T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜMELEME ANALİZİ İLE BÜTÜNLEŞİK BULANIK TOPSIS VE BULANIK VIKOR YÖNTEMLERİNE DAYANARAK HASTANE KURULUŞ YER SEÇİMİ

ÇİLER ÖZGÜR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. TUFAN DEMİREL

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜMELEME ANALİZİ İLE BÜTÜNLEŞİK BULANIK TOPSIS VE BULANIK VIKOR YÖNTEMLERİNE DAYANARAK HASTANE KURULUŞ YER SEÇİMİ

ÇİLER ÖZGÜR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. TUFAN DEMİREL

İSTANBUL, 2017

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜMELEME ANALİZİ İLE BÜTÜNLEŞİK BULANIK TOPSIS VE BULANIK VIKOR YÖNTEMLERİNE DAYANARAK HASTANE KURULUŞ YER SEÇİMİ

Çiler ÖZGÜR tarafından hazırlanan tez çalışması 16.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Semih ÖNÜT

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Cafer Erhan BOZDAĞ

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Değişen piyasa koşulları ve artan rekabet ile, karar vermenin gittikçe zorlaştığı bir dönemde, kararların sayısal değerler ile de net ifade edilemediği durumlar için, bulanık mantığın kullanımı yaygınlaşmıştır. Aynı zamanda, birey veya nesneleri sahip oldukları özelliklere göre sınıflandırmaya yarayan ve bulanık karar verme tekniklerine de yardımcı olan, kümeleme analizi günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma da, esas olarak hastane kuruluş yer seçimi, bulanık mantık çerçevesinde ele alınmış ve alternatiflerin belirlenmesi aşamasında kümeleme analizinden yararlanılmıştır.

Çalışmamın tamamlanmasında bilgilerini, tecrübelerini ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam ve aynı zamanda tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Tufan Demirel'e, her zaman desteğiyle yanımda olan, çalışmam boyunca motivasyonumu yüksek tutan, tezimin bitmesi için benimle birlikte gün sayan, çalışmamın tamamlanmasında gösterdiği özverili destekler için sevgili aileme, benden desteğini esirgemeyen ve yardımları ile çalışmama ışık tutan sevgili arkadaşım Fırat Arkuran'a, bilgisi ve tecrübesi ile çalışmama ivme kazandıran, yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Kübra Fenerci Canel'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2017

Çiler ÖZGÜR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ ix

ÇİZELGE LİSTESİ x

ÖZET xii

ABSTRACT xiii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Tezin Konusu ve Amacı 1
1.2 Literatür Özeti 3
1.3 Bulgular 5

BÖLÜM 2

BULANIK MANTIK 6

2.1 Bulanıklık Kavramı 6
2.2 Bulanık Teorinin Avantajları ve Dezavantajları 8
2.2.1 Bulanık Teorinin Avantajları 8
2.2.2 Bulanık Teorinin Dezavantajları 8
2.3 Bulanık Kümeler Teorisi 9
2.3.1 Dilsel Değişkenler 10
2.3.2 Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Derecesi 10
2.3.3 Bulanık Küme Kuramında Karşılaşılan Sorunlar 12
2.3.4 Bulanık Mantık Uygulama Alanları 12
2.4 Bulanık Sayılar 14
2.4.1 Üçgen Bulanık Sayı 15
2.4.2 Yamuk Bulanık Sayı 16

2.5 Bulanık Sistemler 17
2.5.1 Bulanık Sistemlerin Yapısı 17
2.5.2 Bulanıklaştırma 18
2.5.3 Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi 19

BÖLÜM 3

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME 20

3.1 Tanım ve Kavramsal Çerçeve 20
3.2 Çok Kriterli Karar Verme Modelleri 23
3.2.1 Ağırlıklı Toplam Yöntemi 24
3.2.2 Ağırlıklı Çarpım Yöntemi 25
3.2.3 Analitik Hiyerarşi Süreci 25
3.2.4 Düzeltilmiş Analitik Hiyerarşik Süreci 26
3.2.5 Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE) 27
3.2.6 Promethee 27
3.2.7 Bulanık AHP 28
3.2.8 Analitik Şebeke Süreci (ANP) 28
3.2.9 Çok Nitelikli Fayda Teorisine Dayanan Yöntemler 29

BÖLÜM 4

TOPSİS VE VİKOR YÖNTEMLERİ 30

4.1 TOPSİS Yöntemi 30
4.2 Bulanık TOPSİS Yönteminin Tanımı ve Özellikleri 31
4.2.1 Dilsel Değişken Tabloları 32
4.2.2 Yöntemin Matematiksel İfadesi 33
4.2.3 Yöntemin Algoritması 37
4.3 Bulanık Vikor Yöntemi 38
4.4 Topsis ve Vikor Yöntemlerinin Karşılaştırılması 42

BÖLÜM 5

KÜMELEME ANALİZİ 44

5.1 Klasik Kümeleme Analizi 44
5.2 Kümeleme İşlemlerinde Kullanılan Uzaklık Ölçüleri 45
5.2.1 Öklid Uzaklığı 47
5.2.2 Minkowski Uzaklığı 47
5.2.3 Manhattan (City Blok) Uzaklığı 48
5.2.4 Mahalanobis Uzaklığı 49
5.2.5 Hotelling T2 Uzaklığı 50
5.2.6 Canberra Uzaklığı 50
5.2.7 Açısal Benzerlik Ölçüsü 51
5.2.8 Korelasyon Benzerlik Ölçüsü 51
5.3 Kümeleme Analizi Yöntemleri 51
5.3.1 Hiyerarşik (Aşamalı) Kümeleme Yöntemi 52
5.3.2 Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Yöntemi 53
5.4 Küme Sayısının Belirlenmesi 53
5.5 Kümeleme Analizi ile Hastane Kuruluş Yer Seçimi için Alternatif Belirleme 54

BÖLÜM 6

UYGULAMA 71

6.1 Literatür Araştırması 71
6.2 Hastane Kuruluş Yer Seçimi için Alternatiflerin Belirlenmesi 75
6.3 Kuruluş Yer Seçim için Kriterlerinin Belirlenmesi 76
6.4 Bulanık Topsis ve Bulanık Vikor Yöntemlerinin Çözüm Aşamaları 82
6.5 Bulanık Topsis Yöntemi ile 1. Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi 84
6.6 Bulanık Vikor Yöntemi ile 1.Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi 103
6.7 Bulanık Topsis Yöntemi ile 2. Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi 109
6.8 Bulanık Vikor Yöntemi ile 2.Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi 117
6.9 Duyarlılık Analizi ile Alternatiflerin Değerlendirilmesi 121

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER 125

KAYNAKLAR 129

EK-A

KÜMELEME ANALİZİ SONUÇLARI 134

EK-B

DEĞİŞEN KRİTERLERİN DİLSEL TANIMLARI 135

EK-C

DEĞİŞEN KRİTER DEĞERLERİ 136

ÖZGEÇMİŞ 137

SİMGE LİSTESİ

A^*	Bulanık pozitif ideal çözüm
A^-	Bulanık negatif ideal çözüm
B	Fayda kriteri
C	Maliyet kriteri
CC_i	Yakınlık katsayısı
$\widetilde{D}$	Bulanık karar matrisi
Δf	İdeal çözüm ile uzlaşık çözüm arasındaki fark
k	Küme sayısı
$\tilde{Q}_i$	İndeks değeri
$\tilde{R}$	Normalize edilmiş bulanık karar matrisi
$\tilde{R}_i$	Kriter değerlerinin bulanık en kötü değere olan maksimum uzaklığı
$\tilde{S}_j$	Kriter değerlerinin bulanık en iyi değere olan uzaklıklarının toplamı
v	Maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığı
$\tilde{V}$	Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi
$\widetilde{W}$	Karar kriterlerinin önem ağırlık matrisi
$\boldsymbol{\lambda}$	Kuvvet ortalaması

KISALTMA LİSTESİ

AÇY	Ağırlıklı çarpım yöntemi
AHS	Analitik hiyerarşi süreci
AHP	Analitik hiyerarşi prosesi
ANP	Analitik şebeke süreci
ATY	Ağırlıklı toplam yöntemi
BÇKKV	Bulanık çok kriterli karar verme
BTOPSIS	Bulanık topsis
ÇKKV	Çok kriterli karar verme
İBB	İstanbul büyükşehir belediyesi
İTO	İstanbul ticaret odası
TÜİK	Türkiye istatistik kurumu

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Üçgen bulanık sayı [11] 15
Şekil 2. 2 Yamuk bulanık sayı 16
Şekil 2. 3 Genel bulanık sistem [19] 17
Şekil 3. 1 Amaçların tipik hiyerarşik gösterimi [24] 22
Şekil 5. 1 Hiyerarşik k-ortalamalar yöntemi[43] 57
Şekil 5. 2 K-ortalamalar algoritması süreç akışı 57
Şekil 5. 3 Algoritma parametrelerinin belirlendiği ekran 60
Şekil 5. 4 Algoritmanın kuruluş modeli 61
Şekil 5. 5 Model sonucunda 14 ilçe için üretilen kümeler 61
Şekil 5. 6 Model sonucu üretilen 1.küme 62
Şekil 5. 7 Model sonucu üretilen 4.küme 63
Şekil 5. 8 4.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler 63
Şekil 5. 9 Model sonucu üretilen 6.küme 64
Şekil 5. 10 6.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler 64
Şekil 5. 11 Model sonucu üretilen 7.küme 65
Şekil 5. 12 7.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler 65
Şekil 5. 13 Model sonucu üretilen 8.küme 66
Şekil 5. 14 8.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler 66
Şekil 5. 15 Model sonucu üretilen 9.küme 67
Şekil 5. 16 9.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler 67
Şekil 5. 17 Her bir ilçenin ait olduğu kümeler 67
Şekil 5. 19 Her bir ilçenin ait olduğu kümeye uzaklıkları 69
Şekil 5. 20 Her bir kümeden seçilen en iyi alternatif setleri 69
Şekil 5. 21 İlçelerin her bir kümeye olan uzaklıkları 69
Şekil 6. 1 Birinci alternatif grubu için hastane kuruluş yer seçimi hiyerarşik yapı 80
Şekil 6. 2 İkinci alternatif grubu için hastane kuruluş yer seçimi hiyerarşik yapı 81
Şekil 6. 3 Bulanık Topsis ve Vikor yöntemlerinin çözüm aşamaları [62] 83

