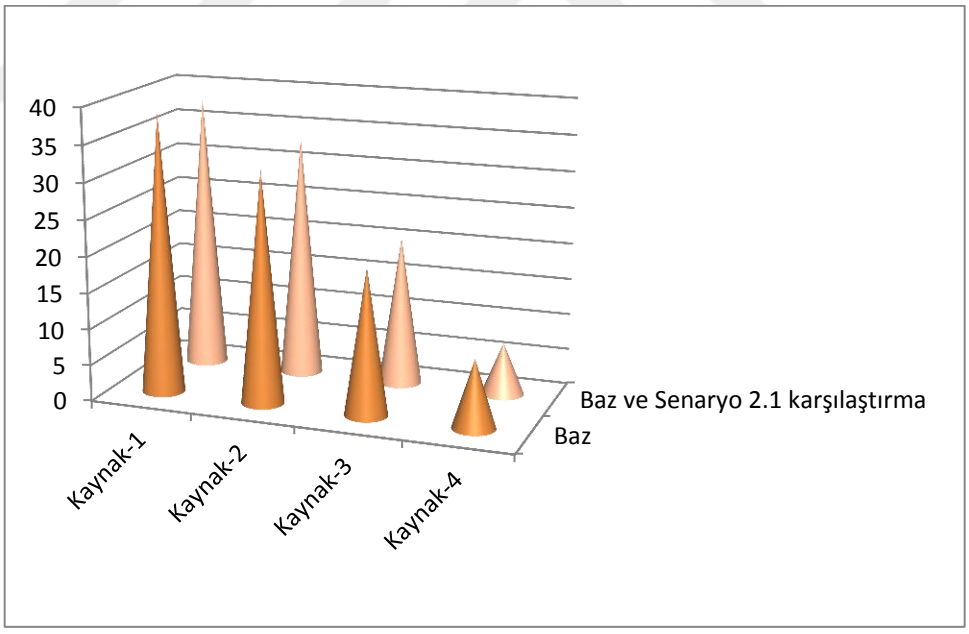
Şekil 4.13 : Senaryo-2.1 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim.



Şekil 4.14 : Senaryo-2.1 için toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişim.

Baz senaryo ile Senaryo 2.1 karşılaştırma:

Senaryo 2.1'de baz modele göre proje bütçelerinin %50 arttırılmasının yanı sıra, baz senaryo ile karşılaştırılması amacıyla Senaryo 2.1 $\mathbf{Z_2}$ değeri, baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen optimum $\mathbf{Z_2 = 6759.798}$ değeri ile sınırlanmıştır. Proje bütçelerinin arttırılması birimlere ayrılan bütçe üst sınırı nedeniyle baz modele göre daha az sayıda proje seçilmesi beklenmiştir. Aynı zamanda toplam maliyetin üst sınırının baz model optimum toplam maliyet değeri ile sınırlanmasının seçilen proje sayısını arttırarak baz modele göre seçilen proje sayısını dengelemesi beklenmiştir. Seçilen proje sayısı 43 olduğu görülmüştür. Toplam fayda puanı baz modele göre %4 oranında azalmıştır. Ortalama gerekli işgücü miktarı ve buna bağlı olarak kaynak arttırma ve azaltma miktarlarının baz modelden elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.15'te verilmiştir. Şekil 4.15'e göre gerekli ortalama işgücü kaynak-1 ve kaynak-4 için düşmüş, kaynak-2 için ve kaynak-3 için ise artmıştır.

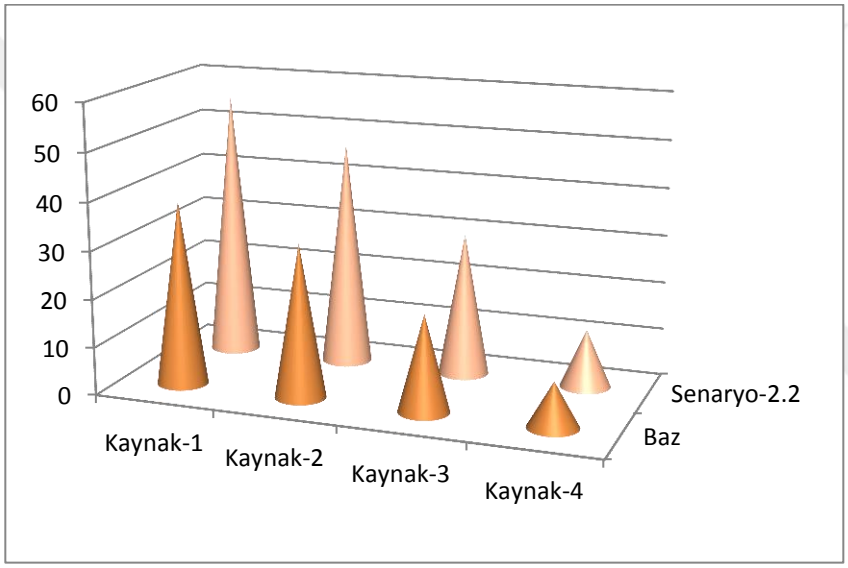


Şekil 4.15 : Baz ve Senaryo 2.1'in karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi.

Senaryo-2.2:

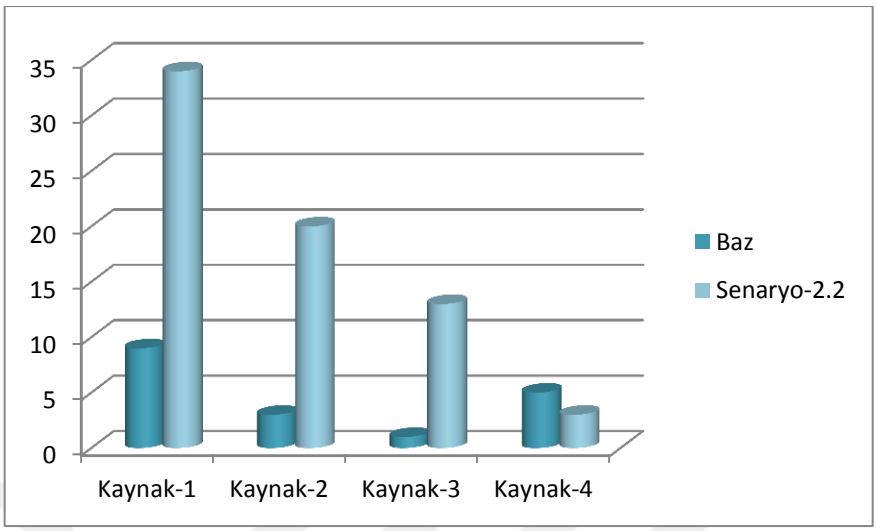
Senaryo 2-2'de baz modele göre proje bütçelerini %50 azaltılmış ve problem sahibinin belirlediği toplam maliyet üst sınırı, baz modelin toplam maliyet üst sınırına göre %46

arttırılmıştır. Proje bütçelerinin azaltılması ve toplam maliyet üst sınırının arttırılması sonucu seçilen proje sayısının baz modele göre artması beklenmiştir. Seçilen proje sayısının 65 olduğu gözlemlenmiştir. Toplam fayda puanı baz modele göre %32 oranında artmıştır. Proje bütçelerinin azaltılması ve toplam maliyet üst sınırının arttırılması sonucunda seçilen proje sayısının artmasının yanı sıra 12 aylık ortalama işgücü miktarında da artış gözlemlenmiştir. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.16 verilmiştir. Şekil 4.16'ya göre gerekli ortalama işgücü kaynak-1 için %44, kaynak-2 için %47, kaynak-3 için %48 ve kaynak-4 için %28 artış göstermiştir.



Şekil 4.16 : Senaryo 2.2 için ortalama işgücü değişimi.

Şekil 4.17'de baz modele göre toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim verilmiştir. Baz modele göre proje bütçelerinin %50 azaltılması ve toplam maliyet üst sınırının, baz modele göre %46 arttırılmasıyla kaynak-1, kaynak-2 ve kaynak-3 için toplam kaynak arttırma miktarları artmış, kaynak-4 için ise azalmıştır.



Şekil 4.17 : Senaryo-2.2 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim.

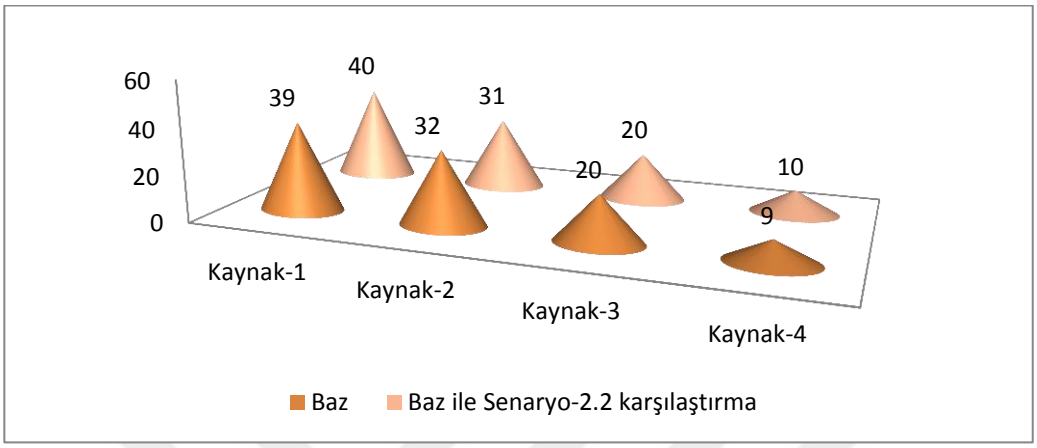
Baz model göre toplam kaynak azaltma miktarlarındaki değişime bakıldığında tüm kaynaklar için kaynak azaltma yapılmadığı görülmüştür. Buna göre baz modele göre kaynak-1 ve kaynak-4 için toplam kaynak azaltma miktarlarının azaldığı, kaynak-2 ve kaynak-3 için değişmediği gözlemlenmiştir.

Projelerin geç bitiş zamanları göz önünde bulundurulduğunda baz modelde seçilen projeler arasından proje 67'nin 1 ay geç bittiği görülmüştür. Senaryo-2.2'de ise proje 11, 37 ve 58'in 1 ay geç bittiği, proje 71'in ise 6 ay geç bittiği görülmüştür.

Baz senaryo ile Senaryo 2.2 karşılaştırma:

Senaryo 2.2'de baz modele göre proje bütçelerinin %50 azaltılmasının yanı sıra, baz senaryo ile karşılaştırılması amacıyla Senaryo 2.2 $\mathbf{Z_2}$ değeri, baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen optimum $Z_2 = 6759.798$ değeri ile sınırlanmıştır. Proje bütçelerinin azaltılması seçilen proje sayısında artış olmasını sağlaması beklenirken ve toplam maliyet üst sınırının baz senaryo optimum toplam maliyet değeri ile sınırlandırılması sonucu seçilen proje sayısının baz modele göre dengelenmesi beklenmiştir. Seçilen proje sayısının 49 olduğu gözlemlenmiştir. Toplam fayda puanı baz modele göre %5 oranında azalmıştır. Kaynak arttırma, kaynak azaltma, geç bitiş maliyeti, çalışan maliyeti ve fazla mesai maliyetinden oluşan toplam maliyet üst sınırının baz senaryo optimum toplam maliyet değeri ile sınırlandırılması sonucu proje bütçeleri azalsa dahi maliyet sınırından

kaynaklı olarak işgücü miktarı arttırılamadığı için elde edilen sonuçların baz model ile benzer olduğu görülmüştür. 12 aylık ortalama işgücü değişimi Şekil 4.18'de verilmiştir.

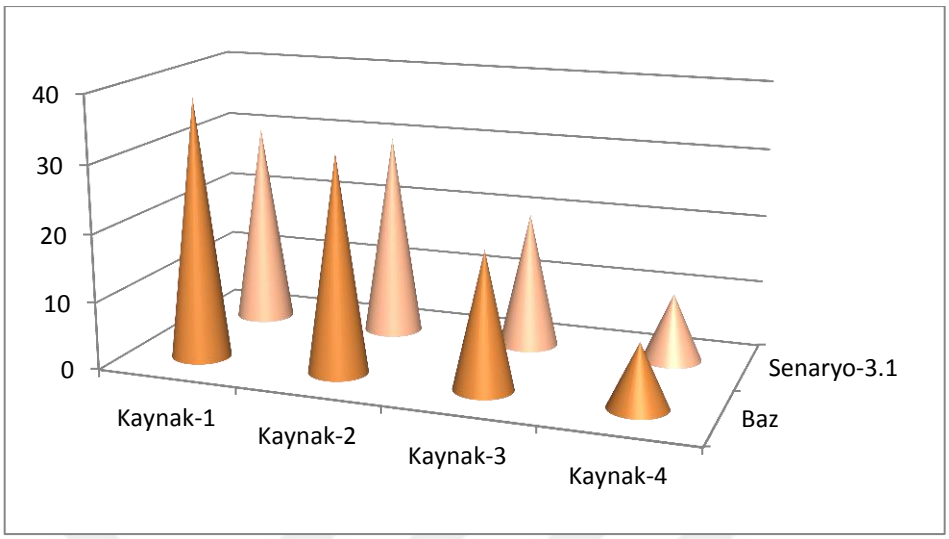


Şekil 4.18 : Baz ve Senaryo 2.2'in karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi.

Projelerin geç bitiş zamanları göz önünde bulundurulduğunda baz modelde seçilen projeler arasından proje 67'nin 1 ay geç bittiği görülmüştür, Baz ve Senaryo 2.2'in karşılaştırılması senaryosunda ise proje 67'nin seçilmediği ve seçilen projelerden proje 2'nin 1 ay, proje 71'in ise 7 ay geç bittiği görülmüştür.

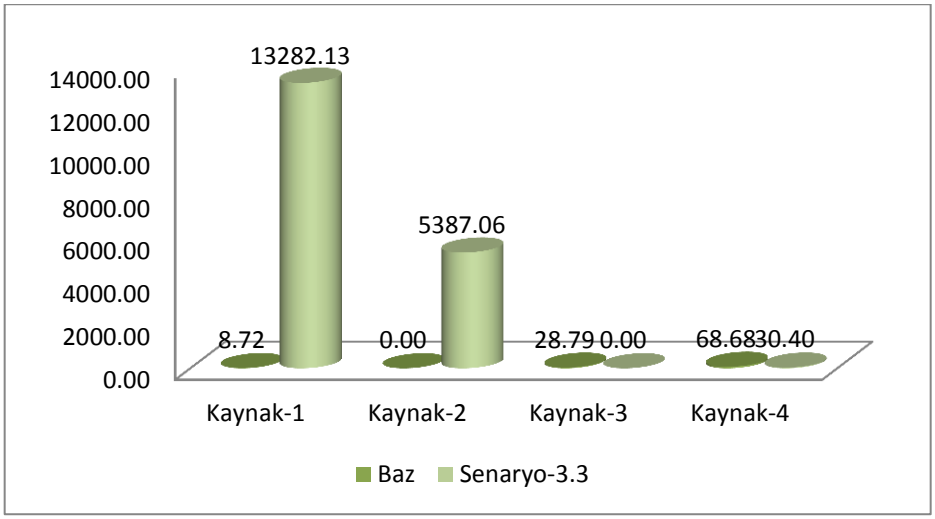
Senaryo-3.1:

Senaryo 3.1'de baz modele göre kaynak arttırma ve azaltma tamamen durdurulmuş ve problem sahibinin belirlediği toplam maliyet üst sınırı, baz modelin toplam maliyet üst sınırına göre %4 arttırılmıştır. Seçilen proje sayısının 49 olduğu görülmüştür. Toplam fayda puanı baz modele göre %1 azalmıştır. 12 aylık işgücü değişimi Şekil 4.19'da verilmiştir. Kaynak-1, kaynak-2, kaynak-3 ve kaynak-4 için ortalama işgücü baz senaryoda sırasıyla 39, 32, 20 ve 9 iken Senaryo 3.1'de sırasıyla 30, 30, 20 ve 10 kişi ile sınırlanmıştır.



Şekil 4.19 : Senaryo 3.1 için ortalama işgücü değişimi.

Kaynak arttırma ve azaltmanın tamamen durdurulması sonucu baz modele göre fazla mesai miktarlarında değişim görülmüştür. Şekil 4.20 fazla mesai miktarlarındaki değişimi (adam/saat) göstermektedir. Buna göre kaynak-1 ve kaynak-2 için fazla mesai miktarında artış görülürken, kaynak-3 ve kaynak-4 için fazla mesai miktarlarında azalma görülmüştür.

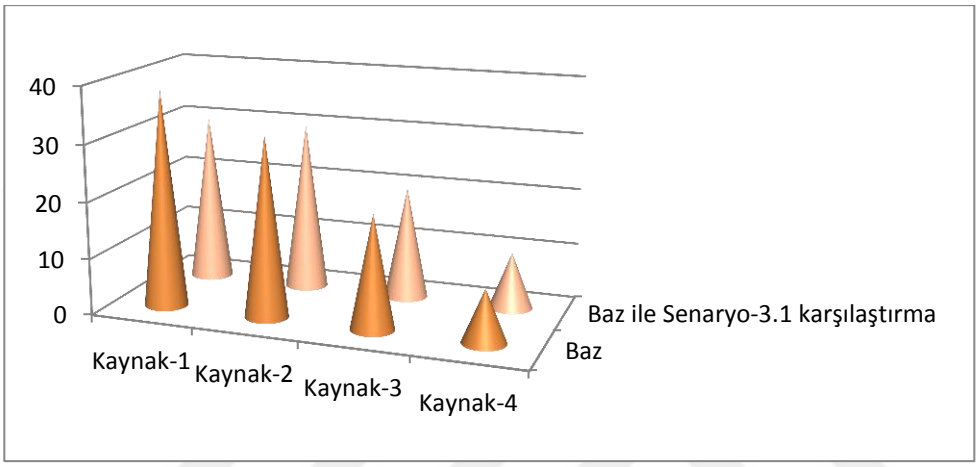


Şekil 4.20 : Senaryo 3.1 için fazla mesai miktarlarındaki değişim.

Baz senaryo ile Senaryo 3.1 karşılaştırma:

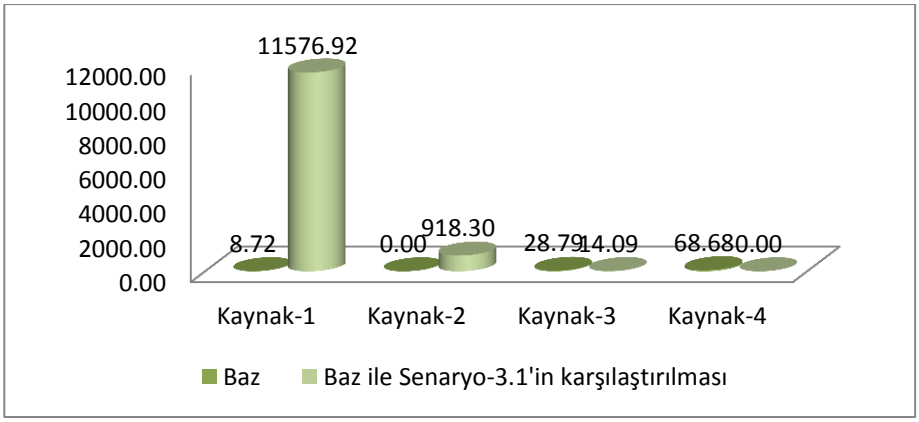
Senaryo 3.1'de baz modele göre kaynak arttırma ve azaltmanın tamamen durdurulmasının yanı sıra, baz senaryo ile karşılaştırılması amacıyla Senaryo 3.1 $\mathbf{Z_2}$

değeri, baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen optimum $\mathbf{Z_2 = 6759.798}$ değeri ile sınırlanmıştır. Seçilen proje sayısının 48 olduğu görülmüştür. Toplam fayda puanı baz modele göre %3.5 azalmıştır. 12 aylık işgücü değişimi Şekil 4.21'de verilmiştir. Kaynak-1, kaynak-2, kaynak-3 ve kaynak-4 için ortalama işgücü baz senaryoda sırasıyla 39, 32, 20 ve 9 iken Senaryo 3.1'de sırasıyla 30, 30, 20 ve 10 kişi ile sınırlanmıştır.