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki farklar [13] 7
Çizelge 4. 1 Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları [30] 32
Çizelge 4. 2 Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları [30] 33
Çizelge 4. 3 Topsis ve Vikor Farklılıkları 43
Çizelge 5. 1 Alternatif seçim kriterleri 54
Çizelge 5. 2 Oracle data miner programında yer alan algoritmaların kıyaslanması 56
Çizelge 5. 3 K-ortalamalar algoritmasında değişkenlerin belirlenmesi örneği 58
Çizelge 5. 4 K-ortalamalar algoritmasında vektörlerin belirlenmesi örneği 58
Çizelge 5. 5 K-ortalamalar algoritmasında küme merkezine uzaklığın belirlenmesi örneği 59
Çizelge 5. 6 K-ortalamalar algoritmasında değişkenlerin yeni küme merkezine uzaklığın belirlenmesi örneği 59
Çizelge 5. 7 Alternatifler ve ait oldukları kümeler 68
Çizelge 6. 1 Bulanık kriterler 77
Çizelge 6. 2 Kriterlerin dilsel değişkenlerin belirlenmesi 85
Çizelge 6. 3 Karar kriterlerinin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve üçgen bulanık sayı karşılıkları [30] 86
Çizelge 6. 4 Dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi 87
Çizelge 6. 5 Dilsel değişken tablosu 89
Çizelge 6. 6 Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları [30] 90
Çizelge 6. 7 Bulanık sayı tablosu 91
Çizelge 6. 8 Kriter ağırlık tablosu 92
Çizelge 6. 9 Bulanık karar matrisi 93
Çizelge 6. 10 Normalize edilmiş bulanık karar matrisi 96
Çizelge 6. 11 Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matris 98
Çizelge 6. 12 Bulanık pozitif çözümlerin belirlenmesi 100
Çizelge 6. 13 Bulanık negatif çözümlerin belirlenmesi 101
Çizelge 6. 14 Alternatif uzaklıkları 102
Çizelge 6. 15 Yakınlık katsayıları 102
Çizelge 6. 16 Bulanık topsis 1.grup alternatif set sıralaması 103
Çizelge 6. 17 Kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri 104
Çizelge 6. 18 Alternatiflerin en iyi ve en kötü değerlere uzaklıkları 105

Çizelge 6. 19 S*,S-,R*,R- değerleri 105
Çizelge 6. 20 Qi değerinin ve Qi,Si,Ri indeks hesabı 106
Çizelge 6. 21 Değişen v değerlerine göre Qi sıralaması 107
Çizelge 6. 22 Qi, Si ve Ri'ye göre alternatif sıralaması 108
Çizelge 6. 23 İkinci alternatif setinin dilsel değişkenler ile tanımlanması 110
Çizelge 6. 24 İkinci alternatif setin bulanık sayı tablosu 111
Çizelge 6. 25 İkinci alternatif setin bulanık karar matrisi 113
Çizelge 6. 26 İkinci alternatif setin normalize edilmiş bulanık karar matrisi 114
Çizelge 6. 27 İkinci alternatif setin ağırlıklıklı normalize edilmiş bulanık matris 115
Çizelge 6. 28 İkinci alternatif set için bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi 116
Çizelge 6. 29 İkinci alternatif sete göre bulanık topsis alternatif sıralaması 117
Çizelge 6. 30 Kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri 118
Çizelge 6. 31 S* S- R* R- değerleri 119
Çizelge 6. 32 Qi değerinin ve Qi Si Ri indeks hesabı 119
Çizelge 6. 33 Değişen v değerlerine göre Qi sıralaması 120
Çizelge 6. 34 Qi, Si ve Ri'ye göre alternatif sıralaması 121
Çizelge 6. 35 Kriter ağırlıklarının ortalaması 122
Çizelge 6. 36 Bulanık topsis ve vikor alternatif sıralaması 124

ÖZET

KÜMELEME ANALİZİ İLE BÜTÜNLEŞİK BULANIK TOPSIS VE BULANIK VIKOR YÖNTEMLERİNE DAYANARAK HASTANE KURULUŞ YER SEÇİMİ

Çiler Özgür

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yard.Doç. Dr. Tufan Demirel

Yeni işletmelerin kuruluş çalışmaları sırasında yürütülen birinci önemli konu, işletmelerin hizmet ya da üretim çalışmalarını yürüteceği kuruluş yerinin coğrafi konum olarak belirlenmesidir. Kuruluş yer seçiminin iyi bir şekilde belirlenmesi, işletmenin amaç ve hedeflerine ulaşmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Zira elverişsiz bir yerde kurulan bir işletmenin, bir yerden başka bir yere taşınması büyük maliyetler ortaya çıkaracağı gibi, böyle bir yerde kurulan işletmenin, ömrü boyunca gereksiz harcama ve zarara uğramasına yol açabilir. İşletme açısından kuruluş yer seçimi, nitel ve nicel birçok kriteri göz önünde bulundurması gereken çok kriterli bir karar verme problemidir. Nitel kriterlerin belirlenmesi aşamasında ortaya çıkan belirsiz sonuçlar, problemin bulanık mantık çerçevesinde ele alınmasını sağlamıştır. Bu tür problemleri çözmede kullanılan yöntemlerden bulanık Topsis ve bulanık Vikor ile hastane kuruluş yer seçimi ele alınmıştır. Problemin çözümünde, alternatiflerin belirlenmesi aşamasında kümeleme analizinden faydalanılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda oluşan çıktı, bulanık sistem için girdi oluşturmuştur. Bulanık Topsis ve Vikor yöntemlerinin sonucunda, sistem parametrelerindeki değişimin etkisinin ölçülmesi için duyarlılık analizinden yararlanılmıştır. Problem her iki yönteme göre çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık teorisi, Çok kriterli karar verme, Kümeleme analizi, Bulanık topsis, Bulanık vikor

ABSTRACT

CLUSTERING ANALYSIS WITH INTEGRATED FUZZY TOPSIS and FUZZY VIKOR METHODS by HOSPITAL LOCATION SELECTION

Çiler Özgür

Department of Industrial Engineering

Master's Thesis

Adviser: Assist. Prof. Tufan Demirel

The first important issue is to determine geographical location where the business will perform service or production operation during the establishment of new business process. To determine a well-chosen site location plays an important role in achieving the goals and objectives of the business. Because moving site location which is established in unfavorable place, moving from one location to another may cause cost overrun, unnecessary expenses and damages during the life of business. In terms of business, location selection is a multi-criteria decision making problem that requires many qualitative and quantitative criteria to be taken into consideration. Uncertain results which are generated in the process of determining qualitive criteria provides the problem to evaulate in the framework of fuzzy logic. The selection of hospital location problem was solved by fuzzy topsis and fuzzy vikor methods. The clustering analysis has been utilized in the determination of alternatives in the problem solving. The output of the clustering analysis generated input for the fuzzy system. Sensitivity analysis was used to measure the effect of changes in system parameters in the result of fuzzy topsis and fuzzy vikor. The problem was solved by both methods and the results were compared.

Key words: Fuzzy logic theory, Multi-criteria decision making, Clustering analysis, Fuzzy topsis, Fuzzy vikor

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Tezin Konusu ve Amacı

Günümüz pazar koşullarında rekabet şartları ve dinamik pazar koşulları göz önünde bulundurularak, işletmelerin hem iç hem de dış pazardaki rekabet gücünün artırılması ve sürdürülebilirliğinin devam edebilmesi için, temel koşullarından biri olan maliyetlerin kontrol altına alınıp, azaltılması gerekmektedir. Ancak maliyetlerin azaltılmasında bazı sorunlar yaşanabilir. Bu sorunların temel kaynaklarının başında kuruluş alan yer seçiminde yapılan hatalar gelmektedir.

Kuruluş yeri kavramı temel olarak, işletmenin ekonomik faaliyetlerinin sürdürdüğü coğrafi yer anlamına gelmektedir. Kuruluş yer seçimi çalışmaları Alfred Weber'in 1909 yılında yapmış olduğu depo yeri seçimi ile başlamış ve günümüze kadar gelişerek devam etmiştir. Özellikle son yıllarda gelişen teknoloji ve ulaşım imkânları ile beraber nüfusun kalabalıklaşması ve merkez yaşam alanlarındaki yer sıkıntısı tesis yeri seçim kararlarının daha da önem kazanmasına sebep olmuştur.

Kuruluş yeri seçimi işletmeler için çok önemli bir konudur. İşletmenin yanlış bölgede kurulması; hammadde temini, nakliye maliyetleri, ulaşım , haberleşme, altyapı sorunları, işletmenin hedef aldığı kitleye ulaşamama ve pazara uzak kalma gibi birçok problem ile bu problemlerin çözülmesi için harcanması gereken maliyetleri artırmasına neden olur. Dolayısıyla bu durum, birim maliyetlerde artışa sebep olabilmektedir. Bu nedenle yer seçimi, birçok faktörün dikkatli analiz edilerek alınması gereken önemli bir karardır. Seçilecek yerin, işletmelerin ihtiyaçlarını en iyi karşılayacak nitelikte olması gerektiğinden bu ihtiyaçlar objektif olarak belirlenerek tanımları karar verici kişiler tarafından eksiksiz olarak yapılmalı, seçilecek yerin işletme faaliyetlerine yapacağı

etkileri belirleyen kriterler iyi değerlendirilmeli, bilgi ve tecrübesinden yararlanılabilecek uzman kişi ve kurumlardan destek alınmalı, kararları alırken olabildiğince uzun bir dönem göz önünde bulundurularak alınmalı ve zaman içerisinde meydana gelecek değişiklikler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yer seçimine ilişkin yapılan ilk çalışmalardaki amaç uzaklık ve maliyetin minimize edilmesi veya yer seçimi kararı neticesinde elde edilecek kârın maksimize edilmesidir. Günümüzde ise bu kararlar önceki amaçlara ilave olarak niteliksel kriterleri de içerisinde barındıran daha karmaşık karar problemleri haline dönüşmüştür. Bu çalışmada özel bir hastanenin, açacağı 2. şubenin kuruluş yer seçimi problemi ele alınmıştır.

Sağlık sektöründe kuruluş yer seçimi birçok faktörün etkin olduğu bir süreçtir ve bu süreci etkileyen faktörler her hastane için farklılık gösterebilir. Bir başka deyişle, her hastanenin karar sürecinin farklı olmasının nedenleri, iç dinamiklerinin, ürünlerinin, pazarlama stratejilerinin farklılık göstermesi, bulunduğu segmentin farklılığı ve hedeflediği kitlenin farklı olmasıdır.Her sağlık işletmelerinin kendilerine özgü seçim kriterleri olduğu için, farklı hastaneler için farklı lokasyon tercihleri de görülebilmektedir.

Çalışmada İstanbul anadolu yakasındaki bütün ilçeler kümeleme analizi yardımı ile kümelere ayrılmıştır. Her bir kümeden seçilen alternatifler 1.grup alternatif setini, hedef kitleye daha uygun olduğu düşünülen karar verici tarafından seçilen tek bir kümeye ait bütün ilçeler ise 2.grup alternatif setini oluşturmaktadır. Oluşan alternatif setlerinden en uygun ilçenin tercihin yapılabilmesi için bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden; bulanık topsis ve bulanık vikor yöntemleri ile problem ayrı ayrı çözülerek sonuçlar elde edilmiş, her iki yöntemden elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Hastane kuruluş yeri seçimi probleminin çözümünde kullanılan yöntemlerden ilki olan bulanık topsis; ideal çözüme en kısa mesafeyi ve negatif ideal çözümden en uzak mesafeyi baz alarak alternatif seçimini ifade etmektedir. İkinci yöntem olan bulanık vikor yöntemi ise, ideal çözüme yakınlığı temel alırken maksimum grup faydası ve minimum bireysel pişmanlığı da göz önünde bulundurarak alternatif seçimini ele almaktadır. ÇKKV tekniği olan topsis ve vikor yöntemlerinin her ikisinin de

mantığı ideal çözüme yakınlığı baz aldığı için, bu çalışma da her iki yöntem de kullanılmıştır.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, çalışmanın konusu ve amacı anlatılmıştır. İkinci bölümde, bulanık mantık teorisinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, çok kriterli karar verme kavramından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, bulanık topsis yöntemi ve bulanık vikor yöntemleri anlatılmıştır. Beşinci bölümde, kümeleme analizi anlatılmıştır. Altıncı bölümde ise, uygulama konusu ve problemin çözümü detaylı bir şekilde anlatılmıştır. 7. bölümde sonuçlar anlatılmıştır ve sonuçlar karşılaştırılıp yorumlanmıştır. ÇKKV yöntemleri ile ilgili geleceğe dönük öneriler sunulmuştur.

1.2 Literatür Özeti

Literatür taramasında kuruluş yeri seçimi üzerine son yıllarda yapılan çalışmalarda sayısal yöntem olarak, çoğunlukla çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

1995 yılında İsrail'de yapılan bir çalışmada AHP yöntemini kullanarak hastane yer seçim problemi ele alınmıştır. Bu çalışma, İsrail'in bir bölgesi olan Negev'deki bir hastanede yapılmıştır. Alternatif yerlerle ilgili analizler yapılmıştır. ÇKKV yöntemi olan AHP yöntemi ile alternatifler değerlendirilmiştir [1].

2007'de Wu, Lin ve Chen'in yapmış oldukları çalışmada AHP yöntemini, değiştirilmiş Delphi yöntemini ve duyarlılık analizlerini kullanarak rekabetçi bir avantaj sağlamak için, Tayvandaki optimal hastane yer seçimin problemini ele almışlardır [2].

2007'de Önüt, Tuzkaya ve Kemer'in yapmış oldukları çalışmada, İstanbul ilinde yapılması düşünülen hastane yatırımlarına örnek olması amacıyla, ANP yöntemi ile kuruluş yer seçimi problemi ele alınmıştır. Nicel faktörlerin yanında nitel faktörleri de göz önünde bulunduran ANP yöntemi Çatalca, Sarıyer ve Zeytinburnu ilçelerini, hastane kurulabilirlik açısından karşılaştırıp sonuçları değerlendirmiştir [3].

2009'da yapılan çalışmada, Ankara'da kurulması planlanan yeni bir hastane için yer seçimi, uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen kriterlere göre, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile modellenmiş ve önerilerde bulunulmuştur [4].

Zıngıl'ın 2009 yılında yapmış olduğu çalışma, özel bir hastanenin tedarikçi seçim probleminin bulanık vikor ve bulanık topsis ile çözülüp sonuçlar karşılaştırılarak irdelenmiştir. Bu çalışmada sözel değişkenler yamuk bulanık sayılar ile gösterilmekte ve bu sayılar kullanılarak karar matrisi oluşturulmuştur [5].

2011'de yapılan bir çalışmada, güneydoğu anadolu bölgesinde hastane yer seçimi problemi ele alınmıştır. Uzman görüşleri dikkate alınarak Diyarbakır, Gaziantep ve Şanlıurfa alternatif olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, çok kriterli karar verme metotlarından Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) metodu kullanılmıştır [6].

Literatürde sağlık sektöründe kuruluş yer seçimi ile ilgili birçok çalışma ÇKKV yöntemleri ile ele alınmıştır. ÇKKV yöntemleri, problemi sadece nicel faktörler açısından değil aynı zamanda nitel faktörler açısından da ele almıştır. Böylece, ÇKKV yöntemlerinin alternatiflerin ve kriterlerin sayıca fazla olduğu durumlarda daha sağlıklı karar vermek için her iki değişkeni de göz önünde bulundurması önem taşımaktadır. Aynı zamanda topsis ve vikor yöntemlerinin birlikte kullanıldığı birçok çalışma da yapılmıştır.

2004'de Tzeng ve Opricovic'in topsis ve vikor yöntemlerinin karşılaştırılmalı analizinin de yapıldığı bu çalışma da yazarlar, her iki yöntemin benzer ve farklı yönlerini ortaya koymuşlar, vikor yöntemi alternatif sıralamada ideal çözüme yakınlığı temel alırken, topsis yöntemi ideal çözüme en kısa mesafeyi ve negatif ideal çözüme en uzak mesafeyi temel alır. Bu iki ÇKKV yöntemleri farklı normalizasyon çeşidi kullanır. Vikor yöntemi lineer normalizasyonu kullanırken, topsis yöntemi vektör normalizasyonunu kullanır. Bu çalışmanın sonucunda, vikor metodunun karar vermede grup faydasını ve pişmanlığını göz önünde bulundurduğu için, karar vericilerin fikirlerini daha iyi yansıtabildiğini belirtmişlerdir [7].

Tzeng, Lin ve Opricovic'in 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada toplu taşımada kullanılacak alternatif yakıtların değerlendirilmesi konusunu ele almışlardır, vikor ve topsis yöntemlerini kullanmışlardır. Araştırmacılar değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında ise AHP yöntemine başvurmuşlardır [8].

Zhang ve Wei'nin 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada ÇKKV problemlerini kararsız bulanık bilgi setleriyle birlikte çözmek için e-vikor ve topsis yöntemlerini

geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada, kararsız bulanık bilgi setleri, uyumlu olan kavram ile tanımlanmıştır. Son olarak sayısal bir örnek ile e-vikor methodu ile topsis metotlarının sonuçları karşılaştırılmıştır [9].

1.3 Bulgular

Hastane kuruluş yer seçimi problemi bulanık vikor ve bulanık topsis yöntemleri ile çözülmüştür. Sonucun daha hassas çıkabilmesi için, problem iki farklı alternatif set ile değerlendirilmiştir. Alternatif gruplarının belirlenmesinde, kümeleme analizinden yararlanılmıştır. Değerlendirme kriterlerinin belirsizliği sebebi ile, sistem bulanık mantık çerçevesinde ele alınmıştır. Bulanık topsis ve vikor yöntemi ile problem çözümlenmiş ve hem farklı alternatif grupları hem de farklı metotlar ile problem ele alınmasına rağmen, her iki alternatif grubunda tek ortak olan ilçe, en iyi alternatif olarak seçilmiştir. Her iki yöntem için de alternatif sıralaması benzerdır. En iyi alternatif hariç, diğer alternatiflerin sıralamasında farklılıklar vardır.

Sistem üzerindeki en önemli kriterlerin değer değişimi yapıldığında, alternatiflerin sıralaması üzerinde nasıl bir etki yapacağını gözlemlemek için duyarlılık analizinden yararlanılmıştır. Topsis metodu, vikor metoduna göre değişimlere karşı daha duyarlıdır. 1. alternatif grubu için duyarlılık analizi yapıldığında, topsis metodunda 1.alternatifin sıralaması değişirken vikor yönteminde değişmemiştir. 2. alternatif grubu için duyarlılık analizi yapıldığında ise, 1.sırada yer alternatifin sıralaması hem topsis hem de vikor için değişmemiştir. 1.alternatif grubunda yer alan ilçelerin birbirleri arasındaki benzerlik, 2.grupta yer alan ilçelerin birbirleri arasındaki benzerliğe göre daha düşüktür, bu nedenle 2.grup alternatif için duyarlılık analizi yapıldığında hem vikor hem de topsis için 1.sırada yer alan alternatifin sıralaması değişmemiştir.

BÖLÜM 2

BULANIK MANTIK

2.1 Bulanıklık Kavramı

Bulanık mantık, insan düşüncesinin ortaya koyduğu sözel bilgileri matematiksel verilere çevirmekte ve bunları bulanık küme teorisi ile ifade edebilmektedir [10].

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitelerinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalesini yayınlamasıyla duyulmuştur. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizlik içerir. Bu sebeple, insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini daha iyi anlayabilmek için belirsizliklerle matematik sisteminin birlikte çalışması gereklidir [11].