Şekil 4.21 : Baz ve Senaryo 3.1'in karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi.

Kaynak arttırma ve azaltmanın tamamen durdurulması sonucu baz modele göre toplam fazla mesai miktarlarında değişim görülmüştür. Şekil 4.22, fazla mesai miktarlarındaki değişimi (adam/saat) göstermektedir. Buna göre kaynak-1 ve kaynak-2 için fazla mesai miktarında artış görülürken, kaynak-3 ve kaynak-4 için toplam fazla mesai miktarında azalma görülmüştür.

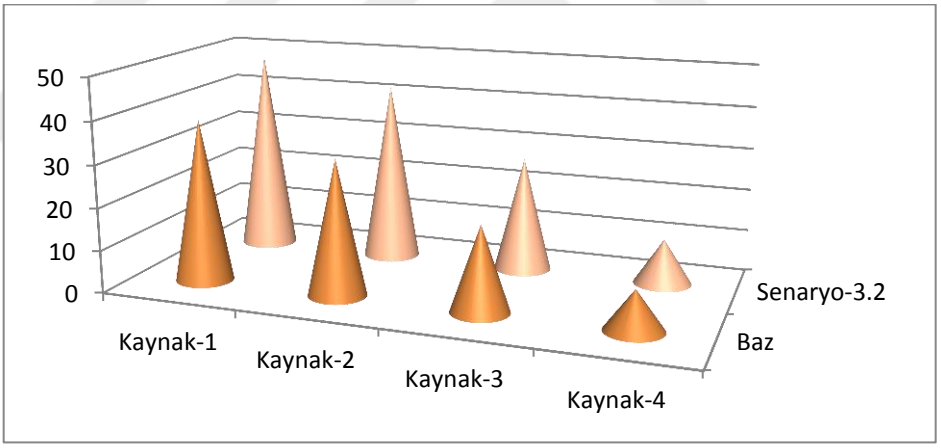


Şekil 4.22 : Baz ve Senaryo 3.1'in karşılaştırılması senaryosu için fazla mesai miktarlarındaki değişim.

Kaynak kullanım miktarları değerlendirildiğinde baz senaryoda kaynak-4 için kaynak kullanımı %100 iken baz ve Senaryo 3.1'in karşılaştırılması senaryosu için kaynak-4 için kaynak kullanım miktarlarının 9. ve 12. Aylarda sırasıyla %71 ve %68'e düştüğü görülmüştür.

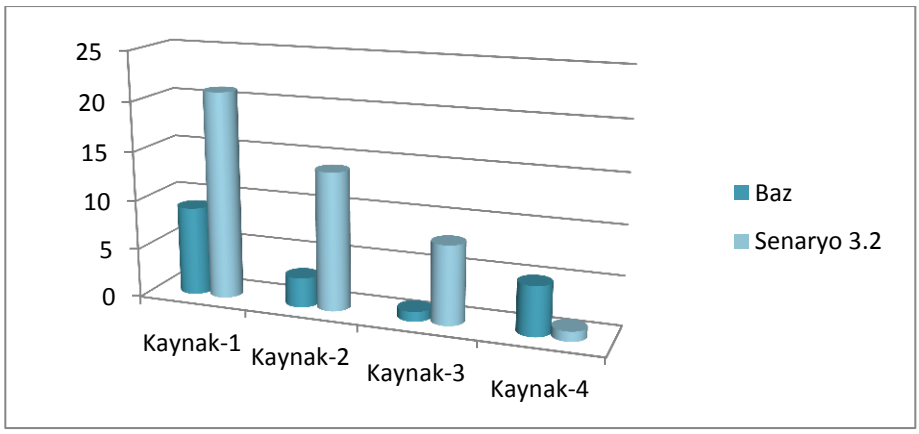
Senaryo-3.2:

Senaryo 3.2'de baz modele göre kaynak arttırma aynı iken kaynak azaltma tamamen durdurulmuş ve problem sahibinin belirlediği toplam maliyet üst sınırı, baz modelin toplam maliyet üst sınırına göre %30 arttırılmıştır. Seçilen proje sayısının 59 olduğu görülmüştür. Toplam fayda puanı baz modele göre %21 artmıştır. 12 aylık işgücü değişimi Şekil 4.23'te verilmiştir. Toplam maliyet üst sınırının baz modele göre arttırılması ve kaynak azaltmanın durdurulması sonucu seçilen proje sayısında artış görülmesinin yanı sıra tüm kaynaklar için işgücünde artış görülmüştür.



Şekil 4.23 : Senaryo 3.2 için ortalama işgücü değişimi.

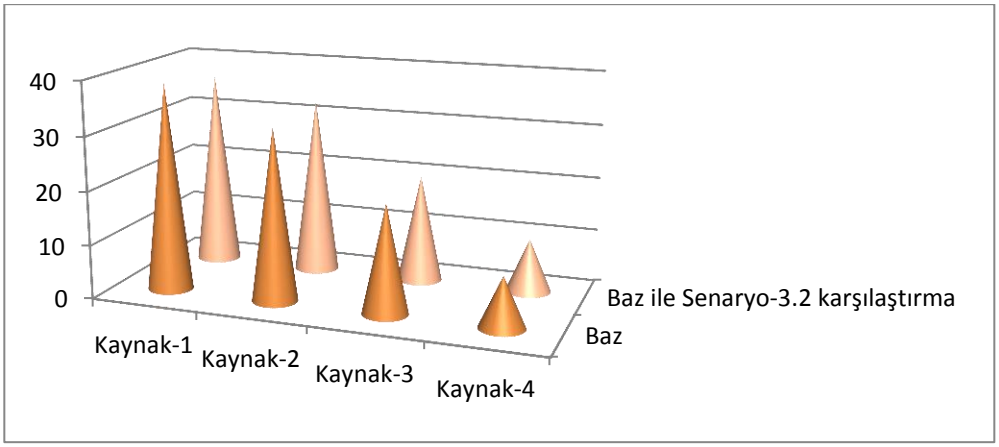
Toplam kaynak arttırma miktarındaki değişim Şekil 4.24'te verilmiştir. Toplam kaynak arttırma miktarlarının kaynak-1, kaynak-2 ve kaynak-2 için arttığı, kaynak-4 için ise azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.24 : Senaryo 3.2 için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim.

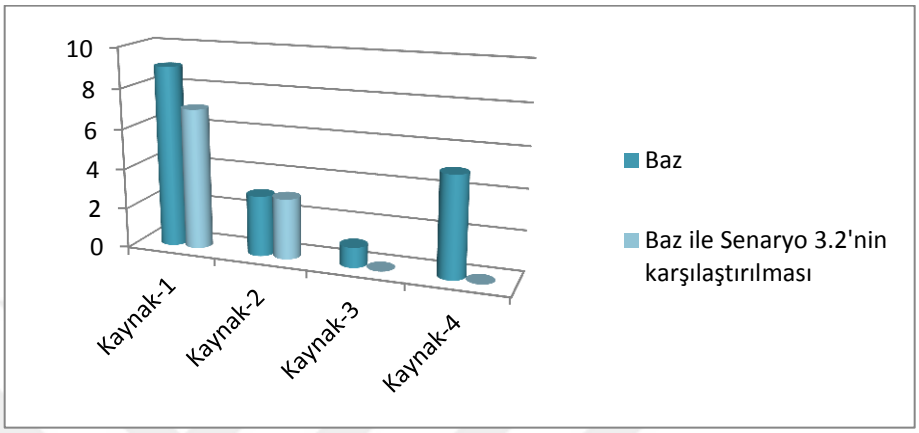
Baz senaryo ile Senaryo 3.2 karşılaştırma:

Senaryo 3.2'de baz modele göre kaynak arttırma aynı iken kaynak azaltma tamamen durdurulmuş ve baz senaryo ile karşılaştırılması amacıyla Senaryo 3.2 $\mathbf{Z_2}$ değeri, baz senaryonun çözümü sonucu elde edilen optimum $\mathbf{Z_2 = 6759.798}$ değeri ile sınırlanmıştır. Seçilen proje sayısının baz senaryo ile benzer şekilde 50 olduğu ve toplam fayda puanı değerinin de baz senaryo ile benzer olduğu görülmüştür. Ortalama işgücü değişimi Şekil 4.25'te verilmiştir. Ortalama işgünün baz modele göre kaynak-1 için azaldığı, kaynak-2 ve kaynak-4 için arttığı ve kaynak-3 için ise değişmediği görülmüştür.



Şekil 4.25 : Baz ve Senaryo 3.2'nin karşılaştırılması senaryosu için ortalama işgücü değişimi.

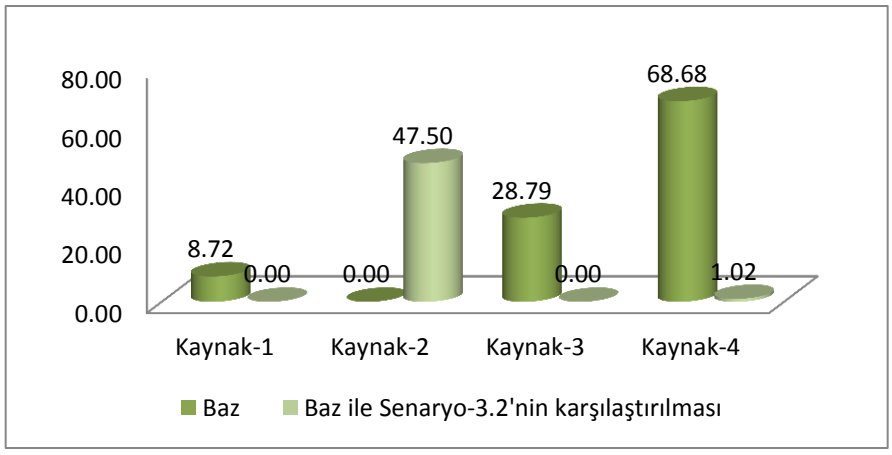
Toplam kaynak arttırma miktarındaki değişim Şekil 4.26'da verilmiştir. Toplam kaynak arttırma miktarları baz model ile kıyaslandığında kaynak-1, kaynak-3 ve kaynak-4 için azalmış, kaynak-2 için ise değişmemiştir.



Şekil 4.26 : Baz ve Senaryo 3.2'nin karşılaştırılması senaryosu için toplam kaynak arttırma miktarlarındaki değişim.

Projelerin geç bitiş zamanları göz önünde bulundurulduğunda baz modelde seçilen projeler arasından proje 67'nin 1 ay geç bittiği görülmüştür. Baz senaryo ve senaryo 3.2'nin karşılaştırılması senaryosunda ise seçilen projeler arasından proje 58 ve proje 71'in sırasıyla 1 ay ve 6 ay geç bittiği görülmüştür.

Toplam fazla mesai miktarları incelendiğinde baz modele göre değişimi Şekil 4.27'de verilmiştir. Kaynak-1, kaynak-3 ve kaynak-4 için toplam fazla mesai miktarlarının azaldığı, kaynak-2 için ise arttığı görülmüştür.



Şekil 4.27 : Baz ve Senaryo 3.2'nin karşılaştırılması senaryosu için toplam fazla mesai miktarlarındaki değişim.

Kaynak kullanımı incelendiğinde baz modele göre kaynak-3 için 10. aydaki kaynak kullanımının ve kaynak-4 için 12. aydaki kaynak kullanımının sırasıyla %4 ve %14 düştüğü görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Tez çalışması kapsamında ilk olarak literatürde PPSÇ problemi ile ilgili mevcut bulunan yayınların incelenmesi ve sınıflandırılması amacıyla yazın taraması çalışmaları yapılmıştır. İlk olarak PPS problemi ile ilgili bir yazın taraması yapılmış, PPS problemi ile ilgili literatürde mevcut bulunan yayınlar çalışma türü, kullanılmış yöntemler, yayınlandığı bilimsel dergi ve proje tipi olmak üzere dört ayrı açıdan incelenmiştir. İnceleme sonucunda yukarıda verilen dört açı göz önünde bulundurularak bir sınıflandırma şeması önerilmiştir. Ayrıca literatürde HGKV barındıran çalışmaları ortaya çıkarmayı hedefleyen bir yazın taraması da yapılmış, birkaç çalışma ile karşılaşılmış (Dongrui ve Mendel, 2007; Lee ve Chen 2008; Chen ve Lee 2010; Ke ve diğ, 2012; Mousavi ve diğ, 2013) fakat bu çalışmaların KV hiyerarşisi değil, AHP yapısına benzer şekilde kriterler hiyerarşisi barındırdığı görülmüştür. Tarama sonucunda, literatürde bu tez çalışmasında önerilen HKGV yapısının ortaya konduğu herhangi bir çalışma olmadığı görülmüştür. Dahası, literatürde mevcut bulunan BGKV ve DKV'nin özelliklerini incelemek ve bu tez çalışmasında önerilen HGKV ile aralarındaki farkları ortaya koymak amacıyla karşılaştırmalı birer yazın taraması yapılmıştır. Buna ek olarak, literatürde çoğunlukla PPS ile proje çizelgeleme problemlerinin birbirinden ayrı çalışıldığı görülmüştür. Çizelgeleme süreci, seçim sürecinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. PPSÇ problemi ile ilgili literatürde mevcut bulunan çalışmaları ortaya çıkarmak ve önem arz eden çalışmaları detaylıca incelemek amacıyla bir yazın taraması gerçekleştirilmiştir. Son olarak tez çalışmasının çizelgeleme ayağı için ihtiyaç duyulan ÇAP çözüm yöntemlerini araştırmak üzere bir yazın taraması yapılmış ve sonuçlar sunulmuştur.

Yazın taramalarından elde edilen sonuçlar sentezlenerek bazı çıkarımlarda bulunulmuştur: (1) PPSÇ problemleri için GKV yaklaşımlarından yararlanmanın önemi, (2) Karar verme sürecine katılan çok sayıda KV/uzman, yüksek sayıda alternatif ve kriter bulunduğu durumların üstesinden gelebilecek GKV yöntemlerine olan gereksinim,

(3) PPS problemi ile çizelgeleme problemini bir arada ele alan yaklaşımlara olan gereksinim.

Ardından bu tez çalışmasında önerilen HKGV problemi tanımlanmış, özellikleri detaylarıyla anlatılmış ve klasik GKV problemlerinden farkları verilmiştir. HGKV problemi için iki farklı durumda kullanılmak üzere geliştirilen iki ayrı çözüm yaklaşımından ilki KV ve uzman değerlendirmelerinin klasik sayılar ile ifade edildiği durum için geliştirilmiştir. İkinci çözüm yaklaşımı ise KV ve uzman değerlendirmelerinin kanı dereceleri ile ifade edildiği durum için geliştirilmiştir. İki çözüm yaklaşımının detaylıca açıklanması amacıyla iki ayrı firmanın organizasyon şemasına uygun şekilde HGKV problem yapısı tanımlanmış, ardından önerilen çözüm yaklaşımları anlatılmış ve son olarak birer uygulama yapılmıştır.

Tez çalışmasının son bölümü ise PPS problemi ile proje portföy çizelgeleme problemlerinin bir arada ele alındığı, geliştirilen entegre yapının son kısmını oluşturmaktadır. Projeler arası bağımlılık ilişkileri ve organizasyona ait bütçe, işgücü ve maliyet ile ilgili tüm kısıtların ele alındığı, HGKV yaklaşımından elde edilen projelerin fayda puanlarının amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanıldığı, PPSÇ problemi için kapsamlı bir ÇAP modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen ÇAP modelinin çözümü için yeni interaktif bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu çözüm yaklaşımı ile kanı dereceleri ile ifade edilen farklı tatmin seviyelerindeki fayda puanlarının modele entegre edilmesi ile optimum çözüm elde edilebilmektedir. İncelediğimiz kadarıyla, literatürde daha önce farklı tatmin seviyelerindeki kanı derecelerinin birleştirildiği ve amaç fonksiyonu katsayısı olarak ele alındığı bir başka çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında önerilen entegre PPSÇ yaklaşımı çok sayıda alternatif proje, yüksek sayıda çalışan ve çok seviyeli hiyerarşiye sahip organizasyonlar için, çok sayıda kriterin bulunduğu karmaşık ve kompleks gerçek hayat problemlerinin üstesinden gelmeye imkan tanıyacaktır.

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmaların yanı sıra gelecekte yapılabilecek bazı çalışmalar bulunmaktadır: (1) PPSÇ problemi için yeni GKV yöntemleri geliştirilebilir; proje tiplerinden bağımsız olarak, PPSÇ problemi üst yönetim, müdürler, yöneticiler ve çalışanlar olmak üzere çok sayıda paydaş içerebilir. PPSÇ problemine doğası gereği

birden fazla paydaşın katılımı gerekmesine rağmen, literatür çalışmaları sonucu GKV yaklaşımlarından faydalanan az sayıda çalışma ile karşılaşılmıştır. Saaty'e göre (2008) tek bir KV yerine birçok KV ile karar vermek, daha iyi kararlara yol açmaktadır, bu nedenle GKV bir armağandır. Tek bir KV'nin baskınlığı yerine problemi her yönüyle ele alabilen bir grup KV'ye içeren çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Gerçek hayat problemleri çok sayıda paydaş içerdiğinden bu alanda GKV yaklaşımları daha sık kullanılmalı ya da yeni GKV yaklaşımları geliştirilmelidir. (2) Organizasyonların geliştirilen yapıyı kolayca uygulayabilmesi için bir karar destek sistemi geliştirilebilir; PPSÇ çok sayıda projenin değerlendirilmesi gerekliliğinden ötürü karmaşık bir GKV problemidir. Proje ve paydaş sayısı arttıkça problemin kompleksliği de artmaktadır. Özellikle gerçek hayat PPSÇ problemlerinde yöneticiler ve çalışanlar birçok zorluk ile karşılaşmaktadır. Çalışanlar literatürdeki PPSÇ yöntemlerine aşina olmayabilirler. Bu durumda iyi planlanmamış bir altyapıya sahip olan, komplike ve zaman alıcı yöntemler kullanıldığında hesaplama karmaşıklığı artmaktadır. Gerçek hayat PPSÇ problemleri kompleks ve zaman alıcı olmanın yanı sıra çok sayıda aşama içermektedir. Buna ek olarak çalışanların bu alanda yeterli uzmanlık ve deneyime sahip olmaması durumunda bir karar destek sistemine olan ihtiyaç artmaktadır. PPSÇ problemi için bir karar destek sisteminin kullanımı tüm paydaşlar için sürecin kolayca anlaşılması ve katılımları açısından önem taşımaktadır. Karar destek sisteminin kullanımı, matematiksel altyapıya sahip olmayan paydaşlar için hesaplama karmaşıklığını azaltarak, kullanışlı ve etkin bir yapı kurulmasını sağlayacaktır, (3) Çeşitli proje türlerine özgü yeni yöntemler geliştirilebilir ya da mevcut yöntemler çeşitli proje türleri için uyarlanabilir; PPSÇ problemlerinin sahip olduğu çok sayıda proje, paydaş, kriter, amaç ve kısıt olmak üzere ortak özellikleri bulunmasına rağmen farklı proje türlerine özgü çeşitli özellikler de bulunmaktadır. Gerçek hayat problemlerinde, farklı proje tiplerinin farklı özellikleri bulunmakta ve aynı zamanda organizasyonların ihtiyaçları da farklılık göstermektedir. Farklı özelliklere sahip proje türleri için yeni yöntemlerin geliştirilmesi ya da mevcut yöntemlerin farklı proje türleri için uyarlanabilir olması önem taşımaktadır. Örneğin, bir proje türü için projeler arası bağımlılık olması durumu olabilir ve/veya bir başka proje türü yüksek seviyede risk içerebilir. Ayrıca bir proje türü için de zaman önemli bir kısıt olabilir. Bazı organizasyonlar tarafından ortak kaynaklar kullanılabilir ve bu sebeple

kaynaklar arası bağımlılık bulunabilir. Bu nedenle üzerinde çalışılan proje türü detaylıca analiz edilmelidir. Gereksinimler dikkatlice belirlenmeli ve farklı proje türlerinin gereksinimlerini karşılayacak yeni yöntemler geliştirilmesi üzerine çalışılabilir, (4) Bu tez çalışmasında önerilen HGKV yaklaşımı seviye hiyerarşisi barındıran organizasyonların PPSÇ süreçlerinde faydalanabilecekleri bir yapıdır, HGKV yaklaşımının network tipi organizasyonlar ve modüler organizasyonlar için versiyonları geliştirilerek çeşitli uygulamaların gerçekleştirilmesi gelecekte yapılabilecek çalışmalardandır.