Bulanık mantık özellikle anlaşılması güç ve yoruma dayanan çok karmaşık, bilginin yeterli olmadığı durumlarda, insan muhakemesine, algılanmasına veya karar verme olgusuna dayanan süreçlerde faydalı olduğu bilinmektedir. Klasik mantığın dayandığı temel varsayım "her önerme ya doğrudur ya yanlıştır", Aristo'dan bu yana tartışılmaktadır. Buna göre gelecek olaylar hakkındaki önermeler, ne gerçekten doğrudur ne de gerçekten yanlıştır. Fakat her iki durumun da bir miktar gerçekleşmesi mümkündür. Bundan dolayı bu önermelerin doğruluk değerleri en azından olay gerçekleşinceye kadar belirsizdir [12].

Bulanık mantık ile klasik mantık arasındaki bilinen anlamda tanımlanan temel fark, klaisk mantıkta, matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik

matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek işte bu yüzden zordur, çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 38,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek bir çok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir [11].

Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1 Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki farklar [13]

Klasik Mantık	**Bulanık Mantık**
A veya A Değil	A ve A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Bulanık mantıkta bulanık kümeleri kadar dilsel değişken kavramları da önemlidir. Dilsel değişkenler biraz iyi, iyi ve çok iyi gibi kelimeler ile ifadelerde tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir dilsel değişkenlerin değeri bulanık kümeleri ile ifade edilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı bulanık kümeler ile modellenir.

Zadeh' e göre bulanık mantık çoklu değerliliktir. Klasik mantığın 0 – 1 önermelerine karşılık bulanık mantık, üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturur [13].

Klasik küme kuramında bir eleman, o kümenin elemanıdır ya da değildir ve hiçbir zaman kısmi üyesi olamaz. Nesnenin üyelik değeri "1" ise nesne o kümenin elemanı; nesnenin üyelik değeri "0" ise nesne o kümenin elemanı değildir. Klasik kümelerin aksine bulanık kümelerde elemanların üyelik dereceleri [0,1] aralığında, sonsuz sayıda değişebilir [10].

Bulanık mantığın işleyişi şu şekildedir. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerindedir. Eğer bir ifade tamamen doğru ise klasik mantıktaki gibi 1 değerini alır. Ancak bulanık mantık uygulamalarının çoğu sadece özel durumlar hariç bir ifadenin 0 veya 1 değerini almasına izin vermezler. Bunların dışında tüm ifadeler 0'dan büyük 1'den küçük reel değerler alırlar. Örneğin bir ifadenin değeri 0.25 ise bu ifadenin anlamı %25 doğru, %75 yanlış demektir.

Bulanık mantık kuramı, öznenin nesnesine dair verdigi yargıdaki yüklemlerin uygulanmasında belirsizliğin yerini tutan, bu tür belirsizliklerin ve bulanıklıkların ifade edilmesini sağlayan bir mantıktır. Bulanık mantık değerleri, gerçek verilere daha uygun olarak tanımlamayı amaçlayan ve bunu matematiğin elverdiği ölçüde başaran bir mantıktır. Lotfy A. Zadeh'ye göre, "bulanık mantık herşeyin, doğrunun da, bir derece meselesi olduğu insani akıl yürütme için bir modeldir. Temelde, sözcükle hesaplama anlamı sunmaktadır" [14].

Bulanık Teorinin Avantajları ve Dezavantajları

2.1.1 Bulanık Teorinin Avantajları

- İnsan düşünme tarzına yakın olması
- Yazılımın basit ve dolayısıyla ucuz olması
- Bulanık mantıkta sonuç hayır ve evetten ibaret değildir. Bunların ara değerlerini de içerir. Hem denetim kalitesi arttırılmış olur hem de enerji tasarrufu sağlanmış olur.
- İnsana özgü tecrübe ile öğrenme olayının kolay modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilmesine imkan tanımasıdır.
- Uygulanması oldukça kolaydır.

2.1.2 Bulanık Teorinin Dezavantajları

- Kararlılık analizinin yapılışının zorluğu
- Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulmasının uzmana bağlılığı
- Üyelik fonksiyonlarının deneme yanılma yoluyla bulunmasından dolayı uzun zaman alabilmesi
- Bulanık mantık sistemlerinin öğrenemez ya da öğretilemez oluşu

2.2 Bulanık Kümeler Teorisi

Bulanık küme kuramı, ilk olarak 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından gerçekleştirilmiştir. Kuram, sosyoloji, mühendislik, tıp, psikoloji, yapay zeka, karar kuramı, metroloji, ekoloji gibi çok farklı alanlarda uygulama olanağı bularak hızla gelişmiştir. Konuyla ilgili teorik çalışmaların ve uygulamaların yer aldığı birçok kitap vardır [15].

Klasik mantığın tanımlayamadığı belirsizlikler çoğunlukla bilimsel olmayan bir şey olarak kabul görmesine rağmen, 19.yy başlarında belirsizlikler üzerine bir çok filozof kafa yormuştur. 1920'lerde Heisenberg (1983) ortaya ilk belirsizlik kavramını atarak bilimi çok değerliliğe zorlamıştır. 1930'ların başlarında Lukasiewicz (1930) ilk üç-değerli mantık sistemini ve aynı dönemlerde kuantum filozofu Black (1937)'da sürekli değerlere sahip mantığı tanımlamıştır. Pek az batılı filozof çok değerliliği benimsemesine rağmen, Lukasiewicz ve Black, ilk çok değerli mantık ve kümeler üzerine teorik olarak çalışmalarını sürdürdüler, ancak kendilerine bir uygulama alanı bulamadılar. Belirsizliğin, modern anlamda matematiksel olarak modellenmesinde önemli bir dönüm noktası, Zadeh (1965)'te bulanık küme teorisini tanımlamasıyla başlamıştır [16].

Günümüzde artan rekabet, ani değişen piyasa koşulları nedeni ile belirsizliğin, gündelik yaşamda alınan pek çok karara etkisi vardır. Bulanık kümeler, belirsizliği dikkate alarak, matematiksel bir model ortaya koyar. Bu modelin içinde, belirsizliği dikkate almak, karar verme sürecinde isabetli sonuçlar çıkmasına yardımcı olur. Belirsizliği modelleme özelliğine sahip olan bulanık kümeler, nitel parametrelerin yorumlanmasını da sağlar [17].

Bulanık küme, kümeye aitlik derecesi üyelik değeri ile tanımlanmış olan kümeyi ifade eder. Bulanık küme kavramı, Zadeh'in, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemle, özellikle insanları içeren kısmen karmaşık sistemlerle uğraşırken, yetersiz kalmasından hoşnut kalmayışından doğdu. Klasik kümelerde bir öğeden diğerine geçiş keskin ve aniden değişen üyelik dereceleri sayesinde olmaktadır. Ancak, bulanık kümelerde bu geçiş yumuşak ve sürekli bir şekilde olmaktadır. Klasik kümelerde bir öğenin kümeye ait olması için üyelik derecesinin mutlaka 1'e eşit olması gerekirken, bulanık kümede neredeyse bütün öğelerin değişik derecelerle kümeye ait olmaları mümkündür [12].

Kısaca bulanık küme; tanımlanan bir kesin kümede, evrensel kümenin elemanlarına 0-1 kapalı aralığında değerlerin atanmasıyla, bu elemanların kesin kümenin elemanı olup olmadıklarını ve atanan değerlerle bu elemanların kümeye aitlik derecelerinin belirlendiği kümelerdir. Bulanık kümelerin belirlenmesinde aşağıdaki şartlara dikkat edilmelidir [18]:

- Evrensel kümede tanımlanan bulanık kümeler simetrik olarak dağıtılmalıdır.
- Her bir değişken için tek sayıda bulanık küme tanımlanmalıdır. Bu sayede, bazı bulanık kümelerin ortada kalması sağlanabilir. Tipik olarak her sistem değişkeni için 3, 5 ya da 7 tane bulanık küme kullanılır. Burada bulanık kümeden kasıt, örneğin sıcaklık için 3 tane tanımlanacak olunursa, soğuk-ılık-sıcak değerleridir.
- Tüm değerlerin tanımlı olması için, bulanık kümelerin belirli bir yüzde ile üst üste binmesi sağlanmalıdır. Böylece, çıkışın belirlenmesinde de birden fazla kuralın kullanılması sağlanmış olur.
- Daha az hesaplama zamanı gerektiren üçgen ya da yamuk üyelik fonksiyonları seçilmelidir [18].

Bir sonraki bölümde, bulanık kümelere ait temel özelliklerden bahsedilecektir.

2.2.1 Dilsel Değişkenler

Dilsel değişken ya da dilsel ifade, nitel verileri, nicel veriler gibi kullanan değişkenlerdir. Dilsel değişkenler, çok karmaşık olan bir ifadeyi ya da iyi tanımlanmamış durumlar için bilgi indirgemesi yapar. Zadeh'e göre insan düşüncesinin anahtar elemanları, içinde belirsizlik barındıran dilsel değişkenlerdir. "Başarı" dilsel bir değişkendir. Çünkü bir işletme ya da birey hakkında çok başarılı, başarılı, epeyce başarılı, başarısız, çok başarısız gibi subjektif değerlendirmeler yapılabilir. Dilsel değişkenler, üçgen veya yamuk bulanık sayılar ile, nicel verilere dönüştürülebilir.Böylelikle nitel verilere, üyelik fonksiyonları verilerek sayısal olarak ifade edilebilirler [17].

2.2.2 Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Derecesi

Bulanık kümeler kuramında esası oluşturan kavram "üyelik fonksiyonudur" [15]. Üyelik derecesi subjektif olarak belirlenir. Sürekli bir değişkenin üyelik derecesi ise üyelik

fonksiyonuyla ifade edilir [17]. Üyelik fonksiyonları bir elemanın bir kümeye ne kadar ait olduğunu gösteren değerlerdir. 0 olması durumu, elemanın kümeye ait olmadığını, 1 olması durumu ise kesin olarak ait olduğunun gösterir. 1'ye yakın değerler elemanın yüksek derecede kümeye ait olduğunu, 0'a yakın değerlerde ise düşük derecede ait olduğunu gösterir. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için üç temel özelliği sağlaması tanım olarak gerekmektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir [19]:

1) Bulanık kümenin normal olmasıdır ki; bunun için en azından o küme de bulunan elemanlardan bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip bulunması gerekliliğidir.

2) Bulanık kümenin monoton olması gerekir ki bunun anlamı üyelik derecesi 1'e eşit olan elemana yakın sağda ve soldaki elemanların üyelik derecelerinin de 1'e yakın olmasıdır.

3) Üyelik derecesi 1'e eşit olan elemandan sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan elemanların üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki buna da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir [19].

Zadeh, "Bulanık Kümeler" çalışmasında bulanık mantığı anlatmış, bulanık küme teorisinin matematiksel açıklamalarına yer vermiştir. Eflatun, bulanık mantığın temellerini atarak doğru ve yanlışın ötesinde bir üçüncü seçeneğin daha olduğunu belirtmiştir. Aristo'nun iki değerli mantığına sistematik bir alternatif öneren ilk kişi Lukasiewicz'dir. Lukasiewicz'in önerdiği üçüncü değer en iyi "mümkün" olarak çevrilebilir ve bu değer için doğru ile yanlış arasında sayısal bir değer belirlenmiştir.

Daha sonra, Lukasiewicz dört değerli ve beş değerli mantığı keşfetmiştir. Prensip olarak, sonsuz değerli mantığı türetmeyi önleyecek hiçbir şey yoktur. Bulanık mantık, belirsiz olarak açıklanmış durumların modellenmesine olanak sağlar. Yaklaşık nedenler şeklindeki bulanık mantık teknikleri karar destek ve uzman sistemlere çok güçlü muhakeme yeteneği sağlar. Bulanık bir küme, keskin bir kümenin açılımıdır. Keskin kümelerde sadece elemanı olma ya da olmama söz konusudur. Oysa bulanık kümelerde kısmi üyelik olabilir. Keskin kümede x elemanının A kümesine üye olma veya olmaması $\mu_A(x)$ fonksiyonu ile gösterilirse; $x=A$ ise $\mu_A(x) = 1$ ve $x \neq A$ ise $\mu_A(x)=0$ olur [18].

Daha yüksek bir üyelik derecesi değeri, x faktörünün A kümesine ait olma derecesinin daha yüksek olduğunu gösterir [20]. Üyelik fonksiyonunun en önemli özelliği, kümenin üyesi olma durumundan üyesi olmama durumuna geçişte, keskin bir yaklaşım yerine kademeli bir yaklaşım sunmasıdır [17].

2.2.3 Bulanık Küme Kuramında Karşılaşılan Sorunlar

Bulanık küme kuramının uygulanmasında birtakım sorunlar sözkonusu olmaktadır. Bu sorunlardan birisi, dilsel değişkenleri temsil edecek bulanık kümenin oluşturulmasında üyelik derecelerinin bulanık kümeyi çok iyi temsil edecek şekilde belirlenmesi ile ilgilidir. Bunu önlemek için değişik değerler atayarak değerlendirmeler yapmak yararlı olur.

Bir diğer sorun, aritmetik işlemlerin uygulanması ve işlemlerde bozulabilen dış bükeyliğin sağlanması konusunda bir birliğin sağlanamaması durumudur [15].

2.2.4 Bulanık Mantık Uygulama Alanları

Bulanık mantık 1965 de ortaya atılmasına rağmen, bulanık küme kavramı ancak 1970'li yılların ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanmıştır [22]. Bunda özellikle Zadeh'in 1965 deki ilk makalesinden daha fazla etkili olan ve bulanık mantığın belirsizlik içeren sistemlere uygulanabilirliliğini açıklayan makaleleri etkili olmuştur. 1980'li yılların ikinci yarısından sonra Japonların ürünlerinde bulanık mantığı kullanmalarıyla da hız kazanarak, günümüzdeki doruk noktasına gelmiştir [22].

Japonlar bulanık mantığı özellikle bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, video kameralara uygulamışlardır [13]. Bulanık mantık, bir bulanık kontrolcü olarak ilk kez 1970 yılların ortasında, Londra'ki Queen Mary College'de Prof. Ebrahim H. Hamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulandı [14]. Bulanık mantık uygulamaları ilk defa ticari olarak , çimento sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Bu sektörde kireç taşı ve kil 1000-1400 derece arası sıcaklıkta reaksiyona girmektedir. Fırın içindeki sıcaklık derecesi ve oksijen oranı çimentonun kalitesini doğrudan etkilemektedir. Sadece bu konuda uzmanlaşmış operatörler istenilen limitler dahilinde ürün elde edebilmektedirler. Ama vardiyalı bir sistemle çalışan bu fabrikada çok sayıda operatör vardır ve her operatörün uzmanlık alanlarının farklı olması sebebiyle, farklı

niteliklerde ve verimlilikte ürün elde edilmektedir. Ürün kalitelerinde standart, operatörlerin uzmanlık alanlarının farklı olması nedeniyle, yakalanamamıştır. İstenilen kalitede ürün sadece bu işte yıllardır çalışan uzmanlar tarafından sağlanabilmektedir. Zira çimento üretimi bulanık bir yapıya sahiptir ve süreç kontrolünü bulanık kurallar sağlamaktadır. Örneğin ısıyı 10 derece yükselt veya 5 derece azalt gibi kesin kurallar değil biraz azalt, biraz yükselt gibi bulanık terimlerle ifade edilen kurallarla kontrol edilmektedir. Bir Danimarka firması bu sürecin kontrolü için uzman operatörlerin kullandığı 50-60 pratik kuraldan hareketle bir mikro kontrolör oluşturmuşlar ve sonuç olarak standart ürün kalitesi ve yakıtta büyük tasarruf elde etmişlerdir. Daha sonraları bulanık mantık, insansız uçakların kontrolünde, tren frenleme sistemlerinde, ABS (otomatik fren sistemi) ve ASC (otomatik vites kontrolü) kontrolünde kullanılmıştır [13].

Dünyanın en gelişmiş metrosu olarak kabul edilen Japonya'daki Sendai metrosunda, yaklaşık 14 km boyunca 16 istasyonda duran tren, o kadar yumuşak hareket etmektedir ki, ayaktaki yolcular sadece hafifçe sallanmaktadır. Vagonların çoğunda, ayakta duran yirmi yolcudan ancak dört-beş kişi bir yere tutunma ihtiyacı hissetmektedir. Bu metroda bir akvaryumu, suyunu hiç dökmeden taşımak mümkündür. Bu dizgenin temelinde "bulanık mantık" vardır. Ondaki etki-tepki süresi insanlarınkinden üç kat daha kısadır. Ayrıca % 10 yakıt tasarrufu sağlar ve şimdiye kadar hiçbir tehlikeye yol açmamıştır [14].

Bulanık mantık, doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin denetiminde kullanılan alternatif bir yaklaşım olarak ait olduğu yeri almıştır. Gerçek hayattaki sistemlerin hemen hiçbiri doğrusal değildir. Alışılagelen tasarım yöntemleri doğrusallaştırma yaparken farklı yöntemler kullanırlar. Gerçek dünyaya daha yakın olduğundan, bulanık mantık doğrusal olmayan denetim için alternatif bir yaklaşım olarak karşımıza çıkar [22].

Bulanık mantığın uygulama alanları kontrol sistemlerinin de ötesine uzanmaktadır. Geliştirilen son teoremler bulanık mantığın ilke olarak, ister mühendislik, ister fizik, ister biyoloji ya da ekonomi olsun, her türlü konuda sürekli sistemleri modellemek üzere kullanılabileceğini göstermektedir. Çoğu alanda, bulanık mantıklı sağduyu

modellerinin, standart matematik modellerinden daha yararlı ya da kesin sonuçlar verdiği görülmektedir [11].

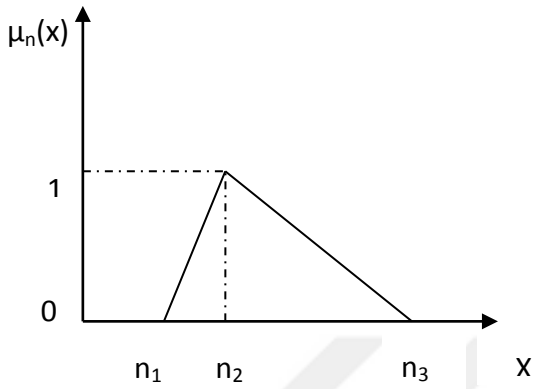
2.3 Bulanık Sayılar

İnsanın kesin olmayan bilgiyi anlama ve analiz etme yeteneğinden yola çıkan Zadeh, kesinlik içermeyen problemleri çözmek ve insan düsüncesinin anahtar elemanlarının sayılar değil dilsel ifadeler olduğu fikrini dayanak alarak bulanık küme teorisini geliştirmiştir. Gündelik yaşamda, pek çok karar belirsizlik altında verilir ve kesinlik yaklaşımıyla belirsizlik gerçekçi bir şekilde modellenemez. Ancak bulanık kümeler bu modellemeyi yapabilme özelliğine sahiptir. Bulanık kümenin elemanlarının kesin sınırları olmaması nedeniyle elemanların hangilerinin bu kümenin elemanı olduğunu ayırt etmek zordur. Kesin kümelerde yer alan net ifadeler; evet/hayır, iyi/kötü, doğru/yanlış ifadeleri gibi, yerini kısmen doğru ve kısmen yanlış gibi ifadelere bulanık kümelerde bırakır. Bulanık küme teorisi, insana özgü subjektif yaklaşımlarıyla ilgili olan dilsel belirsizliği modellerken, nitel parametrelerin yorumlanmasını ve dilsel belirsizliğin bulanık sayılarla matematiksel olarak ifade edilebilmesini sağlar [21].

Bulanık kümelerde işlem kolaylığı sağlamak için bulanık sayılar kullanılır. Bulanık sayıların farklı çeşitleri arasında, üçgen ve yamuk bulanık ayılar en önemlileridir [20].