Bunların yanı sıra tez çalışmasının birtakım kısıtlamaları bulunmaktadır. İlki tez kapsamında gerçekleştirilmesi planlanan gerçek hayat uygulamalarının Covid-19 salgınından kaynaklı olarak veri temin edilememesi sebebiyle yapılamamış olması, bir diğeri de tez çalışmasının ilk kısmında geliştirilmiş olan HGKV problemi için geliştirilmiş olan çözüm yaklaşımının sonuçlarının literatürde KV'lerin hiyerarşik yapısını barındıran bir başka çalışma bulunmaması sebebiyle literatürdeki çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılamamasıdır.

KAYNAKLAR

Abbasianjahromi, H. R. & Rajaie, H. (2013). Application of fuzzy CBR and MODM approaches in the project portfolio selection in construction companies, *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, *37*(C1), 143–155.

Abbasianjahromi, H. R. & Rajaie, H. (2017). Developing a project portfolio selection model for contractor firms considering the risk factor, *Journal of Civil Engineering and Management*, *18*(6), 879–889. https://doi.org/10.3846/13923730.2012.734856

Abbassi, M., Ashrafi, M., Sharifi Tashnizi, E. (2014). Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A cross-entropy based methodology. *Technovation*, *34*(1), 54–63. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.09.001

Ahn, M. J., Zwikael, O., Bednarek, R. (2010). Technological invention to product innovation: A project management approach. *International Journal of Project Management*, *28*(6), 559–568. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.11.001

Almeida, A. T. De, Duarte, M. D. O. (2011). A multi-criteria decision model for selecting Project Portfolio with consideration being given to a new concept for synergies. *Pesquisa Operacional*, *31*(2), 301–318.

Almeida, J. A. de, Almeida, A. T. de, Costa, A. P. C. S. (2014). Portfolio selection of information systems projects using PROMETHEE V with c-optimal concept. *Pesquisa Operacional*, *34*(2), 275–299. https://doi.org/10.1590/0101-7438.2014.034.02.0275

Altuntas, S. & Dereli, T. (2015). A novel approach based on DEMATEL method and patent citation analysis for prioritizing a portfolio of investment projects, *Expert Systems with Applications*, *42*(3), 1003–1012. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.09.018

Amaral, A. & Madalena, A. (2009). Project portfolio management phases: A technique for strategy alignment, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *58*, 560–568.

Amirian, H. & Sahraeian, R. (2017). Solving a grey project selection scheduling using a simulated shuffled frog leaping algorithm, *Computers and Industrial Engineering*, *107*, 141–149. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.03.018

Amirian, H. & Sahraeian, R. (2018). A hybrid integer grey programming for an integrated problem of project selection and scheduling with interval data, *Journal of Industrial and Production Engineering*, *35*(4), 199–213. https://doi.org/10.1080/21681015.2018.1437792

Arasteh, A., Aliahmadi, A., Omran, M. M. (2014a). A Multi-stage Multi Criteria Model for Portfolio Management. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *39*(5), 4269–4283. https://doi.org/10.1007/s13369-014-0987-9

Arasteh, A., Aliahmadi, A., Omran, M. M. (2014b). Application of Gray Systems and Fuzzy Sets in Combination with Real Options Theory in Project Portfolio Management. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *39*(8), 6489–6506. https://doi.org/10.1007/s13369-014-1155-y

Archer, N. P. & Ghasemzadeh, F. (1999). An integrated framework for project portfolio selection, *International Journal of Project Management*, *17*(4), 207–216.

Archibald, R. D. (1992). *Managing High-Technology Programs and Projects* (3rd ed.,). Wiley.

Argyris, N., Morton, A., Figueira, J. R. (2014). CUT: A Multicriteria Approach for Concavifiable Preferences. *Operations Research*, *62*(3), 633–642. https://doi.org/10.1287/opre.2014.1274

Arifin, R. S., Moersidik, S. S., Soesilo, E. T. B., Hartono, D. M., Latief, Y. (2015). Dynamic Project Interdependencies (PI) in Optimizing Project Portfolio Management (PPM). *International Journal of Technology*, *6*(5), 828–837.

Arora, J. S. (2012). Multiobjective Optimum Design Concepts and Methods. In *Introduction to Optimum Design* (pp. 657–679). https://doi.org/10.1016/b978-012064155-0/50017-3

Arratia M., N. M., López I., F., Schaeffer, S. E., Cruz-Reyes, L. (2016). Static R&D project portfolio selection in public organizations. *Decision Support Systems*, *84*, 53–63. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2016.01.006

Bai, Q., Labi, S., Sinha, K. C., 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. https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000428

Bardhan, I. R., Kauffman, R. J., Naranpanawe, S. (2010). IT project portfolio optimization: A risk management approach to software development governance. *IBM Journal of Research and Development*, *54*(2), 1–18.

Barucke Marcondes, G. A., Leme, R. C., Leme, M. da S., Sanches da Silva, C. E. (2017). Using mean-Gini and stochastic dominance to choose project portfolios with parameter uncertainty. *Engineering Economist*, *62*(1), 33–53. https://doi.org/10.1080/0013791X.2016.1176283

Bas, E. (2012). Surrogate relaxation of a fuzzy multidimensional 0-1 knapsack model by surrogate constraint normalization rules and a methodology for multi-attribute project portfolio selection, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *25*(5), 958–970. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2011.09.015

Bastiani, S. S., Cruz-Reyes, L., Fernandez, E., Gomez, C. (2015). Portfolio Optimization From a Set of Preference Ordered Projects Using an Ant Colony Based Multi-objective Approach. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, *8*(2), 41–53. https://doi.org/10.1080/18756891.2015.1129590

Belaid, F. (2011). Decision-making process for project portfolio management, *International Journal of Services Operations and Informatics*, *6*(1/2), 160–181. https://doi.org/10.1504/IJSOI.2011.038324

Benaija, K. & Kjiri, L. (2015). Hybrid approach for project portfolio selection taking account of resources management and interactions between projects, *Journal of Digital Information Management*, *13*(6), 451–461.

Beraldi, P., Violi, A., De Simone, F., Costabile, M., Massabò, I., Russo, E. (2013). A multistage stochastic programming approach for capital budgeting problems under uncertainty. *IMA Journal of Management Mathematics*, *24*(1), 89–110. https://doi.org/10.1093/imaman/dps018

Better, M. & Glover, F. (2006). Selecting Project Portfolios by Optimizing Simulations, *The Engineering Economist*, *51*(2), 81–97.

Bhattacharyya, R. (2015). A Grey Theory Based Multiple Attribute Approach for R&D Project Portfolio Selection, *Fuzzy Information and Engineering*, *7*(2), 211–225. https://doi.org/10.1016/j.fiae.2015.05.006

Bhattacharyya, R., Kumar, P., Kar, S. (2011). Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects. *Computers and Mathematics with Applications*, *62*(10), 3857–3870. https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.09.036

Bitman, W. R. & Sharif, N. (2008). A Conceptual Framework for Ranking R&D Projects, *IEEE Transactions on Engineering Management*, *55*(2), 267–278.

Broilo, E. V. & Nazarova, I. G. (2016). Methodological approach to assessing performance of the organization projects, *Indian Journal of Science and Technology*, *9*(27). https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i27/97684

Çağlar, M. & Gürel, S. (2017). Public R&D project portfolio selection problem with cancellations, *OR Spectrum*, *39*(3), 659–687. https://doi.org/10.1007/s00291-016-0468-5

Caia, F. & Năstase, P. (2015). Modeling a business intelligence system for investment projects, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, *49*(2), 1–24.

Canbaz, B. & Marle, F. (2016). Construction of project portfolio considering efficiency, strategic effectiveness, balance and project interdependencies, *International Journal of Project Organisation and Management*, *8*(2), 103–126. https://doi.org/10.1504/IJPOM.2016.076389

Carazo, A.F., Contreras, I., Gómez, T., Pérez, F. (2012). A project portfolio selection problem in a group decision-making context. *Journal of Industrial and Management Optimization*, *8*(1), 243–261.

Carazo, A. F., Gómez, T., Molina, J., Hernández-díaz, A. G., Guerrero, F. M., Caballero, R. (2010). Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection. *Computers & Operations Research*, *37*(4), 630–639. https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.06.012

Carlsson, C., Fullér, R., Heikkilä, M., Majlender, P. (2007). A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, *44*(2), 93–105. https://doi.org/10.1016/j.ijar.2006.07.003

Carnero, M. C. (2015). Methodology for selection of optimal portfolio in maintenance departments, *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, *22*(5), 549–574.

Chen, J. & Askin, R. G. (2009). Project selection, scheduling and resource allocation with time dependent returns, *European Journal of Operational Research*, *193*(1), 23–34. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.10.040

Chen, S. & Lee, L. (2010). Fuzzy Multiple Criteria Hierarchical Group Decision-Making Based on Interval Type-2 Fuzzy Sets, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, *40*(5), 1120–1128. https://doi.org/10.1109/TSMCA.2010.2044039

Chiang, I. R. & Nunez, M. A. (2013). Strategic alignment and value maximization for IT project portfolios, *Information Technology and Management*, *14*(2), 143–157. https://doi.org/10.1007/s10799-012-0126-9

Cho, K.-K. & Moon, B.-K. (2006). A method for selecting the optimal portfolio of performance improvement projects in a manufacturing system, *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, *13*(1), 61–70.

Cho, W. & Shaw, M. J. (2013). Portfolio selection model for enhancing information technology synergy, *IEEE Transactions on Engineering Management*, *60*(4), 739–749.

Chu, P. V., Hsu, Y., Fehling, M. (1996). A decision support system for project portfolio selection. *Computers in Industry*, *32*, 141–149.

Cluzel, F., Yannou, B., Millet, D., Leroy, Y. (2016). Eco-ideation and eco-selection of R&D projects portfolio in complex systems industries. *Journal of Cleaner Production*, *112*, 4329–4343. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.002

Coffin, M. A., & Taylor, B. W. (1996). Multiple criteria R&D project selection and scheduling using fuzzy logic, *Computers and Operations Research*, *23*(3), 207–220. https://doi.org/10.1016/0305-0548(96)81768-0

Corberán, A., Fernández, E., Laguna, M., Martí, R. (2002). Heuristic solutions to the problem of routing school buses with multiple objectives. *Journal of the Operational Research Society*, *53*(4), 427–435. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601324

Costantino, F., Di Gravio, G., Nonino, F. (2015). Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors. *International Journal of Project Management*, *33*(8), 1744–1754. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.07.003

Crama, P., Reyck, B. De, Degraeve, Z., Chong, W. (2007). Research and development project valuation and licensing negotiations at Phytopharm Plc. *Interfaces*, *37*(5), 472–487. https://doi.org/10.1287/inte.1060.0255

Cruz-Reyes, L., Fernandez, E., Sanchez, P., Coello Coello, C. A., Gomez, C. (2017). Incorporation of implicit decision-maker preferences in multi-objective evolutionary optimization using a multi-criteria classification method. *Applied Soft Computing Journal*, *50*, 48–57. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.10.037

Cruz, L., Fernandez, E., Gomez, C., Rivera, G., Perez, F. (2014). Many-objective portfolio optimization of interdependent projects with "a priori" incorporation of decision-maker preferences. *Applied Mathematics and Information Sciences*, *8*(4), 1517–1531. https://doi.org/10.12785/amis/080405

Da Silva, C. G., Meidanis, J., Moura, A. V., Souza, M. A., Viadanna, P., de Oliveira, M. R., de Barros, R. S. V. (2017). An improved visualization-based approach for project portfolio selection. *Computers in Human Behavior*, *73*, 685–696. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.083

Danesh, D., Ryan, M. J., Abbasi, A. (2017). A systematic comparison of multi-criteria decision making methods for the improvement of project portfolio management in complex organisations. *International Journal of Management and Decision Making*, *16*(3), 280–320. https://doi.org/10.1504/IJMDM.2017.085638

De Oliveira, E. C. B., Alencar, L. H., Costa, A. P. C. S. (2015). An integrated model for classifying projects and project managers and project allocation: A portfolio management approach. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, *22*(3), 330–342.

De Souza, J. S., Neto, F. J. K., Anzanello, M. J., Filomena, T. P. (2012). A Non-Traditional Capital Investment Criteria-Based Method to Optimize a Portfolio of Investments. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, *19*(4), 193–203.

Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, *6*(2), 182–197. https://doi.org/10.1109/4235.996017

Debnath, A., Roy, J., Kar, S., Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J. (2017). A hybrid MCDM approach for strategic project portfolio selection of Agro by-products. *Sustainability*, *9*(8), 1–33. https://doi.org/10.3390/su9081302

Dobrovolskiene, N. & Tamošiuniene, R. (2016). Sustainability-Oriented financial resource allocation in a project portfolio through multi-criteria decision-making, *Sustainability*, *8*(5), 1–18. https://doi.org/10.3390/su8050485

Dobrovolskienė, N. & Tamošiūnienė, R. (2016). An index to measure sustainability of a business project in the construction industry: Lithuanian case, *Sustainability*, *8*(1), 1–14. https://doi.org/10.3390/su8010014

Doerner, K, Gutjahr, W. J., Hartl, R. F., Strauss, C., Stummer, C. (2006). Pareto ant colony optimization with ILP preprocessing in multiobjective project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, *171*(3), 830–841. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.09.009

Doerner, Karl. (2004). Pareto Ant Colony Optimization : A Metaheuristic Approach to Multiobjective Portfolio Selection, *Annals of Operations Research*, *131*, 79–99.

Dong, Y., Zhang, H., Herrera-Viedma, E. (2016). Consensus reaching model in the complex and dynamic MAGDM problem. *Knowledge-Based Systems*, *106*, 206–219. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.05.046

Dutra, C. C., Ribeiro, J. L. D., De Carvalho, M. M. (2014). An economic-probabilistic model for project selection and prioritization. *International Journal of Project Management*, *32*(6), 1042–1055. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.12.004

Ebrahimnejad, S., Hosseinpour, M. H., Nasrabadi, A. M. (2013). A fuzzy bi-objective mathematical model for optimum portfolio selection by considering inflation rate effects. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *69*(1–4), 595–616. https://doi.org/10.1007/s00170-013-5052-4

Ehrgott, M. & Wiecek, M. M. (2005). Mutiobjective Programming. In *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 667–708). New York: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_17

Elbok, G. & Berrado, A. (2017). Towards an Effective Project Portfolio Selection Process, In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 2158–2169).

Engwall, M. & Jerbrant, A. (2003). The resource allocation syndrome : the prime challenge of multi-project management, *International Journal of Project Management*, *21*, 403–409. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00113-8

Erdoğmuş, Ş., Kapanoglu, M., Koç, E. (2005). Evaluating high-tech alternatives by using analytic network process with BOCR and multiactors. *Evaluation and Program Planning*, *28*(4), 391–399. https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2005.07.003

Fang, Y., Chen, L., Fukushima, M. (2008). A mixed R&D projects and securities portfolio selection model. *European Journal of Operational Research*, *185*(2), 700–715. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.002

Fernandez, E., Gomez, C., Rivera, G., Cruz-Reyes, L. (2015). Hybrid metaheuristic approach for handling many objectives and decisions on partial support in project portfolio optimisation. *Information Sciences*, *315*, 102–122. https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.03.064

Fernandez, E., Lopez, E., Mazcorro, G., Olmedo, R., Coello, C. A. (2013). Application of the non-outranked sorting genetic algorithm to public project portfolio selection. *Information Sciences*, *228*, 131–149. https://doi.org/10.1016/j.ins.2012.11.018

Fishburn, P. C. (1974). Lexicographic Orders, Utilities and Decision Rules: A Survey, *Management Science*. https://doi.org/10.1287/mnsc.20.11.1442

Fliedner, T. & Liesiö, J. (2016). Adjustable robustness for multi-attribute project portfolio selection, *European Journal of Operational Research*, *252*(3), 931–946. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.01.058

Fotr, J., Plevn, M., Vacík, E. (2013). Multi-criteria project portfolio optimization under risk and specific limitations. *Economics and Management*, *16*(4), 71–89.

Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., Zavadskas, E. K., Yakhchali, S. H., Ghasempourabadi, M. H. (2012). Project portfolio selection using fuzzy AHP and VIKOR techniques. *Transformations in Business and Economics*, *11*(1), 213–231.

Gabarret, I., Jaouen, A., Nakara, W. a., Vedel, B. (2014). Why are small public incubators "lagging behind"? Learning from disability in the selection practices of a French incubator. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, *23*(4), 456–477. https://doi.org/10.1504/IJESB.2014.065679

García-Melón, M., Poveda-Bautista, R., Del Valle M., J. L. (2015). Using the strategic relative alignment index for the selection of portfolio projects application to a public Venezuelan Power Corporation. *International Journal of Production Economics*, *170*, 54–66. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.023

Garcia, C. (2014). A metaheuristic algorithm for project selection and scheduling with due windows and limited inventory capacity, *Kybernetes*, *43*(9-10), 1483–1499. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216

Gemici-Ozkan, B., Wu, S. D., Linderoth, J. T., Moore, J. E., Gemici-ozkan, B., Wu, S. D., Moore, J. E. (2010). R&D project portfolio analysis for the semiconductor industry. *Operations Research*, *58*(6), 1548–1563. https://doi.org/10.1287/opre.1100.0832

Ghapanchi, A., Tavana, M., Hossein, M., Low, G. (2012). A methodology for selecting portfolios of projects with interactions and under uncertainty. *International Journal of Project Management*, *30*(7), 791–803. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.012

Ghasemzadeh, F. & Archer, N. P. (2000). Project portfolio selection through decision support, *Decision Support Systems*, *29*, 73–88.