2.3.1 Üçgen Bulanık Sayı

Yapılan çalışmalarda bu amaçla büyük oranda üçgensel bulanık sayılar kullanılır. Üçgensel bulanık sayılar, bulanık sayıların özel bir sınıfıdır. Üçgensel bir bulanık sayı (Ã) üç kesin sayı (l≤m≤u) ile ifade edilir ve üyelik fonksiyonu da bu sayılara bağlı olarak tanımlanır [20].



Şekil 2. 1 Üçgen bulanık sayı [11]

Her üçgen bulanık sayının lineer gösterimleri sol ve sağ taraf şeklinde aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir. Üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu şu şekildedir [20].

$$\mu\tilde{A}(x) = \begin{cases} \dfrac{(x-l)}{(m-l)}, & l \le x < m \\ \dfrac{(u-x)}{(u-m)}, & m \le x \le u \\ 0, & \end{cases} \tag{2.1}$$

(l,m,u) ile ifade edilen Ã bulanık sayısı yaklaşık A olarak ifade edilmektedir ve m bulanık sayını en mümkün değerini, l ve u değerleri ise sırasıyla alt ve üst sınırları yani bulanıklığın kapsamını göstermektedir. $\tilde{A} = (l_a, m_a, u_a)$ ve $\tilde{B} = (l_b, m_b, u_b)$ iki üçgensel bulanık sayı iken bulanık sayılar üzerindeki temel bulanık operasyonlar aşağıdaki eşitliklerde tanımlanmıştır [20].

$$Toplama: \tilde{A} + \tilde{B} = (l_a + l_b,\ \ m_a + m_b,\ \ u_a + u_b) \tag{2.2}$$

$$Çıkarma: \tilde{A} - \tilde{B} = (l_a - u_b,\ \ m_a - m_b,\ \ u_a - l_b) \tag{2.3}$$

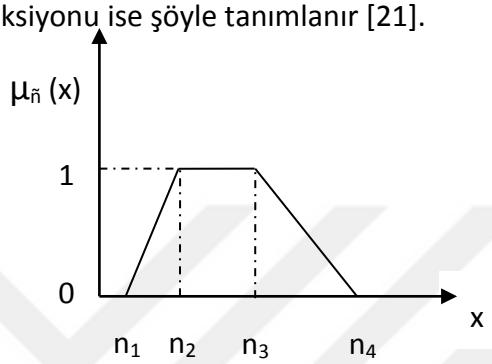
$$Çarpma: \tilde{A}\ x\ \tilde{B} = (l_a\ x\ l_b,\ \ m_a\ x\ m_b,\ \ u_a\ x\ u_b) \tag{2.4}$$

$$Bölme: \tilde{A} / \tilde{B} = (l_a / u_b,\ \ m_a / m_b,\ \ u_a / l_b) \tag{2.5}$$

$$Tersini\ Alma: \tilde{A}^{-1} = \left(\frac{1}{u_a},\ \ \frac{1}{m_a},\ \ \frac{1}{l_a}\right) \tag{2.6}$$

2.3.2 Yamuk Bulanık Sayı

Bir yamuk bulanık sayı ñ =(n_1,n_2,n_3,n_4) şeklinde ifade edilir ve Şekil 2.2'deki gibi gösterilir. Üyelik fonksiyonu ise şöyle tanımlanır [21].



Şekil 2. 2 Yamuk bulanık sayı

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} 0, & x < n_1 \\ \dfrac{(x-n_1)}{(n_2-n_1)}, & n_1 \le x \le n_2 \\ 1, & n_2 \le x \le n_3 \\ \dfrac{(x-n_4)}{(n_3-n_4)}, & n_3 \le x \le n_4 \\ 0, & x > n_4 \end{cases} \tag{2.7}$$

m̃= (m_1,m_2,m_3,m_4) ve ñ=(n_1,n_2,n_3,n_4) iki yamuk bulanık sayı ve r pozitif bir reel sayı olmak üzere yamuk bulanık sayılarla yapılan bazı temel işlemler şöyledir [21].

$$\tilde{m} + \tilde{n} = (m_1 + n_1,\ \ m_2 + n_2,\ \ m_3 + n_3,\ m_4 + n_4) \tag{2.8}$$

$$\tilde{m} - \tilde{n} = (m_1 - n_1,\ \ m_2 - n_2,\ \ m_3 - n_3,\ \ m_4 - n_4) \tag{2.9}$$

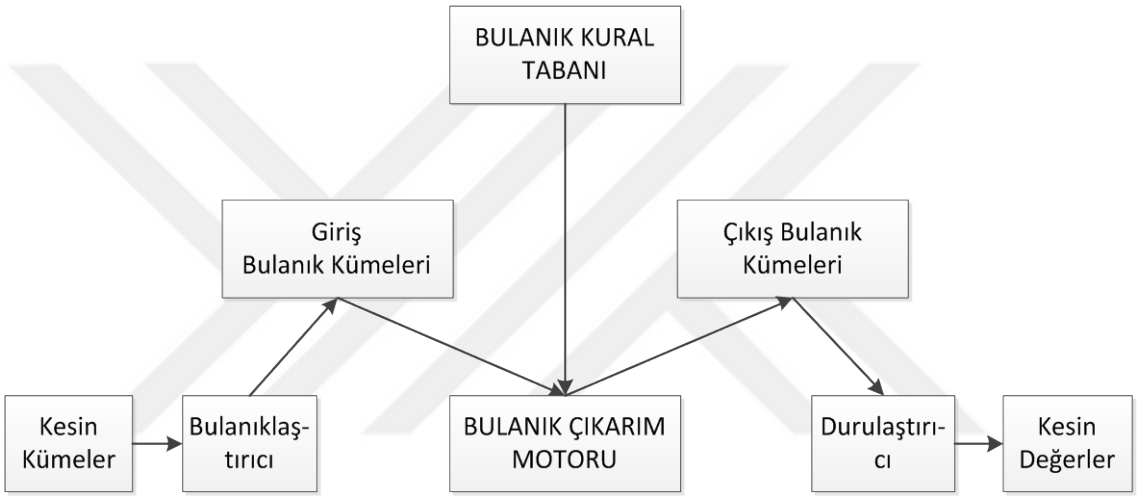
$$\tilde{m}\ \mathrm{x}\ \mathrm{r} = (m_1\ \mathrm{x}\ r,\ \ m_2\ \mathrm{x}\ r,\ \ m_3\ \mathrm{x}\ r,\ \ m_4\ \mathrm{x}\ r) \tag{2.10}$$

$$\tilde{m}\ \mathrm{x}\ \tilde{n} = (m_1\ \mathrm{x}\ n_1,\ \ m_2\ \mathrm{x}\ n_2,\ \ m_3\ \mathrm{x}\ n_3,\ \ m_4\ \mathrm{x}\ n_4) \tag{2.11}$$

2.4 Bulanık Sistemler

2.4.1 Bulanık Sistemlerin Yapısı

Bulanık sistem terimi, bulanık teoriye dayanan bazı mekanizmalara ve mimarilere sahip herhangi bir sistemi etiketlemek için kullanılabilir. Bulanık sistem genel olarak iki ana birimden oluşur. Bunlar sistemin kesin parçalarını bulanığa dönüştüren, bulanık parçaların ise kesine dönüştüren birimlerdir. Kesinden bulanığa dönüştüren birim bulanıklaştırıcı, bulanıktan kesine dönüştüren birim ise durulaştırıcı olarak adlandırılır [19].



Şekil 2. 3 Genel bulanık sistem [19]

Bir bulanık sistemin orijinal önerisi, Bulanık Çıkarım Mekanizmasının içindeki kurallar kümesi tarafından meydana gelen ana mekanizmayı kullanmaktır. Son zamanlarda, bulanık sistemler, regresyon modelleri, bulanık dilbilgisi, yapay sinir ağları, genetik algoritmaları, bulanık toplama fonksiyonlar, Petri-ağları, gibi teknikler içerir [19].

Bulanık sistemler, izleme, kontrol etme, tanıma, sorgulama ve optimize etme gibi farklı görevleri yerine getirmek için kullanılır. Açıkça; dört kategoriye bölünebilir [19]:

1. Bir problem için özel kararlar alınmasını gerektiren sıkı kuralları olan sistemler.

2.Problemin teşhisini sadece deneme yoluyla yapan tanımlayıcı sistemler, sınıflandırma, desen tanıma gibi.

3. Bazı performans kriterlerinin üstesinden gelmek için koşul ve etkileri saptamayı deneyen optimizasyon sistemleri.

4. Gelecekteki sonuçları tahmin etmeyi deneyen tahmin edici sistemler.

Bulanık sistemin geliştirilmesi ve gerçekleştirilmesi gereken birkaç adım vardır:

1. Sistemin ölçülebilir özelliklerini tanımla. Bu özellikler kesin değerler olmamalıdır, çünkü bulanık sistemler belirsizlik ile ilgilenir.

2. Her bir özelliği sözel değişken olarak tanımla. Bu değişkenleri tanımlayan uygun sözel terimlerin kümesini oluştur. Burada üyelik fonksiyonları seçmeye gerek yoktur.

3. Bulanık sistemden istenilen sonuç elde edilene kadar 1. ve 2. adımı tekrarla

4. Sözel terimler için üyelik fonksiyonlarını oluştur.

5. Bulanık sistemin istenilen çıktısı ile sistemin özellikleri arasındaki ilişkileri tanımlayan bilgiyi ortaya çıkar.

6. Sistem düzgün çalışıyorsa ve sonuçların doğruluğu kontrol edildiyse işlemi tamamla

7. Eğer test aşaması başarısız sonuçlar verdiyse, sistemde değiştirilebilir yerleri analiz et ve geri dön

8. Sonuç sistemi onayla [19]

Bu adımlar genel olarak bulanık sistemin çalışma stratejisini anlatmaktadır. Şu açıktır ki; bulanık sistemi tasarlamak deneme yanılma yoluyla olmaktadır. Bu arada önemli olan bir nokta da sistemin anlamsal yapısıdır (semantik). Örneğin, farklı uzman düşüncelerini birleştirmek için bazı toplama operatörleri kullanıldığında, bu operatörlerin nasıl kullanılacağını bilmemiz gerekir [19].