Ghassemi, A. & Amalnick, M. S. (2018). NPD project portfolio selection using reinvestment strategy in competitive environment, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, *9*(1), 47–62. https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2017.5.001

Ghorbani, S. & Rabbani, M. (2009). A new multi-objective algorithm for a project selection problem, *Advances in Engineering Software*, *40*(1), 9–14. https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2008.03.002

Gu, J., Xia, X., He, Y., Xu, Z. (2017). An approach to evaluating the spontaneous and contagious credit risk for supply chain enterprises based on fuzzy preference relations. *Computers and Industrial Engineering*, *106*, 361–372. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.02.012

Gurgur, C. (2009). Optimal project portfolio selection with carryover constraint, *Journal of the Operational Research Society*, *60*(12), 1649–1657. https://doi.org/10.1057/jors.2008.104

Gurgur, C. Z. (2009). Mid-Cycle Capital Planning Optimization, *Engineering Economist*, *54*(3), 250–265. https://doi.org/10.1080/00137910903116214

Gurgur, C. Z. & Morley, C. T. (2008). Lockheed Martin Space Systems Company optimizes infrastructure project-portfolio selection, *Interfaces*, *38*(4), 251–262. https://doi.org/10.1287/inte.1080.0378

Gustafsson, J. & Salo, A. (2005). Contingent portfolio programming for the management of risky projects, *Operations Research*, *53*(6), 946–956. https://doi.org/10.1287/opre.1050.0225

Gutjahr, W. J. (2011). Optimal dynamic portfolio selection for projects under a competence development model, *OR Spectrum*, *33*(1), 173–206. https://doi.org/10.1007/s00291-009-0180-9

Gutjahr, W. J. & Froeschl, K. A. (2013). Project portfolio selection under uncertainty with outsourcing opportunities, *Flexible Services and Manufacturing Journal*, *25*(1–2), 255–281. https://doi.org/10.1007/s10696-011-9107-2

Gutjahr, W. J., Katzensteiner, S., Reiter, P., Stummer, C., Denk, M. (2008). Competence-driven project portfolio selection, scheduling and staff assignment. *Central European Journal of Operations Research*, *16*(3), 281–306. https://doi.org/10.1007/s10100-008-0057-z

Gutjahr, W. J., Katzensteiner, S., Reiter, P., Stummer, C., Denk, M. (2010). Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, *205*(3), 670–679. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.041

Gutjahr, W. J. & Reiter, P. (2010). Bi-objective project portfolio selection and staff assignment under uncertainty, *Optimization*, *59*(3), 417–445. https://doi.org/10.1080/02331931003700699

Hall, N. G., Long, D. Z., Qi, J., Sim, M. (2015). Managing Underperformance Risk in Project Portfolio Selection. *Operations Research*, *63*(3), 660–675. https://doi.org/10.1287/opre.2015.1382

Hansen, M. (2000). Tabu search for multiobjective combinatorial optimization: TAMOCO, *Control and Cybernetics*, *29*, 799–818.

Hassanzadeh, F., Modarres, M., Nemati, H. R., Amoako-Gyampah, K. (2014). A robust R&D project portfolio optimization model for pharmaceutical contract research organizations. *International Journal of Production Economics*, *158*, 18–27. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.07.001

Hassanzadeh, F., Nemati, H., Sun, M. (2014). Robust optimization for interactive multiobjective programming with imprecise information applied to R&D project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, *238*(1), 41–53. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.03.023

Hauc, A., Bastič, M., Jurše, L., Pšunder, M. (2010). Model for optimal project portfolio for the construction of railway infrastructure on corridors V and X. *Promet - Traffic - Traffico*, *22*(1), 29–41.

Heidenberger, K. & Stummer, C. (1999). Research and Development Project Selection and Resource Allocation: A Review of Quantitative Modeling Approaches, *International Journal of Management Reviews*, (7), 197–224.

Heydari, T., Hosseini, S., S.-M., Makui, A. (2016). Developing and solving an one-zero non-linear goal programming model to R and D portfolio project selection with interactions between projects. *International Business Management*, *10*(19), 4516–4521.

Ho, E., Lai, Y.-J., Chang, S. (1999). An integrated group decision-making approach to quality function deployment. *IIE Transactions*, *31*(6), 553–567. https://doi.org/10.1023/A:1007654407406

Hsu, J. S., Liang, T. P., Wu, S. P. J., Klein, G., Jiang, J. J. (2011). Promoting the integration of users and developers to achieve a collective mind through the screening of information system projects. *International Journal of Project Management*, *29*(5), 514–524. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.06.006

Hu, G., Wang, L., Fetch, S., Bidanda, B. (2008). A multi-objective model for project portfolio selection to implement lean and Six Sigma concepts. *International Journal of Production Research*, *46*(23), 6611–6625. https://doi.org/10.1080/00207540802230363

Hu, Q. J. & Szmerekovsky, J. (2017). Project Portfolio Selection: A Newsvendor Approach, *Decision Sciences*, *48*(1), 176–199. https://doi.org/10.1111/deci.12214

Huang, X. & Zhao, T. (2014). Project selection and scheduling with uncertain net income and investment cost, *Applied Mathematics and Computation*, *247*, 61–71. https://doi.org/10.1016/j.amc.2014.08.082

Huang, X., Zhao, T., Kudratova, S. (2016). Uncertain mean-variance and mean-semivariance models for optimal project selection and scheduling. *Knowledge-Based Systems*, *93*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.10.030

Iamratanakul, S., Patanakul, P., & Milosevic, D. (2008). Project Portfolio Selection : From Past to Present. In *Proceedings of the 2008 IEEE ICMI,* (pp. 287–292).

Iniestra, G. J. & Gutierrez, J. G. (2009). Multicriteria decisions on interdependent infrastructure transportation projects using an evolutionary-based framework, *Applied Soft Computing*, *9*(2), 512–526. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.07.006

Jafarzadeh, M., Tareghian, H. R., Rahbarnia, F., Ghanbari, R. (2015). Optimal selection of project portfolios using reinvestment strategy within a flexible time horizon. *European Journal of Operational Research*, *243*(2), 658–664. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.12.013

Jeng, D. J.-F. & Huang, K.-H. (2015). Strategic project portfolio selection for national research institutes, *Journal of Business Research*, *68*(11), 2305–2311. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.06.016

Kabak, Ö. (2008). *Olabilirsel Doğrusal Programlama ile Tedarik Zinciri Ağ Yapısının Modellenmesi ve Bir Uygulama*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kabak, Ö. & Ervural, B. (2017). Multiple attribute group decision making: A generic conceptual framework and a classification scheme, *Knowledge-Based Systems*, *123*, 13–30. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2017.02.011

Kabak, Ö. & Ruan, D. (2011a). A comparison study of fuzzy MADM methods in nuclear safeguards evaluation, *Journal of Global Optimization*, *51*(2), 209–226. https://doi.org/10.1007/s10898-010-9601-1

Kabak, Ö. & Ruan, D. (2011b). A cumulative belief degree-based approach for missing values in nuclear safeguards evaluation, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, *23*(10), 1441–1454. https://doi.org/10.1109/TKDE.2010.60

Kalashnikov, V., Benita, F., López-Ramos, F., Hernández-Luna, A. (2017). Bi-objective project portfolio selection in Lean Six Sigma. *International Journal of Production Economics*, *186*, 81–88. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.01.015

Ke, G. Y., Fu, B., De, M., Hipel, K. W. (2012). A Hierarchical Multiple Criteria Model for Eliciting Relative Preferences in Conflict Situations. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, *21*(1), 56–76. https://doi.org/10.1007/s11518-012-5187-0

Khalili-Damghani, K. & Tavana, M. (2014). A comprehensive framework for sustainable project portfolio selection based on structural equation modeling, *Project Management Journal*, *45*(2), 83–97. https://doi.org/10.1002/pmj

Khalili-Damghani, Kaveh, Sadi-Nezhad, S., Tavana, M. (2013). Solving multi-period project selection problems with fuzzy goal programming based on TOPSIS and a fuzzy preference relation. *Information Sciences*, *252*, 42–61. https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.05.005

Khalili-Damghani, Kaveh, Tavana, M., Sadi-Nezhad, S. (2012). An integrated multi-objective framework for solving multi-period project selection problems. *Applied Mathematics and Computation*, *219*(6), 3122–3138. https://doi.org/10.1016/j.amc.2012.09.043

Khan, S. S., Zhao, K., Kumar, R., Stylianou, A. (2017). Examining Real Options Exercise Decisions in Information Technology Investments. *Journal of the Association for Information Systems*, *18*(5), 372–402.

Killen, C. P., Hunt, R. A., Kleinschmidt, E. J. (2008). Project portfolio management for product innovation. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *25*(1), 24–38.

Kira, D. S., Kusy, M. I., Murray, D. H., Goranson, B. J. (1990). A Specific Decision Support System (SDSS) to Develop an Optimal Project Portfolio Mix Under Uncertainty. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *37*(3), 213–221.

Klapka, J. & Pinos, P. (2002). Decision support system for multicriterial R&D and information systems projects selection, *European Journal of Operational Research*, *140*, 434–446.

Kolisch, R. & Meyer, K. (2006). Selection and Scheduling of Pharmaceutical Research Projects, In *Perspectives in Modern Project Scheduling* (pp. 321–344). https://doi.org/10.1007/978-0-387-33768-5_13

Kornfeld, B., Kara, S., Kornfeld, B., Kara, S. (2013). Selection of Lean and Six Sigma projects in industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, *4*(1), 4–16. https://doi.org/10.1108/20401461311310472

Kremmel, T. & Biffl, S. (2011). Software project portfolio optimization with advanced multiobjective evolutionary algorithms, *Applied Soft Computing Journal*, *11*(1), 1416–1426. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.04.013

Kumar, M., Mittal, M. L., Soni, G., Joshi, D. (2018). A hybrid TLBO-TS algorithm for integrated selection and scheduling of projects. *Computers and Industrial Engineering*, *119*(11), 121–130. https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.029

Lambert, J. H., Peterson, K. D., Joshi, N. N. (2006). Synthesis of quantitative and qualitative evidence for accident analysis in risk-based highway planning. *Accident Analysis and Prevention*, *38*(5), 925–935. https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.03.003

Lane, D. (2006). Hierarchy, Complexity, Society. In *In Pumain, Denise. Hierarchy in Natural and Social Sciences. New York, New York: Springer-Verlag* (pp. 81–120).

Latipova, A. T. (2015). On optimization of R&D project selection and scheduling. *IFAC-PapersOnLine*, *28*(25), 6–10. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.11.050

Lee, L. & Chen, S. (2008). Fuzzy Multiple Attributes Hierarhical Group Decision-Making Based on the Ranking Values of Interval Type-2 Fuzzy Sets. In *Seventh International Conference on Machine Learning and Cybernetics* (pp. 3266–3271).

Lee, S., Kang, S., Park, E., Park, Y. (2008). Applying technology road-maps in project selection and planning. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *25*(1), 39–51.

Lengacher, D. & Cammarata, C. (2012). A two-phase data envelopment analysis model for portfolio selection, *Advances in Decision Sciences*. https://doi.org/10.1155/2012/869128

Li, X., Fang, S.-C., Guo, X., Deng, Z., Qi, J. (2016). An extended model for project portfolio selection with project divisibility and interdependency. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, *25*(1), 119–138. https://doi.org/10.1007/s11518-015-5281-1

Li, X., Fang, S.-C., Tian, Y., Guo, X. (2015). Expanded model of the project portfolio selection problem with divisibility, time profile factors and cardinality constraints. *Journal of the Operational Research Society*, *66*(7), 1132–1139. https://doi.org/10.1057/jors.2014.75

Liesiö, J. (2014). Measurable Multiattribute Value Functions for Portfolio Decision Analysis, *Decision Analysis*, *11*(1), 1–20. https://doi.org/10.1287/deca.2013.0287

Liesio, J., Mild, P., Salo, A. (2008). Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. *European Journal of Operational Research*, *190*(3), 679–695. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.06.049

Liesiö, J. & Punkka, A. (2014). Baseline value specification and sensitivity analysis in multiattribute project portfolio selection, *European Journal of Operational Research*, *237*(3), 946–956. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.009

Lin, C. & Hsieh, P. (2004). A fuzzy decision support system for strategic portfolio management, *Decision Support Systems*, *38*, 383–398. https://doi.org/10.1016/S0167-9236(03)00118-0

Liu, B., Shen, Y., Chen, X., Sun, H., Chen, Y. (2014). A complex multi-attribute large-group PLS decision-making method in the interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Applied Mathematical Modelling*, *38*(17–18), 4512–4527. https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.02.023

Liu, B., Shen, Y., Chen, Y., Chen, X., Wang, Y. (2015). A two-layer weight determination method for complex multi-attribute large-group decision-making experts in a linguistic environment. *Information Fusion*, *23*, 156–165. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2014.05.001

Liu, S. S. & Wang, C. J. (2011). Optimizing project selection and scheduling problems with time-dependent resource constraints, *Automation in Construction*, *20*(8), 1110–1119. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.04.012

Liu, X. B., Pei, F., Yang, J. B., Yang, S. L. (2010). An MAGDM Approach Combining Numerical Values With Uncertain Linguistic Information and Its Application in Evaluation of R&D Projects. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. https://doi.org/10.1080/18756891.2010.9727724

Liu, Yang, Fan, Z. P., Zhang, X. (2016). A method for large group decision-making based on evaluation information provided by participators from multiple groups. *Information Fusion*, *29*, 132–141. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2015.08.002

Liu, Ying, Liu, Y. K. (2017). Distributionally robust fuzzy project portfolio optimization problem with interactive returns. *Applied Soft Computing Journal*, *56*, 655–668. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.09.022

Lopes, Y. G. & de Almeida, A. T. (2015). Assessment of synergies for selecting a project portfolio in the petroleum industry based on a multi-attribute utility function, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *126*, 131–140. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2014.12.012

Lourenzutti, R. & Krohling, R. A. (2016). A generalized TOPSIS method for group decision making with heterogeneous information in a dynamic environment, *Information Sciences*, *330*, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.10.005

Lu, J., Zhang, G., Ruan, D., Wu, F. (2007). *Multi-Objective Group Decision Making: Methods, Software and Applications With Fuzzy Set Techniques*. *London: Imperial College Press*. https://doi.org/10.1142/p505

Luo, L. & Sheu, H. J. (2010). The real R&D options value incorporating technological risk management, *Kybernetes*, *39*(5), 770–785. https://doi.org/10.1108/03684921011043242

Magazzini, L., Pammolli, F., Riccaboni, M. (2016). Real Options and Incremental Search in Pharmaceutical R & D Project Portfolio Management. *Creativity and Innovation Management*, *25*(2), 292–302.

Marchewka, J. T,.& Keil, M. (1995). Portfolio Theory Approach For Selecting and Managing IT Projects, *Information Resources Management Journal*, *8*(4), 5–15.

Mavrotas, G. & Pechak, O. (2013). The trichotomic approach for dealing with uncertainty in project portfolio selection: combining MCDA, mathematical programming and Monte Carlo simulation, *International Journal of Multicriteria Decision Making*, *3*(1), 79–96. https://doi.org/10.1504/IJMCDM.2013.052474

Mazelis, L.S. & Sergeevich, K. S. (2015). Optimization Models of Rolling Planning for Project Portfolio in Organizations Taking into Account Risk and Corporate Social Responsibility, *Journal of Applied Economic Sciences*, *10*(5).

Mazelis, Lev Solomonovich, Solodukhin, K. S. (2013). Multi-period models for optimizing an institution's project portfolio inclusive of risks and corporate social responsibility. *Middle East Journal of Scientific Research*, *17*(10), 1457–1461. https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.17.10.12320

Mazelis, Lev Solomonovich, Solodukhin, K. S., Tarantaev, A. D., Chen, A. Y. (2016). Fuzzy multi-period models for optimizing an institution's project portfolio inclusive of risks and corporate social responsibility. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, *12*(5), 4089–4105. https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.17.10.12320

Mcdonough, E. F. & Spital, F. C. (2017). Managing Project Portfolios, *Research-Technology Management*, *46*(3), 40–46.

Medaglia, A. L., Hueth, D., Mendieta, J. C., Sefair, J. A. (2008). A multiobjective model for the selection and timing of public enterprise projects. *Socio-Economic Planning Sciences*, *42*(1), 31–45. https://doi.org/10.1016/j.seps.2006.06.009

Meier, C., Kundisch, D., Willeke, J. (2017). Is it Worth the Effort? A Decision Model to Evaluate Resource Interactions in IS Project Portfolios. *Business & Information Systems Engineering*, *59*(2), 81–95. https://doi.org/10.1007/s12599-016-0450-4

Mild, P., Liesiö, J., Salo, A. (2015). Selecting infrastructure maintenance projects with Robust Portfolio Modeling. *Decision Support Systems*, *77*, 21–30. https://doi.org/10.1016/j.dss.2015.05.001

Mira, C., Viadanna, P. R., Souza, M. A., Moura, A., Meidanis, J., Lima, G. A. C., Bossolan, R. P. (2015). Project Scheduling Optimization in Electrical Power Utilities. *Pesquisa Operacional*, *35*(2), 285–310. https://doi.org/10.1590/0101-7438.2015.035.02.0285

Mohagheghi, V, Mousavi, S. M., Vahdani, B. (2016). A new multi-objective optimization approach for sustainable project portfolio selection: A real-world application under interval-valued fuzzy environment. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, *13*(6), 41–68.

Mohagheghi, Vahid, Mousavi, S. M., Vahdani, B. (2015). A New Optimization Model for Project Portfolio Selection Under Interval-Valued Fuzzy Environment. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *40*(11), 3351–3361. https://doi.org/10.1007/s13369-015-1779-6

Molina, J. D., Contreras, J., Rudnick, H. (2014). A Risk-Constrained Project Portfolio in Centralized Transmission Expansion Planning. *IEEE Systems Journal*, 99. https://doi.org/10.1109/JSYST.2014.2345736

Montajabiha, M., Khamseh, A. A., Afshar-Nadjafi, B. (2017). A robust algorithm for project portfolio selection problem using real options valuation. *International Journal of Managing Projects in Business*, *10*(2), 386–403.

Montesinos-Valera, J., Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J. P. (2017). Selection of maintenance, renewal and improvement projects in rail lines using the analytic network process. *Structure and Infrastructure Engineering*, *13*(11), 1476–1496. https://doi.org/10.1080/15732479.2017.1294189

Moore, J. & Chapman, R. (1999). *Applicationof particle swarm to multiobjective optimization*. Department of Computer Science and Software Engineering, Auburn University.

Morcos, M. S. (2008). Modelling resource allocation of R&D project portfolios using a multi-criteria decision-making methodology, *International Journal of Quality and Reliability Management*, *25*(1), 72–86.

Mousavi, S. M., Torabi, S. A., Tavakkoli-Moghaddam, R. (2013). A Hierarchical Group Decision-Making Approach for New Product Selection in a Fuzzy Environment. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *38*(11), 3233–3248. https://doi.org/10.1007/s13369-012-0430-z

Mussoi, F. L. R., Teive, R. C. G. (2013). A multistage value-based model for prioritization of distribution projects using a multiobjective genetic algorithm. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, *24*(5), 623–637. https://doi.org/10.1007/s40313-013-0060-z

Namazian, A. & Yakhchali, S. H. (2016). Modeling and Solving Project Portfolio and Contractor Selection Problem Based on Project Scheduling under Uncertainty. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, (pp.35–42). https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.159

N**echval, K. N. & Nechval, N. A.** (2014). Optimizing investment decisions for a set of projects under uncetainty of future returns, *Advances in Systems Science and Applications, 14*(1), 22–36.

Nestico, A. & Sica, F. (2017). The sustainability of urban renewal projects: a model for economic multi-criteria analysis, *Journal of Property Investment & Finance*, *35*(4), 397–409. https://doi.org/10.1108/MBE-09-2016-0047

Oh, J., Yang, J., Lee, S. (2012). Managing uncertainty to improve decision-making in NPD portfolio management with a fuzzy expert system. *Expert Systems With Applications*, *39*(10), 9868–9885. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.164

Oral, M., Kettani, O., Lang, P. (2016). A methodology for collective evaluation and selection of industrial r&d projects. *Management Science*, *37*(7), 871–885.

Özkır, V. & Demirel, T. (2012). A fuzzy assessment framework to select among transportation investment projects in Turkey, *Expert Systems with Applications*, *39*(1), 74–80. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.051

Padhy, R. K & Sahu, S. (2011). A Real Option based Six Sigma project evaluation and selection model, *International Journal of Project Management*, *29*(8), 1091–1102. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.01.011

Padovani, M., Monteiro, M., Carvalho, D., Rafael, A., Muscat, N. (2012). Project portfolio adjustment and balance: A case study in the chemical sector. *Producao*, *22*(4), 674–695.

Pareto, V. (1906). *Manual of Political Economy*. *A. Montesano, A. Zanni, L. Bruni, J. S. Chipman and M. McLure* (Eds.), *Oxford: Oxford University Press, 2014*.

Patanakul, P. (2015). Key attributes of effectiveness in managing project portfolio, *International Journal of Project Management*, *33*(5), 1084–1097. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.004

Pendharkar, P. C. (2014). A decision-making framework for justifying a portfolio of IT projects, *International Journal of Project Management*, *32*(4), 625–639. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.09.006

Perez, F. & Gomez, T. (2016). Multiobjective project portfolio selection with fuzzy constraints, *Annals of Operations Research*, *245*, 7–29. https://doi.org/10.1007/s10479-014-1556-z

Quartel, D., Steen, M. W. A., Lankhorst, M. M. (2012). Application and project portfolio valuation using enterprise architecture and business requirements modelling. *Enterprise Information Systems*, *6*(2), 189–213. https://doi.org/10.1080/17517575.2011.625571

Rabbani, M., Moghaddam, R. T., Jolai, F., Ghorbani, H. R. (2006). A comprehensive model for R and D project portfolio selection with zero-one linear goal-programming. *International Journal of Engineering*, *19*(1), 55–66.

Rafiee, M. & Kianfar, F. (2011). A scenario tree approach to multi-period project selection problem using real-option valuation method, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *56*(1–4), 411–420. https://doi.org/10.1007/s00170-011-3177-x

Rafiee, M., Kianfar, F., Farhadkhani, M. (2014). A multistage stochastic programming approach in project selection and scheduling. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *70*(9–12), 2125–2137. https://doi.org/10.1007/s00170-013-5362-6

Rahrovani, Y., Kermanshah, A., Pinsonneault, A. (2014). Aligning IT for future business value: Conceptualizing IT project portfolio alignment. *Data Base for Advanced in Information Systems*, *45*(3), 30–53. https://doi.org/10.1145/2659254.2659257

Ravanshadnia, M., Rajaie, H., Abbasian, H. R. (2010). Hybrid fuzzy MADM project-selection model for diversified construction companies. *Canadian Journal of Civil Engineering*, *37*(8), 1082–1093. https://doi.org/10.1139/L10-048

Raynor, M. E. & Leroux, X. (2004). Strategic Flexibility in R&D, *Research-Technology Management*, *47*(3), 27–32.

Razi, F. F. & Shariat, S. H. (2017). A hybrid grey based artificial neural network and C&R tree for project portfolio selection, *Benchmarking*, *24*(3), 651–665. https://doi.org/10.1108/MBE-09-2016-0047

Razi, F.F., Eshlaghy, A. T., Nazemi, J., Alborzi, M., Poorebrahimi, A. (2014). A hybrid Promethee II based hierarchical clustering and NSGA-II for project portfolio selection. *Advances in Environmental Biology*, *8*(5), 1954–1961.

Razi, F F. (2014). A hybrid grey relational analysis and nondominated sorting genetic algorithm-II for project portfolio selection, *Advances in Operations Research*. https://doi.org/10.1155/2014/954219

Razi, Farshad Faezy, Eshlaghy, A. T., Nazemi, J., Alborzi, M., Pourebrahimi, A. (2014). A Hybrid Grey Based KOHONEN Model and Biogeography-Based Optimization for Project Portfolio Selection. *Journal of Applied Mathematics*. https://doi.org/10.1155/2014/159675

Relich, M. & Pawlewski, P. (2017). A fuzzy weighted average approach for selecting portfolio of new product development projects, *Neurocomputing*, *231*, 19–27. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.05.104

Ribeiro, M. C. C. R., Alves, A. S. (2017). The problem of research project portfolio selection in educational organizations: A case study. *Gestao e Producao*, *24*(1), 25–39. https://doi.org/10.1590/0104-530X2089-16

Riddell, S. & Wallace, W. A. (2011). The Use of Fuzzy Logic and Expert Judgment in the R&D Project Portfolio Selection Process, *International Journal of Technology Management*, *53*(2–4), 238–256. https://doi.org/10.1504/IJTM.2011.038592

Ringuest, J. L, & Graves, S. B. (2017). Formulating Optimal R&D Portfolios, *Research-Technology Management*, *48*(6), 42–47.

Roland, J., Figueira, J. R., De Smet, Y. (2016). Finding compromise solutions in project portfolio selection with multiple experts by inverse optimization. *Computers and Operations Research*, *66*, 12–19. https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.07.006

Rudenko, Z. G. (2016). Nonlinear optimization problem of interdependent investment projects portfolio, *Automation and Remote Control*, *77*(10), 1849–1854. https://doi.org/10.1134/S0005117916100118

Rutsch, K., Viljoen, P. J., Steyn, H. (2006). An investigation into the current practice of project portfolio selection in research and development division of the South African minerals and energy industry. *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, *106*(10), 665–670.

Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process - What It Is and How It Is Used, *Mathematical Modelling*, *9*(3–5), 161–176. https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8

Saaty, T. L. (2008). Group Decision making: Drawing Out and Reconciling Differences,
RWS Publications, Pittsburgh, PA.

Sampath, S., Gel, E. S., Fowler, J. W., Kempf, K. G., Fowler, J. W., Kempf, K. G. (2015). A decision-making framework for project portfolio planning at Intel Corporation. *Interfaces*, *45*(5), 391–408.

Sánchez, M. A., A.C., M. G., Del Valle Sagardoy, M. (2015). A strategy-based method of assessing information technology investments. *International Journal of Managing Projects in Business*, *7*(1), 43–60.

Schneeweiss, C. (2003). Distributed decision making - A unified approach, *European Journal of Operational Research*, *150*(2), 237–252. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00501-5

Schneeweiss, C., Zimmer, K., Zimmermann, M. (2004). The design of contracts to coordinate operational interdependencies within the supply chain. *International Journal of Production Economics*, *92*(1), 43–59. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.005

Sefair, J. A. & Medaglia, A. L. (2005). Towards A Model for Selection and Scheduling of Risky Projects. In *Proceedings of the 2005 Systems and Information Engineering Design Symposium,* (pp. 158–164).

Sefair, J. A., Méndez, C. Y., Babat, O., Medaglia, A. L., Zuluaga, L. F. (2017). Linear solution schemes for Mean-SemiVariance Project portfolio selection problems: An application in the oil and gas industry. *Omega*, *68*, 39–48. https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.05.007

Serafini, P. (1994). Simulated Annealing for Multi Objective Optimization Problems. In *Multiple Criteria Decision Making* (pp. 283–292). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2666-6_29

Shafahi, A. & Haghani, A. (2018). Project selection and scheduling for phase-able projects with interdependencies among phases, *Automation in Construction*, *93*(5), 47–62. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.008

Shafi, K., Elsayed, S., Sarker, R., Ryan, M. (2017). Scenario-based multi-period program optimization for capability-based planning using evolutionary algorithms. *Applied Soft Computing Journal*, *56*, 717–729. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.07.009

Shariatmadari, M., Nahavandi, N., Zegordi, S. H., Sobhiyah, M. H. (2017). Integrated resource management for simultaneous project selection and scheduling. *Computers and Industrial Engineering*, *109*, 39–47. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.04.003

Sheu, H. & Luo, L. (2009). An alternative real option approach to R&D project assessment, *Asia Pacific Management Review*, *14*(1), 1–13.

Shou, Y., Xiang, W., Li, Y., Yao, W. (2014). A multiagent evolutionary algorithm for the resource-constrained project portfolio selection and scheduling problem. *Mathematical Problems in Engineering*. https://doi.org/10.1155/2014/302684

Shou, Y. & Huang, Y. (2010). Combinatorial auction algorithm for project portfolio selection and scheduling to maximize the net present value, *Journal of Zhejiang University: Science C*, *11*(7), 562–574. https://doi.org/10.1631/jzus.C0910479

Sm**ith, G. L., J, P. T., Andersen, D. C., Marsh, A. M.** (2007). Project valuation, capital investment and strategic alignment - Tools and techniques at Anglo Platinum. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, *107*(1), 67–74.

Solak, S., Clarke, J. B., Johnson, E. L., Barnes, E. R. (2010). Optimization of R & D project portfolios under endogenous uncertainty. *European Journal of Operational Research*, *207*(1), 420–433. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.04.032

Stewart, T. J. (2016). Multiple objective project portfolio selection based on reference points, *Journal of Business Economics*, *86*(1–2), 23–33. https://doi.org/10.1007/s11573-015-0797-x

S**tummer, C., Gutjahr, W. J., Denk, M., Riedmann, H., Froeschl, K. A.** (2012). Training on the project: A quantifying approach to competence development. *Knowledge Management Research and Practice*, *10*(1), 64–78. https://doi.org/10.1057/kmrp.2011.27

Stummer, C. & Heidenberger, K. (2003). Interactive R & D Portfolio Analysis With Project Interdependencies and Time Profiles of Multiple Objectives, *IEEE Transactions on Engineering Management*, *50*(2), 175–183.

Stummer, C., Kiesling, E., Gutjahr, W. J. (2009). A Multicriteri Decision Support System for Competence-Driven Project Portfolio Selection. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, *8*(2), 379–401. https://doi.org/10.1142/S0219622009003429

Sun, B., Liu, Y., Yang, G. (2017). A Robust Pharmaceutical R&D Project Portfolio Optimization Problem under Cost and Resource Uncertainty. *Journal of Uncertain Systems*, *11*(3), 205–220.

Sun, H. & Ma, T. (2005). A packing-multiple-boxes model for R&D project selection and scheduling, *Technovation*, *25*(11), 1355–1361. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.07.010

Tabrizi, B. H., Torabi, S. A., Ghaderi, S. F. (2016). A novel project portfolio selection framework: An application of fuzzy DEMATEL and multi-choice goal programming. *Scientia Iranica*, *23*(6), 2945–2959.

Talbi, E.-G., Basseur, M., Nebro, A. J., Alba, E. (2012). Multi-objective optimization using metaheuristics: non-standard algorithms. *International Transactions in Operational Research*, *19*(1–2), 283–305. https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2011.00808.x

Tang, B. J., Zhou, H. L., Cao, H. (2017). Selection of overseas oil and gas projects under low oil price. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *156*, 160–166. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.05.022

Tavana, M., Keramatpour, M., Santos-Arteaga, F. J., Ghorbaniane, E. (2015). A fuzzy hybrid project portfolio selection method using Data Envelopment Analysis, TOPSIS and Integer Programming. *Expert Systems with Applications*, *42*(22), 8432–8444. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.06.057

Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Abtahi, A.-R. (2013). A fuzzy multidimensional multiple-choice knapsack model for project portfolio selection using an evolutionary algorithm. *Annals of Operations Research*, *206*(1), 449–483. https://doi.org/10.1007/s10479-013-1387-3

Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Sadi-Nezhad, S. (2013). A fuzzy group data envelopment analysis model for high-technology project selection: A case study at NASA. *Computers & Industrial Engineering*, *66*(1), 10–23. https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.06.002

Tervonen, T., Liesiö, J., Salo, A. (2017). Modeling project preferences in multiattribute portfolio decision analysis. *European Journal of Operational Research, 263*(1), 225–239. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.051

Thurston, D. L., Tian, Y. Q. (1993). Integration of the analytic hierarchy process and integer programming with linear constraints for long range product planning. *Mathematical and Computer Modelling*, *17*(4–5), 41–53. https://doi.org/10.1016/0895-7177(93)90174-W

Tian, Y., Sun, M., Ye, Z., Yang, W. (2016). Expanded models of the project portfolio selection problem with loss in divisibility. *Journal of the Operational Research Society*, *67*(8), 1097–1107. https://doi.org/10.1057/s41275-016-0001-2

Tofighian, A. A. & Naderi, B. (2015). Modeling and solving the project selection and scheduling, *Computers and Industrial Engineering*, *83*, 30–38. https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.01.012

Toppila, A. & Salo, A. (2017). Binary decision diagrams for generating and storing non-dominated project portfolios with interval-valued project scores, *European Journal of Operational Research, 260*(1), 244–254. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.12.019

Tsai, W.-H., Yang, C.-H., Huang, C.-T., Wu, Y.-Y. (2017). The impact of the carbon tax policy on green building strategy. *Journal of Environmental Planning and Management*, *60*(8), 1412–1438. https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1221800

Tseng, C. & Lin, K. Y. (2005). Managing Cost Overrun Risk in Project Funding Allocation, *Annals of Operations Research*, *135*, 127–153.

Verbano, C. & Nosella, A. (2010). Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods, *European Journal of Innovation Management*, *13*(3), 355–379.

Vilkkumaa, E., Liesiö, J., Salo, A. (2014). Optimal strategies for selecting project portfolios using uncertain value estimates. *European Journal of Operational Research*, *233*(3), 772–783. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.023

Vilkkumaa, E., Salo, A., Liesiö, J., Siddiqui, A. (2015). Fostering breakthrough technologies - How do optimal funding decisions depend on evaluation accuracy? *Technological Forecasting and Social Change*, *96*, 173–190. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.001

Wang, H., Zhu, M., Wang, Z., Sun, Q. (2016). A Study on Evaluating Projects Strategic Coincidence Degree using Multi-level Extension Assessment. *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, *17*(49). https://doi.org/10.5013/IJSSST.a.17.49.21

Wang, J. & Hwang, W. L. (2007). A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model, *Omega*, *35*(3), 247–257. https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.06.002

Wang, Q., Zeng, G., Tu, X. (2017). Information Technology Project Portfolio Implementation Process Optimization Based on Complex Network Theory and Entropy. *Entropy*, *19*(6), 287. https://doi.org/10.3390/e19060287

Wang, X., Bai, S., Li, S. (2016). Space enterprise strategy guiding-based study on project portfolio management and flow optimization. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, *21*(2), 215–219. https://doi.org/10.1007/s12204-016-1715-2

Wei, C. & Chang, H. (2011). A new approach for selecting portfolio of new product development projects, *Expert Systems With Applications*, *38*(1), 429–434. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.081

Wernz, C. & Deshmukh, A. (2010). Multiscale decision-making: Bridging organizational scales in systems with distributed decision-makers, *European Journal of Operational Research*, *202*(3), 828–840. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.06.022

Wu, D. & Mendel, J. M. (2007). Aggregation Using the Linguistic Weighted Average and Interval Type-2 Fuzzy Sets, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, *15*(6), 1145–1161. https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2007.896325

Wu, Y., Zhang, H., Xu, H. (2016). A three-dimensional project portfolio management framework for construction companies. *The Open Civil Engineering Journal*, *10*, 433–447. https://doi.org/10.2174/1874149501610010179

Wu, Yunna, Li, J., Wang, J., Huang, Y. (2012). Project portfolio management applied to building energy projects management system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(1), 718–724. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.037

Xidonas, P., Doukas, H., Mavrotas, G., Pechak, O. (2016). Environmental corporate responsibility for investments evaluation: an alternative multi-objective programming model. *Annals of Operations Research*, *247*(2), 395–413. https://doi.org/10.1007/s10479-015-1820-x

Xiong, J., Zhou, Z., Tian, K., Liao, T., Shi, J. (2017). A multi-objective approach for weapon selection and planning problems in dynamic environments. *Journal of Industrial and Management Optimization*, *13*(3), 1189–1211. https://doi.org/10.3934/jimo.2016068

Xu, Y., Wen, X., Zhang, W. (2018). A two-stage consensus method for large-scale multi-attribute group decision making with an application to earthquake shelter selection. *Computers and Industrial Engineering*, *116*(11), 113–129. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.025

Yang, C. H., Lee, K. C., Chen, H. C. (2016). Incorporating carbon footprint with activity-based costing constraints into sustainable public transport infrastructure project decisions. *Journal of Cleaner Production*, *133*, 1154–1166. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.014

Yang, F., Song, S., Huang, W., Xia, Q. (2015). SMAA-PO: project portfolio optimization problems based on stochastic multicriteria acceptability analysis. *Annals of Operations Research*, *233*(1), 535–547. https://doi.org/10.1007/s10479-014-1583-9

Yu, L., Wang, S., Wen, F., Lai, K. K. (2012). Genetic algorithm-based multi-criteria project portfolio selection. *Annals of Operations Research*, *197*(1), 71–86. https://doi.org/10.1007/s10479-010-0819-6

Yu, V. F., Kuo, C. W., Yeh, R. H. (2014). Decision process analysis on project priority strategy: A case study of an ICT design firm. *Journal of Applied Mathematics*. https://doi.org/10.1155/2014/580851

Yunna, W. U., Jian, C., Chao, L. I. U., Heping, W. (2013). On the method and model of energy enterprise project portfolio selection and optimal allocation of resources. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, *48*(1), 612–619.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets, *Information and Control*, *8*, 338–353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

Zapata, J. C. & Reklaitis, G. V. (2010). Valuation of project portfolios : An endogenously discounted method, *European Journal of Operational Research*, *206*(3), 653–666. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.03.015

Zhang, Q., Huang, X., Zhang, C. (2015). A mean-risk index model for uncertain capital budgeting. *Journal of the Operational Research Society*, *66*(5), 761–770. https://doi.org/10.1057/jors.2014.51

Zhang, W., Mei, Q., Lu, Q., Xiao, W. (2011). Evaluating methods of investment project and optimizing models of portfolio selection in fuzzy uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, *61*(3), 721–728. https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.05.003

Zimmermann, H. J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, *Fuzzy Sets and Systems*, *1*(1), 45–55. https://doi.org/10.1016/0165-0114(78)90031-3

Zuluaga, A., Sefair, J. A., & Medaglia, A. L. (2007). Model for the selection and scheduling of interdependent projects. In *2007 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium,* (pp. 191–197). https://doi.org/10.1109/SIEDS.2007.4374020

EKLER

EK A: Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu
EK B: Vaka-1 için KV ve uzmanlara ait karar tabloları
EK C: Vaka-2 için KV ve uzmanlara ait kanı dereceleri tabloları
EK D: Baz senaryoya ait parametre değerleri ve çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projelere ait tablolar

EK A. Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

Çizelge A.1 : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu.