2.4.2 Bulanıklaştırma

Bu bölüm giriş değişkenlerini ölçer, onlar üzerinde bir ölçek değişikliği yaparak bulanık kümelere dönüştürür. Yani onlara bir etiket vererek, dilsel bir ölçek değişikliği yaparak bulanık mantık kümelerine dönüştürür [11].

Örnek olarak “sıcaklık” tan bahsedilecek olursa, “soğuk ” ve “çok soğuk” tanımlayan sözel terimlerin ortak bazı değerleri olmalıdır. Genellikle bitişik sözel terimler %10 ile

%50 arasında üst düşüme sahiptir. Her bir sözel değişkene uygun olan, verilen tüm bulanık kümeler için bulanıklaştırmanın anlamı, bulanık kümelerdeki bütün girdi değerlerin üyelik değerlerini hesaplamaktır [19].

2.4.3 Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır. Bulanık kümeleri oluştururken, gerek üyelik derecelerinin gerekse üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde; kişisel sezgi, mantık ve deneyimlerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Gerçek hayatta, bir çok problemi çözmek için bulanık mantık yaklaşımları çoğu zaman yeterli olur. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre davranmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler;

a) Sezgi,

b) Çıkarım,

c) Mertebeleme,

d) Açılı bulanık kümeler,

e) Yapay sinir ağları,

f) Genetik algoritmalar,

g) Çıkarımcı muhakeme gibi yaklaşımlardır [23].

BÖLÜM 3

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

3.1 Tanım ve Kavramsal Çerçeve

Karar verme, karar verilecek konunun amacına ulaşmak ve istenilen kriterleri yerine getirmek için, karar verenin tercih ve değerlerine göre alternatifleri belirlemesi ve onların arasından seçim yapma eylemidir. Kişilerin veya işletmelerin yaşamlarını devam ettirmesi ve süreçleri etkin yönetmesi gibi fonksiyonların özünde etkili karar verme yer alır. İnsanlar ve işletmeler hayatın her aşamasında ve gerçekleştirdikleri her fonksiyonda karar vermek zorundadırlar. Bir iş veya davranış nerede, kim tarafından, ne zaman, nasıl gerçekleştirilecektir? Tüm bu soruların cevabı olabilecek çok sayıda alternatif davranış yolları -her zaman- vardır ve bunlardan en uygun olanını seçmek karar vermenin amacıdır. T.L. Saaty kararı (karar verme süreçlerini) ikiye ayırmaktadır: "Sezgisel" ve "Analitik", Sezgisel kararlar, kişilerin sezgilerine deneyimlerine bağlı olarak gerçekleşen, verilerle desteklenmeyen ve genelde keyfi bir biçimde verilen kararlardır. Bazı basit, karar durumlarında sezgisel yaklaşım başarılı olabilir. Ancak, bilgi gerektiren, birçok alternatifin ve kriterin yer aldığı karmaşık karar durumları ile karşılaşıldığında, karar vericiler, verdikleri kararların kendi değer yargılarından farklılaştığını görebilirler. Bu farklılaşmaların görülmediği durumlar için "iyi karar verme" ifadesi kullanılmaktadır. Karar vericinin, sezgisel karar verme gücünü vurgulamak anlamında iyi karar verme, bir "sanat" olarak görülmüştür. Günümüzde ise, karar verme uzun zamandır inanıldığının aksine bir "sanat" olmaktan çok, içinde bir çok parametreyi barındırdığı için bir "bilim" haline gelmiştir. Verilerin analiz edilerek, daha bilimsel yaklaşıldığı karar verme biçimleri analitik kararlardır. Bir kararın başarılı sayılabilmesi için, çoğunlukla birbirleriyle çatışan ve çelişen değişik aktörleri ve faktörleri bir arada değerlendirip,

tüm bunları orta bir noktada buluşturarak, tatmin eden sonuçlara ulaşılabilmesi ve bu sonuçların geçerliliğini ve sürdürülebilirliğini zaman içinde koruması gerekmektedir. Bu nedenle kişilerin değer yargılarını nesnel ve analitik metotlarla bir araya getiren yaklaşımlar geliştirilmiştir. Herkes "iyi" ve "başarılı" kararlar vermeye çalışır. Ancak "iyi" kavramının - öznelliğinden dolayı- kesin bir tanımı yoktur. Karar vericiler "iyi sonuçları olan" kararlar ile ilgilenirler. Analistler veya akademisyenler ise bilimsel teori çerçevesinde iyi oluşturulmuş ve karar faktörlerinin tümünü dikkate alan bir karar verme sürecinin "iyi" karar vermeye yol açacağını savunurlar. Yine de ortak bir nokta olarak, iyi bir kararın, amaçları en iyi şekilde karşılayan karar olması gerekliliği vurgulanabilir. "İyi" ya da "rasyonel" karar verme sadece insana has bir özelliktir. Dolayısıyla, insan karşısına çıkan ve giderek daha karmaşık bir hal alan karar problemlerinde iyi kararlar verebilmek için sürekli olarak yollar ve araçlar geliştirmektedir. İşte çok kriterli karar verme süreçleri, karmaşık karar problemlerini bilimsel ve analitik bir çerçevede ele alarak karar vericiye en çok istediği çözüme ulaşmasında yardımcı olmaya çalışan prosedürler bütünü olarak ortaya çıkmıştır. Çok Kriterli Karar Verme (kısaca ÇKKV) en kısa tanımıyla; "Çoklu ve birbiriyle çatışan amaçların (kriterlerin) gerçekleştirilmek istendiği problemlerin çözümü"ne verilen genel isimdir [24].

Çok kriterli karar vermeyi ele almada dört önemli anahtar sözcük; nitelikler (attributes), amaçlar(objectives), hedefler(goals), kriterler(criteria)dir. Bu terimlerin evrensel tanımları yoktur.

Kriterler: Kriterler faydanın bir ölçüsü ve değerlendirme için bir kaynaktır. Kriterler, gerçek bir problem ortamında niteliklerin veya amaçların bir şekli olarak ortaya çıkarlar.

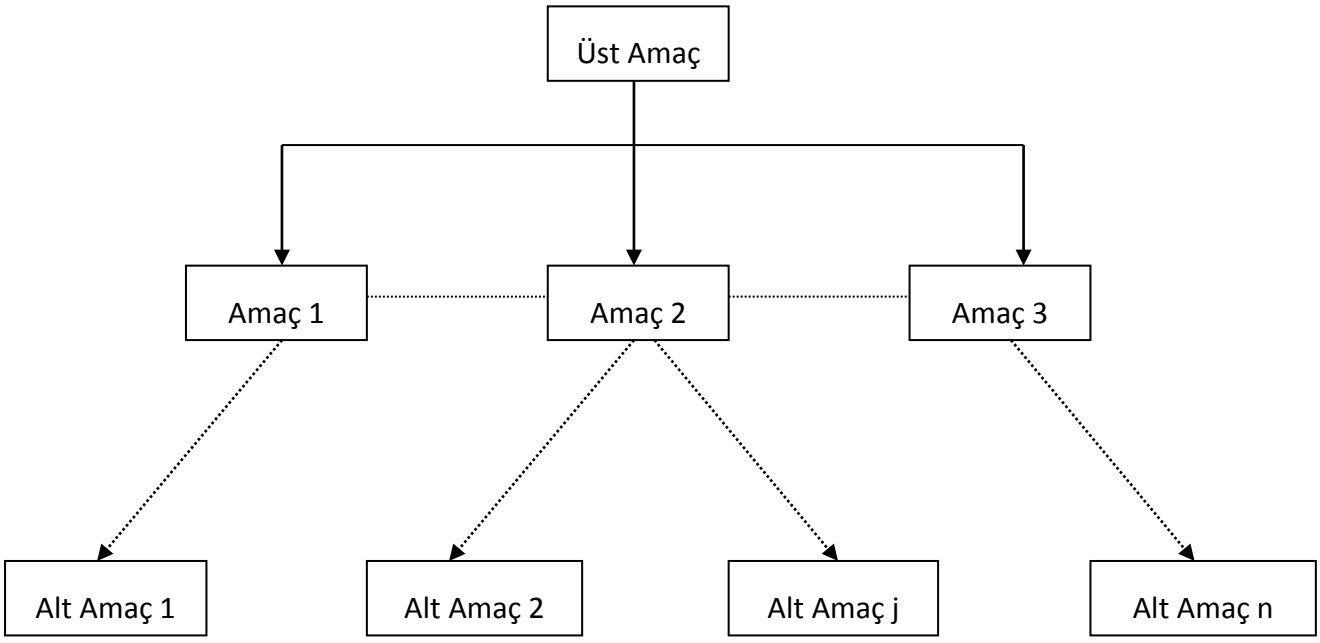
Hedefler: Hedefler, isteğin öncelik değerleri veya dereceleridir. Genellikle bunları kısıtlar olarak belirtiriz. Çünkü bunlar alternatif kümesini kısıtlamak ve sınırlamak için tasarlanmıştır.

Hedef belli bir noktayı gösterirken, amaç genel olarak bir istek yönünü gösterir. Şu halde hedefler, amaçların daha da somutlaşarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleri olarak tanımlanabilir.

Nitelikler (Bileşenler): Performans dereceleri, bileşenler, faktörler, ayırt edici nitelikler ve özellikler nitelikler için eşanlamlı sözcüklerdir. Bir nitelik, bir amacın seviyelerini değerlendirme anlamında sağlamalıdır. Her bir alternatif, bir çok nitelik ile tanımlanabilir.

Amaçlar: Bir karar verme probleminde amaçlar, kriterlerin karar vericinin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir [25].