	Çalışma Türü			Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B &S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U &T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Kira ve diğ, 1990)	GVD		X							X									X			IEEE Transactions on Engineering Management	BT/BS
(Marchewka ve Keil, 1995)	VD		X			X											X					Information Resources Management J.	BT/BS
(Chu ve diğ, 1996)	VD		X									X										Computers in Industry	AR&GE
(Archer ve Ghasemzadeh, 1999)				X																		Int. J. of Project Management	G
(Ghasemzadeh ve Archer, 2000)	VD		X							X												Decision Support Systems	G
(Klapka ve Pinos, 2002)	VD		X						X													European J. of Operational Research	AR&GE
(Stummer ve Heidenberger, 2003)	VD		X							X												IEEE Transactions on Engineering Management	AR&GE
(Mcdonough ve Spital, 2017)				X																		Research-Technology Management	YÜG
(Engwall ve Jerbrant, 2003)				X																		Int. J. of Project Management	G
(Raynor ve Leroux, 2004)				X																		Research-Technology Management	AR&GE
(Karl Doerner, 2004)	GVD		X								X								X			Annals of Operations Research	G
(Lin ve Hsieh, 2004)	GVD		X											X								Decision Support Systems	G
(Tseng ve Lin, 2005)	GVD		X										X									Annals of Operations Research	G
(Ringuest ve Graves, 2017)	GVD		X														X					Research-Technology Management	AR&GE

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü			Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B & S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Gustafsson ve Salo, 2005)		X						X		X						X						Operations Research	AR&GE
(Rabbani ve diğ, 2006)	GVD		X								X											Int. J. of Engineering Transactions	AR&GE
(K.-K. Cho ve Moon, 2006)	VD		X																X			Int. J. of Industrial Engineering	PGP
(K Doerner ve diğ, 2006)	GVD		X							X									X			European J. of Operational Research	G
(Better ve Glover, 2006)	GVD		X										X									The Engineering Economist	G
(Lambert ve diğ, 2006)	VD		X								X											Accident Analysis and Prevention	YP
(Rutsch ve diğ, 2006)				X																		The J. of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy	AR&GE
(Smith, J ve diğ, 2007)				X																		The J. of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy	YP
(Carlsson ve diğ, 2007)		X				X								X						X		Int. J. of Approximate Reasoning	AR&GE
(J. Wang ve Hwang, 2007)	GVD	X				X								X								Omega	AR&GE
(Crama ve diğ, 2007)	GVD	X				X													X			Interfaces	AR&GE
(S. Lee ve diğ, 2008)	GVD																				X	Int. J. of Quality and Reliability Management	AR&GE
(Morcos, 2008)	GVD		X		X																	Int. J. of Quality and Reliability Management	AR&GE
(Killen ve diğ, 2008)				X																		Int. J. of Quality and Reliability Management	YÜG

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü			Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B & S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U & T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Fang ve diğ, 2008)	GVD		X										X									European J. of Operational Research	AR&GE
(Bitman ve Sharif, 2008)		X			X																	IEEE Transactions on Engineering Management	AR&GE
(C. Z. Gurgur ve Morley, 2008)	GVD		X		X								X									Interfaces	UAP/DAP
(Gutjahr ve diğ, , 2008)	GVD		X						X										X			Central European J. of Operations Research	G
(Liesio ve diğ, 2008)	VD		X								X											European J. of Operational Research	G
(G. Hu ve diğ, 2008)	GVD		X								X											Int. J. of Production Research	Y/6S
(Iniestra ve Gutierrez, 2009)		X			X				X		X								X			Applied Soft Computing	UAP/DAP
(Sheu ve Luo, 2009)	VD		X			X																Asia Pacific Management Review	AR&GE
(C. Z. Gurgur, 2009)	GVD		X										X									The Engineering Economist	UAP/DAP
(Amaral ve Madalena, 2009)	VD		X			X																World Academy of Science, Engineering and Technology	G
(Hauc ve diğ, 2010)	GVD		X		X		X															Promet – Traffic&Transportation	UAP/DAP
(Bardhan ve diğ, 2010)	GVD		X			X						X										IBM J. of Research and Development	BT/BS
(Gutjahr ve Reiter, 2010)	GVD		X								X		X						X			Optimization	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü			Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B &S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Carazo ve diğ, 2010)		X							X		X								X			Computers and Operations Research	G
(Yong-yi Shou ve Huang, 2010)	VD		X							X									X			J. of Zhejiang University-SCIENCE C	G
(Luo ve Sheu, 2010)	GVD		X			X																Kybernetes	AR&GE
(Ahn ve diğ, 2010)	GVD		X																		X	Int. J. of Project Management	YÜG
(Verbano ve Nosella, 2010)				X																		European J. of Innovation Management	AR&GE
(Gutjahr ve diğ, 2010)	GVD		X								X								X			European J. of Operational Research	G
(Gemici-Ozkan ve diğ, 2010)	GVD		X										X									Operations Research	AR&GE
(Zapata ve Reklaitis, 2010)	GVD		X			X										X			X			European J. of Operational Research	AR&GE
(Solak ve diğ, 2010)	VD		X										X						X			European J. of Operational Research	AR&GE
(Kremmel ve Biffl, 2011)		X									X								X			Applied Soft Computing	YZ
(Wei ve Chang, 2011)	VD		X				X							X								Expert Systems with Applications	YÜG
(Gutjahr, 2011)		X										X	X									OR Spectrum	G
(A. T. De Almeida ve Duarte, 2011)	GVD		X						X													Pesquisa Operacional	G
(Hsu ve diğ, 2011)	GVD		X														X					Int. J. of Project Management	BT/BS

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri			Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B & S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U & T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Rafiee ve Kianfar, 2011)	GVDVD		X			X							X									Int. J. of Advanced Manufacturing Technology	AR&GE
(W. Zhang ve diğ, 2011)			X			X													X			Computers and Industrial Engineering	YP
(Bhattacharyya ve diğ, 2011)	GVDGVD		X								X			X					X			Computers and Mathematics with Applications	AR&GE
(Padhy ve Sahu, 2011)	GVD		X			X				X												Int. J. of Project Management	Y/6S
(Yunna Wu ve diğ, 2012)		X			X					X												Renewable and Sustainable Energy Reviews	EP
(Özkır ve Demirel, 2012)	GVDVD		X		X									X								Expert Systems with Applications	YP
(L. Yu ve diğ, 2012)			X		X				X										X			Annals of Operations Research	G
(Stummer ve diğ, 2012)				X																		Knowledge Management Research and Practice	AR&GE
(Quartel ve diğ, 2012)	GVDVD		X																		X	Enterprise Information Systems	BT/BS
(Oh ve diğ, 2012)	GVDGVD		X		X													X				Expert Systems with Applications	YÜG
(Bas, 2012)			X		X									X								Engineering Applications of Artificial Intelligence	İP
(Ghapanchi ve diğ, 2012)	GVDVD		X		X									X								Int. J. of Project Management	BS/BT
(Kaveh Khalili-Damghani ve diğ, 2012)	GVDGVD		X		X						X									X		Applied Mathematics and Computation	G
(Lengacher ve Cammarata, 2012)	GV		X		X					X												Advances in Decision Sciences	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri			Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B & S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U & T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Padovani ve diğ,2012)				X																		Produção	G
(H. Abbasianjahromi ve Rajaie, 2017)	GVD		X		X						X									X		J. of Civil Engineering and Management	İP
(H. R. Abbasianjahromi ve Rajaie, 2013)	GVD		X		X						X			X						X		Iranian J. of Science and Technology	İP
(Yunna ve diğ, 2013)				X																		J. of Theoretical and Applied Information Technology	EP
(Kornfeld ve diğ, 2013)				X																		Int. J. of Lean Six Sigma	Y/6S
(Fernandez ve diğ, 2013)	GVD		X		X						X								X			Information Sciences	G
(W. Cho ve Shaw, 2013)	GVD		X			X											X					IEEE Transactions on Engineering Management	BT/BS
(Ebrahimnejad ve diğ, 2013)	VD		X								X			X					X			Int. J. of Advanced Manufacturing Technology	G
(Chiang ve Nunez, 2013)	VD		X								X								X			Information Technology and Management	BT/BS
(Gutjahr ve Froeschl, 2013)	GVD		X										X									Flexible Services and Manufacturing J.	G
(Tavana ve diğ, 2013)	GVD		X		X						X			X					X	X		Annals of Operations Research	G
(Tavana ve diğ, 2013)	GVD		X		X									X								Computers and Industrial Engineering	İTP
(Mussoi ve Teive, 2013)	GVD		X								X								X			J. of Control, Automation and Electrical Systems	GDP
(Kaveh Khalili-Damghani ve diğ, 2013)	GVD		X		X						X			X								Information Sciences	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü			Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B & S	Mezlez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U & T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Fotr ve diğ, 2013)	VD		X										X						X			Economics and Management	G
(Sánchez, A.C. ve diğ, 2015)	VD		X		X																	Int. J. of Managing Projects in Business	BT/BS
(Lev Solomonovich Mazelis ve Solodukhin, 2013)		X							X													Middle-East J. of Scientific Research	G
(Molina ve diğ, 2014)	GVD		X										X									IEEE Systems J.	YP
(V. F. Yu ve diğ, 2014)	GVD		X		X																	J. of Applied Mathematics	AR&GE
(Dutra ve diğ, 2014)	GVD		X			X													X			Int. J. of Project Management	G
(J. A. de Almeida ve diğ, 2014)	GVD		X		X																	Pesquisa Operacional	BT/BS
(Pendharkar, 2014)	VD		X							X		X										Int. J. of Project Management	BT/BS
(Hassanzadeh ve diğ., 2014)	GVD		X												X							Int. J. of Production Economics	AR&GE
(Arasteh ve diğ, 2014a)	VD		X			X				X				X								Arabian J. for Science and Engineering	G
(Rahrovani ve diğ, 2014)	GVD		X		X																	The Data Base for Advances in Information Systems	BT/BS
(F F Razi, 2014)	VD		X								X								X	X		Advances in Operations Research	G
(Nechval ve Nechval, 2014)	VD		X									X	X									Advances in Systems Science and Applications	YP
(Argyris ve diğ, 2014)	GVD		X							X												Operations Research	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri			Matematiksel Programlama Metotları								Bilişsel öykülenme yaklaşımları			B &S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U &T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Arasteh ve diğ, 2014b)	VD		X		X	X								X								Arabian J. for Science and Engineering	AR&GE
(Abbassi ve diğ, 2014)	VD		X						X										X			Technovation	AR&GE
(F.F. Razi ve diğ, 2014)	VD		X		X														X	X		Advances in Environmental Biology	G
(Y. Shou ve diğ, 2014)		X								X									X			Mathematical Problems in Engineering	G
(Vilkkumaa ve diğ, 2014)		X											X									European J. of Operational Research	G
(K. Khalili-Damghani ve Tavana, 2014)	GVD		X														X					Project Management J.	G
(Cruz ve diğ, 2014)	VD		X								X								X			Applied Mathematics and Information Sciences	G
(Farshad Faezy Razi ve diğ, 2014)	VD		X		X														X	X		J. of Applied Mathematics	G
(Liesiö ve Punkka, 2014)		X								X									X			European J. of Operational Research	G
(Hassanzadeh ve diğ, 2014)	GVD		X								X				X							European J. of Operational Research	AR&GE
(Fernandez ve diğ, 2015)	VD		X								X								X	X		Information Sciences	G
(García-Melón ve diğ, 2015)	GVD		X		X																	Int. J. of Production Economics	G
(Q. Zhang ve diğ, 2015)	VD		X							X			X						X			J. of the Operational Research Society	G
(Hall ve diğ, 2015)		X							X										X			Operations Research	G
(Arifin ve diğ, 2015)	GVD		X																X			Int. J. of Technology	G
(Jafarzadeh ve diğ, 2015)	VD		X							X												European J. of Operational Research	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları						Bilişsel öyküleme yaklaşımları			B & S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Mira ve diğ, 2015)	GVD		X						X										X			Pesquisa Operaciona	G
(Jeng ve Huang, 2015)	GVD		X		X		X													X		J. of Business Research	AR & GE
(Li ve diğ, 2015)	VD		X							X												J. of the Operational Research Society	G
(Lopes ve de Almeida, 2015)	VD		X		X																	J. of Petroleum Science and Engineering	PGE
(Altuntas ve Dereli, 2015)	GVD		X		X																	Expert Systems with Applications	YP
(Bhattacharya, 2015)	GVD		X		X																	Fuzzy Information and Engineering	AR & GE
(Mild ve diğ, 2015)	GVD		X												X				X			Decision Support Systems	BP
(Patanakul, 2015)				X																		Int. J. of Project Management	G
(Vilkkumaa ve diğ, 2015)	VD		X										X						X			Int. J. of Project Management	G
(Sampath ve diğ., 2015)	GVD		X							X									X			Interfaces	G
(F. Yang ve diğ, 2015)	GVD		X										X									Annals of Operations Research	G
(Costantino ve diğ, 2015)	GVD		X															X				Int. J. of Project Management	G
(Vahid Mohagheghi ve diğ, 2015)	GVD		X			X																Arabian J. for Science and Engineering	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri			Matematiksel Programlama Metotları							Bilişsel öyküleme yaklaşımları			B & S	Mez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Tavana ve diğ, 2015)	GVD				X	X			X							X						Expert Systems With Applications	G
(Benaija ve Kjiri, 2015)	GVD				X	X	X									X						J. of Digital Information Management	G
(Cluzel ve diğ, 2016)	GVD				X	X		X														J. of Cleaner Production	AR&GE
(C. H. Yang ve diğ, 2016)	GVD				X	X				X						X						J. of Cleaner Production	UAP/DAP
(Dobrovolskienė ve Tamošiūnienė, 2016)	GVD				X	X		X														Sustainability	İP
(Canbaz ve Marle, 2016)	VD				X				X													Int. J. of Project Organisation and Management	G
(Heydari ve diğ, 2016)	VD				X				X	X												Int. Business Management	AR&GE
(Stewart, 2016)			X						X	X					X							J. of Business Economics	AR&GE
(Dobrovolskiene ve Tamošiuniene, 2016)	GVD				X				X	X												Sustainability	İP
(Tian ve diğ, 2016)	GVD				X			X														J. of the Operational Research Society	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri			Matematiksel Programlama Metotları							Bilişsel öyküleme yaklaşımları				B & S	Mezlez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Roland ve diğ, 2016)		VD			X					X												Computers and Operations Research	G
(Li ve diğ, 2016)		VD			X				X													J. of Systems Science and Systems Engineering	G
(X. Wang ve diğ, 2016)						X																J. of Shanghai Jiaotong University (Science)	G
(Arratia M. ve diğ, 2016)		VD			X				X													Decision Support Systems	AR&GE
(Magazzini ve diğ, 2016)		GVD			X		X							X								Creativity and Innovation Management	AR&GE
(Broilove Nazarova, 2016)		VD			X									X	X							Indian J. of Science and Technology	YP
(Y. Wu ve diğ, 2016)						X	X															The Open Civil Engineering J.	İP
(Fliedner ve Liesiö, 2016)		GVD		X									X									European J. of Operational Research	G
(Rudenko, 2016)		VD			X			X														Automation and Remote Control	YP
(Perez ve Gomez, 2016)		VD			X			X		X		X										Annals of Operations Research	G
(Xidonas ve diğ, 2016)		GVD			X					X						X						Annals of Operations Research	G
(V Mohagheghi ve diğ, 2016)		GVD			X					X		X										Iranian J. of Fuzzy Systems	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları							Bilişsel öyküleme yaklaşımları			B & S	Mezlez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Cruz-Reyes ve diğ, 2017)		GVD			X					X						X						Applied Soft Computing	G
(Nestico ve Sica, 2017)		VD			X			X														J. of Property Investment and Finance	İP
(Ribeiro ve Alves, 2017)		GVD			X	X																Gestão and Produção	BAP
(Montajabiha ve diğ, 2017)		GVD			X		X						X									Int. J. of Managing Projects in Business	AR&GE
(F. F. Razi ve Shariat, 2017)		GVD			X	X								X	X	X	X	X				Benchmarking	G
(Barucke Marcondes ve diğ, 2017)		GVD			X										X		X					The Engineering Economist	AR&GE
(Q. J. Hu ve Szmerekovsky, 2017)		VD			X						X											Decision Sciences	G
(Relich ve Pawlewski, 2017)		VD			X	X									X							Neurocomputing	YÜG
(Sefair ve diğ, 2017)		GVD			X				X	X												Omega	G
(Kalashnikov ve diğ, 2017)		VD			X				X		X											Int. J. of Production Economics	Y/6S
(Q. Wang ve diğ, 2017)		GVD			X											X				X		Entropy	G
(Shafi ve diğ, 2017)				X						X												Applied Soft Computing	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları							Bilişsel öyküleme yaklaşımları			B & S	Mezlez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Tang ve diğ, 2017)		GVD			X				X													J. of Petroleum Science and Engineering	PGE
(Shariatmadari ve diğ, 2017)				X						X						X						Computers and Industrial Engineering	G
(Toppila ve Salo, 2017)				X							X											European J. of Operational Research	G
(Çağlar ve Gürel, 2017)				X						X		X										OR Spectrum	AR&GE
(Ying Liu ve Liu, 2017)		GVD			X				X		X											Applied Soft Computing	G
(Debnath ve diğ, 2017)		GVD			X		X			X							X					Sustainability	AR&GE
(Da Silva ve diğ, 2017)		GVD			X														X			Computers in Human Behavior	G
(Tsai ve diğ, 2017)		VD			X					X												J. of Environmental Planning and Management	İP
(Montesinos-Valera ve diğ, 2017)		GVD			X		X															Structure and Infrastructure Engineering	UAP/DAP
(Tervonen ve diğ, 2017)		GVD			X		X				X											European J. of Operational Research	G
(Ghassemi ve Amalnick, 2018)		GVD			X					X												Int. J. of Industrial Engineering Computations	YÜG
(Danesh ve diğ, 2017)						X																Int. J. of Management and Decision Making	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları							Bilişsel öyküleme yaklaşımları			B & S	Mezlez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Liesiö, 2014)	GVD				X				X													Decision Analysis	G
(Gabarret ve diğ, 2014)						X																Int. J. of Entrepreneurship and Small Business	G
(C. Gurgur, 2009)	GVD				X		X					X										The J. of the Operational Research Society	G
(Mavrotas ve Pechak, 2013)	GVD				X				X							X	X					Int. J. of Multicriteria Decision Making	G
(Riddell ve Wallace, 2011)	GVD				X		X		X													Management of Engineering and Technology	AR &GE
(Belaid, 2011)	GVD				X			X								X						Int. J. of Services Operations and Informatics	G
(L.S. Mazelis ve Sergeevich, 2015)				X			X															J. of Applied Economic Sciences	G
(Bastiani ve diğ, 2015)				X						X						X						Int. J. of Computational Intelligence Systems	G
(Khan ve diğ, 2017)				X			X								X							J. of the Association for Information Systems	BT/BS
(Meier ve diğ, 2017)		VD			X				X													Business and Information Systems Engineering	BT/BS
(Xiong ve diğ, 2017)		VD			X					X						X						J. of Industrial and Management Optimization	SSP
(Fouladgar ve diğ,2012)	GVD				X		X															Transformations in Business & Economics	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları							Bilişsel öyküleme yaklaşımları			B & S	Mezlez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Bai ve diğ, 2013)	GVD				X	X				X												J. of Bridge Engineering	İP
(Caia ve Năstase, 2015)	GVD				X		X															Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research	YP
(Carnero, 2015)	GVD				X	X	X															Int. J. of Industrial Engineering	BP
(Ravanshadnia ve diğ, 2010)	GVD				X	X										X						Canadian J. of Civil Engineering	İP
(Lev Solomonovich Mazelis, ve diğ, 2016)	GVD				X	X						X										Global J. of Pure and Applied Mathematics	G
(De Oliveira ve diğ, 2015)	GVD				X	X			X							X						Int. J. of Industrial Engineering	G
(H. Wang ve diğ, 2016)	GVD				X	X																Int. J. of Simulation: Systems, Science and Technology	G
(Sun ve diğ, 2017)	VD				X			X					X									J. of Uncertain Systems	AR&GE
(Tabrizi ve diğ, 2016)	GVD				X	X				X												Scientia Iranica	G
(De Souza ve diğ, 2012)	GVD				X		X	X														Int. J. of Industrial Engineering	YP
(Beraldi ve diğ, 2013)	VD				X						X											IMA J. of Management Mathematics	G
(Stummer ve diğ, 2009)	GVD				X					X						X						Int. J. of Information Technology and Decision Making	G

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri				Matematiksel Programlama Metotları						Bilişsel öyküleme yaklaşımları				B & S	Mezlez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Zhang ve diğ., 2016)		VD			X					X												J. of Systems Engineering and Electronics	YÜG
(Ganji ve diğ., 2016)				X			X															Int. J. of Productivity and Quality Management	G
(Razi ve diğ., 2015)		VD			X		X			X					X	X	X					Int. J. of Industrial and Systems Engineering	G
(Heydari ve diğ., 2015)				X			X															Int. J. of Applied Engineering Research	G
(Eshlaghy ve Razi, 2015a)		VD			X		X									X	X					Int. J. of Business Information Systems	ARGE
(Eshlaghy ve Razi, 2015b)		VD			X		X								X							Int. J. of Industrial and Systems Engineering	BT/BS
(Senjuntichai ve Luong, 2013)				X			X									X						Advanced Science Letters	ARGE
(Beric ve diğ, 2012)					X																	Metalurgia Int.	G
(Carazo ve diğ., 2012)				X				X		X	X											J. of Industrial and Management Optimization	G
(Zhao ve diğ., 2012)		VD			X					X			X			X						J. of Convergence Information Technology	ARGE
(Rosselet, veWentland, 2011)				X						X						X						Information Technology and Management	BT/BS
(Zhu ve diğ., 2009)				X			X															Int. J. of Modelling, Identification and Control	ARGE

Çizelge A.1 (devam) : Proje portföy seçimi alanında yazın taraması sınıflandırma tablosu

	Çalışma Türü				Fayda ölçüm yöntemleri			Matematiksel Programlama Metotları							Bilişsel öykülenme yaklaşımları				B & S	Melez	Diğer	Yayınlandığı dergi	Proje Tipi
	U	T	U&T	D	ÇÖKV	EM	GKV	DP	DOP	TP	ÇAP	DİP	SP	BMP	GMP	KA	İY	US					
(Fernandez ve diğ., 2009)				X		X				X						X						Int. J. of Operational Research	G
(Conka ve diğ., 2008)				X		X																Int. J. of Business Innovation and Research	AR&GE
(Laurindo, ve Moraes, 2006)		GVD			X														X			Int. J. of Management and Decision Making	BT/BS
(Archer ve Ghasemzadeh, 1998)					X																	Int. J. of Technology Management	G
(Benjamin, 1985)		GVD			X					X												J. of the Operational Research Society	G

EK B. Vaka-1 için KV ve uzmanlara ait karar tabloları

Çizelge B.1 : $\mathbf{DM_{11}^{1}}$'in karar matrisi**.**

	C_{11}^{1}	C_{11}^{2}	C_{11}^{3}
	0.28	0.37	0.35
A_{11}^{1}	0.440	0.340	0.720
A_{11}^{2}	0.560	0.660	0.280

Çizelge B.2 : $\mathbf{DM_{11}^{2}}$'in karar matrisi**.**

	C_{11}^{1}	C_{11}^{2}	C_{11}^{3}
	0.16	0.29	0.25
A_{11}^{1}	0.300	0.500	0.450
A_{11}^{2}	0.700	0.500	0.550

Çizelge B.3 : DM_{11}^{3}'in karar matrisi.

	C_{11}^{1}	C_{11}^{2}	C_{11}^{3}
	0.46	0.11	0.43
A_{11}^{1}	0.250	0.580	0.660
A_{11}^{2}	0.750	0.420	0.340

Çizelge B.4 : DM_{12}^{2}'in karar matrisi.

	C_{12}^{1}	C_{12}^{2}	C_{12}^{3}	C_{12}^{4}
	0.24	0.5	0.15	0.11
A_{12}^{1}	0.250	0.690	0.260	0.450
A_{12}^{2}	0.500	0.090	0.240	0.100
A_{12}^{3}	0.250	0.220	0.500	0.450

Çizelge B.5 : DM_{13}^{1}'in karar matrisi.

	C_{13}^{1}	C_{13}^{2}
	0.55	0.45
A_{13}^{1}	1	1

Çizelge B.6 : DM_{13}^{2}'in karar matrisi.

	C_{13}^{1}	C_{13}^{2}
	0.3	0.7
A_{13}^{1}	1	1

Çizelge B.7 : DM_{21}^{1}'in karar matrisi.

	C_{21}^{1}	C_{21}^{2}	C_{21}^{3}
	0.57	0.18	0.25
A_{21}^{1}	0.370	0.520	0.240
A_{21}^{2}	0.630	0.480	0.760

Çizelge B.8 : DM_{21}^{2}'in karar matrisi.

	C_{21}^{1}	C_{21}^{2}	C_{21}^{3}
	0.42	0.13	0.45
A_{21}^{1}	0.240	0.570	0.660
A_{21}^{2}	0.760	0.430	0.340

Çizelge B.9 : DM_{22}^{1}'in karar matrisi.

	C_{22}^{1}	C_{22}^{2}
	0.4	0.6
A_{22}^{1}	0.240	0.200
A_{22}^{2}	0.360	0.380
A_{22}^{3}	0.400	0.420

Çizelge B.10 : DM_{1}^{1}'in karar matrisi.

	C_{1}^{1}	C_{1}^{2}	C_{1}^{3}	C_{1}^{4}
	0.22	0.34	0.24	0.2
A_{1}^{1}	0.690	0.320	0.350	0.400
A_{1}^{2}	0.180	0.530	0.390	0.310
A_{1}^{3}	0.130	0.150	0.260	0.290

Çizelge B.11 : DM_1^2'in karar matrisi.

	C_1^1	C_1^2	C_1^3	C_1^4
	0.27	0.22	0.11	0.4
A_1^1	0.260	0.260	0.500	0.450
A_1^2	0.540	0.240	0.100	0.090
A_1^3	0.200	0.500	0.400	0.460

Çizelge B.12 : DM_2^1'in karar matrisi.

	C_2^1	C_2^2	C_2^3
	0.16	0.59	0.25
A_2^1	0.380	0.710	0.540
A_2^2	0.620	0.290	0.460

Çizelge B.13 : DM_2^2'in karar matrisi.

	C_2^1	C_2^2	C_2^3
	0.46	0.09	0.45
A_2^1	0.470	0.390	0.280
A_2^2	0.530	0.610	0.720

Çizelge B.14 : DM_3^1'in karar matrisi.

	C_3^1	C_3^2
	0.37	0.63
A_3^1	0.270	0.300
A_3^2	0.380	0.400
A_3^3	0.150	0.250
A_3^4	0.200	0.050

Çizelge B.15 : DM_3^2'in karar matrisi.

	C_3^1	C_3^2
	0.54	0.46
A_3^1	0.280	0.320
A_3^2	0.240	0.440
A_3^3	0.330	0.080
A_3^4	0.150	0.106

Çizelge B.16 : DM_0^1'in karar matrisi.

	C_0^1	C_0^2	C_0^3
	0.2	0.3	0.5
A_0^1	0.620	0.160	0.500
A_0^2	0.270	0.340	0.400
A_0^3	0.110	0.500	0.100

Çizelge B.17 : DM_0^2'in karar matrisi.

	C_0^1	C_0^2	C_0^3
	0.15	0.35	0.5
A_0^1	0.160	0.260	0.320
A_0^2	0.590	0.240	0.530
A_0^3	0.250	0.500	0.150

Çizelge B.18 : DM_0^3'in karar matrisi.

	C_0^1	C_0^2	C_0^3
	0.27	0.53	0.2
A_0^1	0.320	0.690	0.240
A_0^2	0.530	0.090	0.360
A_0^3	0.150	0.220	0.400

Çizelge B.19 : E^2'nin karar matrisi.

	$\boldsymbol{CE_s^1}$	$\boldsymbol{CE_s^2}$	$\boldsymbol{CE_o^1}$
$\boldsymbol{A_{11}^1}$	0.015	0.083	0.013
$\boldsymbol{A_{11}^2}$	0.045	0.069	0.075
$\boldsymbol{A_{12}^1}$	0.061	0.014	0.038
$\boldsymbol{A_{12}^2}$	0.015	0.069	0.075
$\boldsymbol{A_{12}^3}$	0.090	0.111	0.030
$\boldsymbol{A_{13}^1}$	0.060	0.056	0.150
$\boldsymbol{A_{21}^1}$	0.015	0.056	0.038
$\boldsymbol{A_{21}^2}$	0.075	0.069	0.060
$\boldsymbol{A_{22}^1}$	0.075	0.028	0.057
$\boldsymbol{A_{22}^2}$	0.075	0.111	0.188
$\boldsymbol{A_{22}^3}$	0.119	0.097	0.038
$\boldsymbol{A_3^1}$	0.090	0.069	0.053
$\boldsymbol{A_3^2}$	0.015	0.014	0.060
$\boldsymbol{A_3^3}$	0.119	0.125	0.075

Çizelge B.19 (devam) : E^{2}'nin karar matrisi.

	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1
A_3^4	0.134	0.028	0.050

Çizelge B.20 : E^{3}'nin karar matrisi.

	CE_s^1	CE_s^2	CE_o^1
A_{11}^1	0.087	0.043	0.013
A_{11}^2	0.058	0.087	0.075
A_{12}^1	0.072	0.072	0.038
A_{12}^2	0.014	0.058	0.075
A_{12}^3	0.072	0.116	0.030
A_{13}^1	0.072	0.072	0.150
A_{21}^1	0.029	0.116	0.038
A_{21}^2	0.087	0.101	0.060
A_{22}^1	0.014	0.058	0.057
A_{22}^2	0.087	0.072	0.188
A_{22}^3	0.058	0.014	0.038
A_3^1	0.014	0.087	0.053
A_3^2	0.072	0.058	0.060
A_3^3	0.145	0.029	0.075
A_3^4	0.116	0.014	0.050

EK C. Vaka-2 için KV ve uzmanlara ait kanı dereceleri tabloları

Çizelge C.1 : DM_{11}^{1} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{11}^{1}	0,000	0,333	0,667	0,000	0,000	0,000	0,000
A_{11}^{2}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
A_{11}^{3}	0,000	0,000	0,667	0,000	0,333	0,000	0,000

Çizelge C.2 : DM_{11}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{11}^{1}	0.133	0.633	0.233	0.000	0.000	0.000	0.000
A_{11}^{2}	0.000	0.000	0.000	0.667	0.000	0.000	0.333
A_{11}^{3}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.067	0.267	0.667

Çizelge C.3 : DM_{12}^{1} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{12}^{1}	0.008	0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.905
A_{12}^{2}	0.000	0.000	0.603	0.302	0.000	0.000	0.095
A_{12}^{3}	0.000	0.603	0.302	0.064	0.032	0.000	0.000

Çizelge C.4 **:** DM_{12}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{12}^{1}	0.000	0.000	0.000	0.412	0.000	0.000	0.588
A_{12}^{2}	0.000	0.000	0.000	0.206	0.064	0.064	0.667

Çizelge C.4 (devam) : DM_{12}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{12}^{3}	0.000	0.127	0.254	0.000	0.000	0.000	0.618

Çizelge C.5 : DM_{1}^{1} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{1}^{1}	0.000	0.440	0.110	0.000	0.000	0.000	0.450
A_{1}^{2}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Çizelge C.6 : DM_{1}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{1}^{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
A_{1}^{2}	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge C.7 : DM_{2}^{1} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{2}^{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
A_{2}^{2}	0.000	0.000	0.000	0.063	0.188	0.000	0.750
A_{2}^{3}	0.263	0.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A_{2}^{4}	0.125	0.646	0.229	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge C.8 : DM_{2}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{2}^{1}	0.063	0.407	0.250	0.220	0.045	0.015	0.000
A_{2}^{2}	0.000	0.063	0.377	0.000	0.000	0.000	0.560

Çizelge C.8 (devam) : DM_2^2 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_2^3	0.144	0.606	0.022	0.228	0.000	0.000	0.000
A_2^4	0.057	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000	0.880

Çizelge C.9 : DM_2^3 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_2^1	0.292	0.708	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A_2^2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.750
A_2^3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.000	0.750
A_2^4	0.000	0.867	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge C.10 : DM_{311}^2 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{311}^1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
A_{311}^2	0.333	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A_{311}^3	0.000	0.000	0.667	0.333	0.000	0.000	0.000

Çizelge C.11 : DM_{312}^1 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{312}^1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
A_{312}^2	0.095	0.738	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000
A_{312}^3	0.357	0.643	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge C.12 : DM_{312}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{312}^{1}	0.111	0.756	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000
A_{312}^{2}	0.000	0.000	0.667	0.133	0.200	0.000	0.000
A_{312}^{3}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Çizelge C.13 : DM_{31}^{1} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{31}^{1}	0.094	0.561	0.000	0.000	0.000	0.000	0.345
A_{31}^{2}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Çizelge C.14 : DM_{31}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{31}^{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
A_{31}^{2}	0.000	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge C.15 : DM_{32}^{1} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{32}^{1}	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.978
A_{32}^{2}	0.000	0.783	0.196	0.000	0.000	0.000	0.022

Çizelge C.16 : DM_{32}^{2} için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_{32}^{1}	0.000	0.800	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000
A_{32}^{2}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Çizelge C.17 : DM_3^1 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_3^1	0.000	0.000	0.403	0.000	0.000	0.000	0.597
A_3^2	0.085	0.512	0.000	0.000	0.000	0.000	0.403

Çizelge C.18 : DM_3^2 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_3^1	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A_3^2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Çizelge C.19 : DM_3^3 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_3^1	0.000	0.197	0.197	0.606	0.000	0.000	0.000
A_3^2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

Çizelge C.20 : DM_0^1 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_0^1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
A_0^2	0.000	0.361	0.160	0.000	0.080	0.080	0.319
A_0^3	0.000	0.160	0.319	0.066	0.045	0.129	0.282

Çizelge C.21 : DM_0^2 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
A_0^1	0.000	0.267	0.086	0.000	0.093	0.000	0.554
A_0^2	0.192	0.531	0.000	0.000	0.000	0.000	0.278
A_0^3	0.079	0.290	0.185	0.093	0.000	0.000	0.354

Çizelge C.22 : E^2 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
U_{11}^{111}	0.591	0.409	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{11}^{121}	0.000	0.667	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{11}^{131}	0.571	0.429	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{12}^{111}	0.419	0.581	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{12}^{121}	0.629	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{12}^{131}	0.000	0.000	0.600	0.400	0.000	0.000	0.000
U_{2}^{111}	0.000	0.000	0.429	0.571	0.000	0.000	0.000
U_{2}^{121}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
U_{2}^{131}	0.000	0.364	0.636	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{2}^{141}	0.596	0.404	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{311}^{111}	0.379	0.621	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{311}^{121}	0.538	0.462	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{311}^{131}	0.486	0.514	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{312}^{111}	0.586	0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{312}^{121}	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge C.22 (devam) : E^2 için kanı dereceleri.

	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
U_{312}^{131}	0.000	0.286	0.714	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{32}^{111}	0.379	0.621	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U_{32}^{121}	0.561	0.439	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

EK D. Baz senaryoya ait parametre değerleri ve çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projelere ait tablolar

Çizelge D.1 : Baz senaryoya ait $\mathbf{H_i^r}$ değerleri.

H_i^r	0	1	2	3	4	5	6
i1	1.177	1.177	1.091	1.167	1.383	1.383	1.383
i2	4.022	4.022	3.900	4.187	5.000	5.000	5.000
i3	3.120	3.120	3.022	3.312	4.133	4.133	4.133
i4	3.565	3.565	3.463	4.128	5.319	5.000	5.000
i5	3.212	3.212	3.091	3.146	3.746	3.667	3.667
i6	2.939	2.939	2.896	2.816	2.975	3.667	3.667
i7	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i8	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i9	2.344	2.344	2.250	2.327	2.531	2.531	2.531
i10	1.953	1.953	1.692	2.056	2.746	2.746	2.746
i11	4.410	4.410	4.387	4.807	6.000	6.000	6.000
i12	0.972	0.972	0.885	0.932	1.067	1.067	1.067
i13	2.903	2.903	2.791	3.045	3.767	3.767	3.767
i14	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i15	1.920	1.920	1.862	1.846	1.802	1.802	1.802
i16	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
i17	2.786	2.786	2.521	2.905	3.600	3.600	3.600
i18	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i19	3.212	3.212	3.091	3.146	3.746	3.667	3.667

Çizelge D.1 (devam) : Baz senaryoya ait H_i^r değerleri.

H_i^r	0	1	2	3	4	5	6
i20	2.939	2.939	2.896	2.816	2.975	3.667	3.667
i21	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i22	2.344	2.344	2.250	2.327	2.531	2.531	2.531
i23	1.953	1.953	1.692	2.056	2.746	2.746	2.746
i24	4.410	4.410	4.387	4.807	6.000	6.000	6.000
i25	0.972	0.972	0.885	0.932	1.067	1.067	1.067
i26	2.903	2.903	2.791	3.045	3.767	3.767	3.767
i27	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i28	1.920	1.920	1.862	1.846	1.802	1.802	1.802
i29	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
i30	0.972	0.972	0.885	0.932	1.067	1.067	1.067
i31	1.920	1.920	1.862	1.846	1.802	1.802	1.802
i32	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i33	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i34	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i35	1.953	1.953	1.692	2.056	2.746	2.746	2.746
i36	2.939	2.939	2.896	2.816	2.975	3.667	3.667
i37	1.177	1.177	1.091	1.167	1.383	1.383	1.383
i38	4.022	4.022	3.900	4.187	5.000	5.000	5.000
i39	3.120	3.120	3.022	3.312	4.133	4.133	4.133
i40	2.939	2.939	2.896	2.816	2.975	3.667	3.667

Çizelge D.1 (devam) : Baz senaryoya ait H_i^r değerleri.

H_i^r	0	1	2	3	4	5	6
i41	1.953	1.953	1.692	2.056	2.746	2.746	2.746
i42	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i43	2.903	2.903	2.791	3.045	3.767	3.767	3.767
i44	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i45	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
i46	2.786	2.786	2.521	2.905	3.600	3.600	3.600
i47	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i48	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i49	2.344	2.344	2.250	2.327	2.531	2.531	2.531
i50	1.953	1.953	1.692	2.056	2.746	2.746	2.746
i51	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i52	1.920	1.920	1.862	1.846	1.802	1.802	1.802
i53	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i54	2.340	2.344	2.253	2.328	2.544	2.545	2.546
i55	2.903	2.903	2.791	3.045	3.767	3.767	3.767
i56	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i57	2.340	2.344	2.253	2.328	2.544	2.545	2.546
i58	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i59	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
i60	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i61	2.000	2.000	2.436	2.306	2.515	3.560	3.560

Çizelge D.1 (devam) : Baz senaryoya ait H_i^r değerleri.

H_i^r	0	1	2	3	4	5	6
i62	1.749	1.749	1.805	2.753	2.796	2.796	2.796
i63	2.364	2.344	2.250	2.327	2.531	2.531	2.531
i64	1.953	1.953	1.692	2.056	2.645	2.746	2.700
i65	4.100	4.400	4.387	4.222	6.000	6.000	6.000
i66	0.372	0.372	0.585	0.832	1.000	1.000	1.000
i67	4.100	4.400	4.387	4.222	6.000	6.000	6.000
i68	2.340	2.344	2.253	2.328	2.544	2.545	2.546
i69	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i70	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
i71	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i72	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i73	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i74	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i75	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i76	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i77	4.100	4.400	4.387	4.222	6.000	6.000	6.000
i78	0.372	0.372	0.585	0.832	1.000	1.000	1.000
i79	1.953	1.953	1.692	2.056	2.645	2.746	2.700
i80	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i81	1.749	1.749	1.805	2.753	2.796	2.796	2.796
i82	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039

Çizelge D.1 (devam) : Baz senaryoya ait H_i^r değerleri.

H_i^r	0	1	2	3	4	5	6
i83	4.100	4.400	4.387	4.222	6.000	6.000	6.000
i84	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
i85	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i86	1.953	1.953	1.692	2.056	2.645	2.746	2.700
i87	2.749	2.749	2.805	2.783	2.796	2.796	2.796
i88	2.903	2.903	2.791	3.045	3.767	3.767	3.767
i89	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i90	5.217	5.217	5.460	5.316	5.039	5.039	5.039
i91	2.939	2.939	2.896	2.816	2.975	3.667	3.667
i92	2.696	2.696	2.582	2.824	3.511	3.511	3.511
i93	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i94	1.953	1.953	1.692	2.056	2.645	2.746	2.700
i95	3.120	3.120	3.022	3.312	4.133	4.133	4.133
i96	3.135	3.135	3.079	2.940	3.600	3.600	3.600
i97	1.920	1.920	1.862	1.846	1.802	1.802	1.802
i98	2.934	2.934	2.839	2.965	3.321	3.321	3.321
i99	0.972	0.972	0.885	0.932	1.067	1.067	1.067
i100	3.212	3.212	3.091	3.146	3.746	3.667	3.667

Çizelge D.2 : Baz senaryoya ait $\mathbf{a_i}$, $\mathbf{c_i}$, $\mathbf{z_i}$, $\mathbf{es_i}$ ve $\mathbf{c_i^F}$ değerleri.

	a_i	c_i	z_i	es_i	c_i^F
i1	30	300	0.9	4	30
i2	12	120	0.6	1	12
i3	13.6	136	0.8	1	13.6
i4	20	200	1	1	20
i5	14	140	1	1	14
i6	13.4	134	0.81	3	13.4
i7	10.7	107	0.54	3	10.7
i8	10.6	106	0.91	4	10.6
i9	15	150	0.88	4	15
i10	18	180	0.98	4	18
i11	12.8	128	0.9	1	12.8
i12	14.2	142	0.85	3	14.2
i13	18.3	183	1	4	18.3
i14	27.7	277	0.7	2	27.7
i15	20.6	206	0.79	1	20.6
i16	14.8	148	0.82	4	14.8
i17	21.8	218	0.90	2	21.8
i18	17	170	0.99	3	17
i19	29.9	299	0.46	3	29.9
i20	28.9	289	0.40	3	28.9
i21	29.6	296	0.55	1	29.6

Çizelge D.2 (devam) : Baz senaryoya ait a_i, c_i, z_i, es_i ve c_i^F değerleri.

	a_i	c_i	z_i	es_i	c_i^F
i22	11.5	115	0.21	3	11.5
i23	34.7	347	0.55	2	34.7
i25	34	340	0.34	2	34
i26	35.5	355	0.64	2	35.5
i27	34.3	343	0.65	4	34.3
i28	35.7	357	0.18	1	35.7
i29	24.1	241	0.59	1	24.1
i30	36.1	361	0.81	4	36.1
i31	34.3	343	0.64	1	34.3
i32	13.5	135	0.87	2	13.5
i33	24	240	0.85	4	24
i34	23.7	237	1.00	1	23.7
i35	19.8	198	0.92	3	19.8
i36	26	260	0.76	1	26
i37	11.9	119	0.45	2	11.9
i38	30.5	305	0.74	2	30.5
i39	12.1	121	0.64	2	12.1
i40	25.7	257	0.54	1	25.7
i41	12.8	128	0.81	4	12.8
i42	12.7	127	0.79	1	12.7
i43	23.3	233	0.47	2	23.3

Çizelge D.2 (devam) : Baz senaryoya ait a_i, c_i, z_i, es_i ve c_i^F değerleri.

	a_i	c_i	z_i	es_i	c_i^F
i44	26.5	265	0.74	1	26.5
i45	16.9	169	0.78	3	16.9
i46	28.7	287	0.30	2	28.7
i47	14.1	141	0.83	1	14.1
i48	11.4	114	0.50	1	11.4
i49	24	240	0.64	2	24
i50	13.4	134	0.87	4	13.4
i51	33.7	337	0.77	3	33.7
i52	24.6	246	0.46	1	24.6
i53	33.8	338	0.40	3	33.8
i54	35.9	359	0.56	1	35.9
i55	37.5	375	0.70	3	37.5
i56	39.1	391	0.43	1	39.1
i57	38	380	0.80	2	38
i58	20.7	207	0.59	1	20.7
i59	20.3	203	0.73	1	20.3
i60	33.5	335	0.78	1	33.5
i61	37.3	373	0.80	4	37.3
i62	17.3	173	0.79	2	17.3
i63	19.1	191	0.56	3	19.1
i64	39.8	398	0.45	1	39.8

Çizelge D.2 (devam) : Baz senaryoya ait a_i, c_i, z_i, es_i ve c_i^F değerleri.

	a_i	c_i	z_i	es_i	c_i^F
i65	33.7	337	0.22	1	33.7
i66	20.9	209	0.58	4	20.9
i67	25.2	252	0.73	3	25.2
i68	32	320	1.00	4	32
i69	32.8	328	0.94	2	32.8
i70	15	150	0.41	3	15
i71	16	160	0.89	1	16
i72	22.8	228	1.00	2	22.8
i73	31.1	311	0.93	3	31.1
i74	11.1	111	0.51	1	11.1
i75	17.8	178	1.00	2	17.8
i76	36.4	364	0.97	2	36.4
i77	22.4	224	0.63	4	22.4
i78	37.3	373	0.41	2	37.3
i79	21.6	216	0.78	3	21.6
i80	32.1	321	0.94	1	32.1
i81	29.5	295	1.00	1	29.5
i82	24.3	243	0.57	1	24.3
i83	14.2	142	0.29	2	14.2
i84	29.3	293	1.00	4	29.3
i85	27.9	279	0.94	4	27.9

Çizelge D.2 (devam) : Baz senaryoya ait a_i, c_i, z_i, es_i ve c_i^F değerleri.

	a_i	c_i	z_i	es_i	c_i^F
i86	25.4	254	0.79	2	25.4
i87	39.2	392	0.22	1	39.2
i88	15.8	158	0.58	1	15.8
i89	24	240	1.00	3	24
i90	37.2	372	0.53	1	37.2
i91	32.6	326	0.77	4	32.6
i92	22.3	223	0.96	1	22.3
i93	19.1	191	0.93	1	19.1
i94	16.5	165	0.50	2	16.5
i95	31.4	314	0.59	4	31.4
i96	29.8	298	0.72	1	29.8
i97	15.8	158	0.93	2	15.8
i98	29.2	292	0.88	1	29.2
i99	33.7	337	0.49	1	33.7
i100	27.6	276	1.00	3	27.6

Çizelge D.3 : Baz senaryoya ait γ_{is} değerleri.

γ_{is}	1	2	3	4
i1	2295.82	2811.009	964.7038	201.4363
i2	1352.94	5318.387	3381.301	589.6028
i3	2659.296	764.8452	1776.383	1692.562
i4	3476.299	1612.018	2676.871	849.6929

Çizelge D.3 (devam) : Baz senaryoya ait γ_{is} değerleri.

γ_{is}	1	2	3	4
i5	4727.847	1992.535	3275.346	166.1129
i6	2165.348	2862.181	772.565	318.7603
i7	908.4295	2487.606	2833.227	583.1301
i8	4055.092	3321.516	3451.204	108.086
i9	2131.668	602.8268	2469.998	59.39808
i10	1867.94	3232.605	1406.825	569.4552
i11	641.5996	7691.231	1101.759	257.7229
i12	678.0184	1220.125	285.2221	163.1574
i13	3852.934	4025.652	1462.465	606.7013
i14	2834.355	2518.685	916.2982	3092.295
i15	2284.127	2175.879	728.5825	494.3405
i16	6124.98	1202.255	643.3061	231.2882
i17	1135.233	4224.015	2235.704	933.6631
i18	3777.118	4020.986	1723.475	81.04968
i19	6630.929	1693.175	1394.237	196.4904
i20	1640.205	2968.135	550.8904	581.581
i21	3168.503	2785.963	1139.39	784.5594
i22	3208.597	3012.744	399.2679	26.66619
i23	461.5956	2126.766	1878.528	272.3767
i24	7473.388	595.7539	4604.73	188.295
i25	1381.889	1201.631	38.308	367.3362

Çizelge D.3 (devam) : Baz senaryoya ait γ_{is} değerleri.

γ_{is}	1	2	3	4
i26	3005.59	2923.297	1505.503	658.814
i27	569.2418	2581.426	1971.498	842.0638
i28	2040.216	389.3814	2689.096	896.1581
i29	2745.96	2433.884	1409.447	105.1944
i30	751.0685	260.5256	587.032	291.5288
i31	1166.05	819.0261	2817.476	560.9133
i32	5749.643	3298.421	12.93586	101.2307
i33	1564.403	1826.721	1787.928	514.9385
i34	2465.228	5624.429	3236.625	893.108
i35	3992.107	1176.681	2188.687	260.9145
i36	1478.868	3676.599	1336.424	249.0111
i37	2598.244	1383.124	82.55234	408.7381
i38	1914.336	4701.648	1997.425	992.5691
i39	7574.241	123.7489	2752.47	59.77648
i40	820.9435	3165.236	1193.491	481.6233
i41	2242.434	2143.544	72.83219	1539.996
i42	5668.372	4004.942	1803.4	1001.412
i43	4551.95	204.38	1069.274	347.5384
i44	3511.635	2254.802	2437.15	40.59437
i45	3500.163	917.5487	3599.338	1218.994
i46	775.0221	249.654	5411.842	1037.127

Çizelge D.3 (devam) : Baz senaryoya ait γ_{is} değerleri.

γ_{is}	1	2	3	4
i47	2923.789	1535.946	1872.531	665.7427
i48	4952.195	2916.675	1405.068	2393.746
i49	1843.385	2834.641	2.48278	219.404
i50	2165.399	2074.583	624.0048	392.5756
i51	2682.202	2498.281	1570.725	215.8671
i52	2387.472	2451.635	1514.18	83.24692
i53	3913.486	2163.557	299.9478	906.4582
i54	2489.331	2848.956	18.78763	549.003
i55	3860.419	2721.787	1175.091	652.7245
i56	1321.492	2189.334	4340.091	1497.957
i57	2364.849	2396.816	444.123	426.7601
i58	4605.17	3885.565	449.8728	103.7633
i59	523.2695	4508.403	1315.121	825.7162
i60	3274.533	3409.184	1757.081	316.4674
i61	367.0606	3620.408	1699.876	613.5865
i62	1446.974	2001.4	1570.2	524.1758
i63	1600.679	3572.686	1860.703	537.5869
i64	3443.477	1929.881	541.5066	735.5487
i65	3520.456	3337.426	2929.909	380.6537
i66	1229.522	322.5185	272.727	54.4992
i67	4602.049	1664.96	3731.83	583.2346

Çizelge D.3 (devam) : Baz senaryoya ait γ_{is} değerleri.

γ_{is}	1	2	3	4
i68	2832.715	3683.756	644.7985	197.3284
i69	2661.827	2016.872	4029.423	826.7095
i70	2549.535	3774.768	1621.415	780.9678
i71	7385.576	2433.193	264.8555	3676.43
i72	6070.456	4507.227	2926.433	854.8085
i73	3645.623	2450.118	2023.973	700.4686
i74	3513.39	3424.867	1429.527	26.15434
i75	3310.581	727.7045	2373.646	926.0778
i76	7280	3572.972	2737.862	885.522
i77	3384.848	3833.24	1722.223	537.5142
i78	2566.176	380.8782	729.0568	589.7657
i79	1707.662	1867.492	640.0909	692.7813
i80	211.1957	4456.707	1579.409	846.0546
i81	2849.759	1710.213	1314.445	375.7809
i82	1465.165	5612.951	2616.329	2690.954
i83	7126.655	2931.451	1291.412	732.7064
i84	1789.261	3387.445	747.2638	518.6965
i85	3380.108	2722.521	552.7535	281.0125
i86	2817.301	2509.62	686.1101	741.8198
i87	3698.518	2565.102	1873.513	428.901
i88	1547.237	2835.507	1271.484	715.89

Çizelge D.3 (devam) : Baz senaryoya ait γ_{is} değerleri.

γ_{is}	1	2	3	4
i89	1958.398	347.4134	3195.056	578.092
i90	5078.996	5095.911	3068.191	874.494
i91	766.4303	3316.731	1553.606	629.5611
i92	4414.053	842.2863	3762.812	234.0338
i93	4633.182	1133.018	773.4413	976.9732
i94	2813.315	1144.334	1943.197	29.07028
i95	5868.026	1091.881	465.1616	1097.874
i96	3770.235	1886.021	1771.889	830.0567
i97	783.3327	2463.107	2184.571	461.1136
i98	5430.469	2418.206	1123.58	653.3947
i99	1066.159	3490.999	234.0277	287.6795
i100	3514.562	1467.3	895.6962	659.0563

Çizelge D.4 : Çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projeler.

	Baz	1.1	1.1 vs Baz	1.2	1.2 vs Baz	2.1	2.1 vs Baz	2.2	2.2 vs Baz	3.1	3.1 vs Baz	3.2	3.2 vs Baz
i1													
i2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i4													
i5					X								
i6		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Çizelge D.4 (devam) : Çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projeler.

	Baz	1.1	1.1 vs Baz	1.2	1.2 vs Baz	2.1	2.1 vs Baz	2.2	2.2 vs Baz	3.1	3.1 vs Baz	3.2	3.2 vs Baz
i7												X	
i8					X	X	X	X	X			X	
i9	X				X		X	X	X			X	
i10					X							X	
i11					X		X	X				X	
i12	X	X	X	X				X		X	X	X	X
i13					X		X						
i14									X				
i15	X	X	X	X		X		X	X	X	X		X
i16					X		X	X	X			X	
i17					X								
i18													
i19								X	X				
i20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i21	X	X		X	X			X		X	X	X	X
i22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i23	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
i24	X				X		X	X			X	X	
i25	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X
i26					X			X		X			

Çizelge D.4 (devam) : Çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projeler.

	Baz	1.1	1.1 vs Baz	1.2	1.2 vs Baz	2.1	2.1 vs Baz	2.2	2.2 vs Baz	3.1	3.1 vs Baz	3.2	3.2 vs Baz
i23	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
i24	X				X		X	X			X	X	
i25	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X
i26					X			X		X			
i27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i28	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
i29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i30								X	X				
i31	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
i32					X			X	X				
i33	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i34					X								
i35													
i36								X					
i37	X	X			X	X		X	X	X	X		
i38	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
i39					X		X					X	
i40	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X

Çizelge D.4 (devam) : Çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projeler.

	Baz	1.1	1.1 vs Baz	1.2	1.2 vs Baz	2.1	2.1 vs Baz	2.2	2.2 vs Baz	3.1	3.1 vs Baz	3.2	3.2 vs Baz
i41					X								
i42	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X
i43	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i44								X					
i45					X								
i46	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
i47					X								
i48	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i49	X	X		X		X	X			X	X	X	X
i50					X		X						
i51	X	X		X	X		X	X		X	X	X	X
i52	X		X						X			X	X
i53	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X
i54	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
i55					X			X					
i56	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i57								X	X		X	X	X
i58	X	X			X	X	X	X		X		X	X
i59					X		X	X				X	

Çizelge D.4 (devam) : Çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projeler.

	Baz	1.1	1.1 vs Baz	1.2	1.2 vs Baz	2.1	2.1 vs Baz	2.2	2.2 vs Baz	3.1	3.1 vs Baz	3.2	3.2 vs Baz
i60					X								
i61													
i62					X		X			X		X	X
i63	X				X		X	X		X	X	X	X
i64	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
i65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i66	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
i67	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
i68					X								
i69					X								
i70	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
i71	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X
i72					X								
i73			X					X	X				
i74	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X
i75					X			X	X				
i76													
i77	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i78													
i79	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X

Çizelge D.4 (devam) : Çalıştırılan senaryolar sonucu seçilen projeler.

	Baz	1.1	1.1 vs Baz	1.2	1.2 vs Baz	2.1	2.1 vs Baz	2.2	2.2 vs Baz	3.1	3.1 vs Baz	3.2	3.2 vs Baz
i80													
i81													
i82	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X
i83	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i84					X								
i85	X				X							X	
i86													
i87	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
i88	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i89					X			X		X	X	X	X
i90	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i91								X	X				
i92													
i93					X								
i94	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
i95	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
i96								X	X				
i97													
i98						X							
i99		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X

	Baz	1.1	1.1 vs Baz	1.2	1.2 vs Baz	2.1	2.1 vs Baz	2.2	2.2 vs Baz	3.1	3.1 vs Baz	3.2	3.2 vs Baz
i100	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad **:** Özge ŞAHİN ZORLUOĞLU

Doğum Tarihi ve Yeri **:** 29.08.1988, Akçadağ

E-posta **:** sahinozge1@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2010, Bahçeşehir Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** **:** 2013, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Şahin Zorluoğlu, Ö.,** Kabak, Ö. 2020. Hierarchical Group Decision Making Approach for IT Project Evaluation and Prioritization, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis,* 1–20. DOI: https://doi.org/10.1002/mcda.1723.
- **Şahin Zorluoğlu, Ö.,** Kabak, Ö. 2020. Weighted Cumulative Belief Degree Approach for Project Portfolio Selection, *Group Decision and Negotiation, 29,* 679–722. DOI: 10.1007/s10726-020-09673-3.
- **Şahin Zorluoğlu, Ö.,** Kabak, Ö. 2020. A Literature Survey on Project Portfolio Selection Problem*, Multiple Criteria Decision Making Beyond the Information Age Book Chapter,* Contributions to Management Science Book Series, Springer International Publishing, DOI: 10.1007/978-3-030-52406-7.
- **Şahin Zorluoğlu, Ö.,** Kabak, Ö. 2019. Hierarchical Group Decision Making Approach for Project Portfolio Selection. *25th International Conference on Multiple Criteria Decision Making,* June 16-21, 2019 İstanbul, Turkey.

- **Şahin, Ö.,** Kabak, Ö. 2018. Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı Olarak Hiyerarşik Grup Karar Verme. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 38.Ulusal Kongresi, Haziran 26-29, 2018 Eskişehir, Türkiye.*