R.L. Keeney ve H. Raiffa bazı örnekler vererek, amaçlar ve nitelikler arasındaki ayrımı ve karşılıklı ilişkiyi belirginleştirmişlerdir: İyi tanımlanmış ve listelenmiş bir amaçlar kümesi, sıklıkla bir hiyerarşik yapı sergiler veya diğer deyişle onları hiyerarşik bir yapıda incelemek analiz için faydalı olur. Örneğin, bir ülkenin posta teşkilatı, posta dağıtım servisinin nihai amacını "Verilen hizmetin tüm kullanıcılar için etkin olmasını sağlamak" olarak belirlemişse, bunun için alt amaçlar da belirleyecektir. Bu alt amaçlar "Postaların ulaşım zamanını minimize etmek", "Postanın ulaşım maliyetlerini minimize etmek" vb. olabilir ve bunlar da daha alt amaçlara bölünebilir. Bu durumda, örneğin "ulaşım zamanı amacı" için belirlenecek nitelik, "Postanın gün cinsinden gönderenden alıcıya ulaşana kadar geçecek zaman" ya da kısaca "gün" olacaktır. Amaçların hiyerarşik yapısı genel gösterimiyle aşağıdaki Şekil 3.1'deki gibidir [24].



Şekil 3. 1 Amaçların tipik hiyerarşik gösterimi [24]

Hiyerarşik piramitte en tepede yer alan üst/süper-amaç, ÇKKV probleminin başlangıç noktasını simgeler. Üst amaçlar, yukarıdaki örnekteki "en etkin posta hizmetini vermek" gibi veya "en iyi şekilde yaşamak" vb. genellikle belirsiz ve üstü kapalı ifadelerdir. Bundan dolayı operasyonel değillerdir. Hiyerarşide alt seviyelere inildikçe buralarda yer alan amaçlar üsttekilere göre daha spesifik olarak tanımlanırlar ve daha operasyoneldirler. Bu nedenle alttakiler, üstteki amaçlar tarafından temsil edilen sonuçlara ulaşılabilmesi için birer araç olarak algılanırlar. Bu ilişki "araç - amaç (sonuç) ilişkisi" olarak nitelendirilir. Böylece, en alt seviyedeki amaçlar en spesifik ve en fazla operasyonel olanlardır. Bir amacın operasyonel olması, onun başarılma derecesinin değerlendirilebilmesi için pratik bir yolun olması demektir. Bu pratik yöntemin varlığını sağlayabilmek için en alt seviyede, her amaca karşılık nitelik(ler) atanır. Böylece bir alt amaç bir veya daha çok nitelikten oluşur. Bir üst amaç ise birden fazla alt amaç tarafından belirlenebilir [24].

Karar Matrisi: ÇKKV problemlerinde genellikle değişik alternatifler, olaylar ve bunların sonuçları bir matris biçiminde gösterilir. ÇKKV, çoklu ve genellikle birbiri ile çelişen kriterler olması durumunda alternatifler arasından seçim yapmayı içerir ve karar problemi matris şeklinde şu şekilde ifade edilir:

$$
\mathrm{D} = \begin{array}{c} \\ \mathrm{A}_1 \\ \mathrm{A}_2 \\ \vdots \\ \mathrm{A}_\mathrm{m} \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\
\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}
\end{array}
$$

Burada A_i i=1.....m olası alternatifleri, C_j j = 1.....n alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterleri ve a_{ij}'ler A_i alternatifinin C_j kriteri bazında değerlendirme sonuçlarını gösterir. Bir başka deyişle karar matrisindeki satırlar, birbiri ile rekabet halinde olan alternatifleri, sütunlar ise alternatiflerin değerlendirileceği kriterleri ifade eder [26].

3.2 Çok Kriterli Karar Verme Modelleri

Çok kriterli karar verme modelleri ile karar analizi aşamasında genel olarak aşağıdaki dört aşamalı süreç izlenir.

1. Kriter ve alternatiflerin belirlenmesi
2. Kriterlerin göreli önemini gösteren sayısal ölçütlerin atanması
3. Her bir kritere göre alternatiflere sayısal ölçütlerin atanması
4. Alternatifleri sıralamak için sayısal değerlere işlemler yapılması

Literatürde çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleri mevcut olup bu bölümde bu yöntemler ve bunların özellikleri anlatılacaktır [27].

Uygulamalarda sıklıkla kullanılan ÇKKV yöntemleri şu şekilde sıralanabilir [27]:

- Ağırlıklı Toplam Yöntemi (ATY)
- Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (AÇY)
- Analitik Hiyerarşi Süreci
- Düzeltilmiş Analitik Hiyerarşi Süreci
- Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi Electre
- Promethee
- Bulanık AHP
- Analitik Şebeke Süreci(ANP)
- Çok Nitelikli Fayda Teorisine Dayanan Yöntemler

3.2.1 Ağırlıklı Toplam Yöntemi

Ağırlıklı toplam yöntemi, en çok bilinen ve en yaygın olarak kullanılan karar verme yöntemlerinden bir tanesidir. Bu yöntemde, her bir kritere göre alternatifin değeri, gerçek sayısal değerdir ve o kriterin ağırlığı ile çarpılarak tüm kriterler için bu değerlerin toplamları alınır ve sonuç değerleri bulunur. Bu değerler arasından maksimum değeri sağlayan alternatif, en iyi alternatif olarak seçilir. Eğer karar verme probleminde m tane alternatif ve n tane kriter varsa, en iyi alternatif aşağıdaki eşitliği sağlayacaktır [26]:

$$P^* = \max_{m \geq i \geq 1} \sum_{j=1}^{n} \left(a_{ij} w_j\right) \tag{3.1}$$

Burada a_{ij} *i.* alternatifin *j.* kriter bazında performans değerini, w_j'de *j.* kriterin önem ağırlığını göstermek üzere P^* en iyi alternatifin öncelik değerine eşittir. Ağırlıklı toplam yöntemi, benzer birimlere sahip tek boyutlu problemlerde kolaylıkla uygulanabilir.

Farklı boyut ve birimlere sahip problemlere uyarlanamaması, bu yöntemin dezavantajıdır [26].

3.2.2 Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

Ağırlıklı çarpım yönteminde, alternatifleri sıralamak için çarpma işlemi kullanılmaktadır. Her bir alternatif, diğer alternatiflerle, her bir kriter için belirlenen oranla çarpılarak karşılaştırılır. Genel olarak a_k ve a_p alternatiflerinin karşılaştırılması şu şekilde ifade edilir [26]:

$$R(a_k/a_p) = \prod_{j=1}^{n} (a_{kj}/a_{pj})^{wj} \quad (3.2)$$

Burada görüldüğü gibi her bir alternatifin, başka bir alternatifle tüm kriterlere göre oranı alınır ve değerler üstel olarak ağırlıklandırılıp tüm kriterler için çarpılarak sonuç değerleri bulunur. Eğer $R(a_k / a_p)$ değeri, $R(a_p/ a_k)$ değerinden büyükse, tercih yapılırken a_k, a_p'den önce gelir.

Ağırlıklı çarpım yöntemi, ağırlıklı toplam yöntemine oldukça benzemektedir. Ağırlıklı çarpım yöntemine "boyutsuz analiz" de denilmektedir. Bunun nedeni bu yöntemin yapısının, ölçü birimlerinin elimine edilmesine izin vermesidir. Bu yüzden ağırlıklı çarpım yöntemi, tek ve çok boyutlu karar problemlerinde kullanılabilmektedir [26].

3.2.3 Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), ilk olarak 1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından ortaya konmuş olup karmaşık karar problemlerinin analizinde kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden birisidir [28].

AHS yöntemi karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren hiyerarşik bir yapıda modellemelerine olanak verir. AHS yönteminin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dâhil edebilmesidir. Bir başka ifade ile AHS, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir. Buna ilave olarak AHS yönteminin bir diğer önemli

özelliği de hiyerarşik yapı oluşturulması esnasında problemin detaylı bir şekilde ortaya koyulması ve ayrıştırılmasıdır. AHS ile karşılaşılan her problem için, amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapı kurulur. Hiyerarşinin tüm parçaları birbiri ile ilgilidir ve bir öğedeki değişimin diğer öğeleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. Hiyerarşik yapı kurulduktan sonra karar alternatiflerinin değerlendirilmesi için hiyerarşinin her seviyesindeki elemanların ikili karşılaştırmaları yapılır [26].

AHS'deki ilk adım; genel amaç, kriterler ve karar alternatiflerine göre problemin grafiksel bir sunumunun oluşturulmasıdır. Böylece oluşturulan bir grafik problemin hiyerarşisini gösterir. AHS'de karar verici, genel amaca ulaşmaya yaptığı katkıya göre her bir kriterin göreceli önemi hakkında hükümlerde bulunur. Bir sonraki düzeyde karar verici, her bir kritere katkıda bulunmasına göre her bir karar alternatifine yönelik bir tercih yada başka bir deyişle öncelik belirtir [28].

Bir karar probleminin yapısını oluşturmada en basit yöntem, üç basamaklı hiyerarşik yapıdır. Bu hiyerarşik yapının en üstünde ana hedef yer alır. Bir alt seviye, kararın kalitesini etkileyecek kriterlerden oluşur. Bu kriterlerin ana hedefi etkileyebilecek özellikleri varsa hiyerarşiye başka kademeler de eklenebilir. Hiyerarşinin en altında alternatifler yer alır. Hiyerarşinin oluşturulmasında seviye sayısı, problemin karmaşıklığına bağlıdır [26].

3.2.4 Düzeltilmiş Analitik Hiyerarşik Süreci

AHS yaklaşımında, birbirine yakın ya da eş alternatiflerin bulunması durumunda tutarsızlıklar oluşabilmektedir. Bu tutarsızlıklara karşı Düzeltilmiş AHS yaklaşımı geliştirilmiştir. Belton ve Gear(1983) makalelerinde, AHS yöntemi ile çözülen bir problem oluşturulmuştur ve ilk aşamada bu problemi AHS ile çözmüşlerdir. İkinci aşamada ise alternatiflerden biri ile tamamen aynı bir alternatif modele eklenmiştir. Problem yeniden AHS yöntemi ile çözüldüğünde, alternatif sıralaması ve çözümün farklı olduğu gösterilmiştir. Bu durumun, çelişkili bir durum olduğuna işaret eden Belton ve Gea, AHS yerine düzeltilmiş AHS'yi önermişlerdir. Düzeltilmiş AHS yaklaşımı, karar matrisi normalize edilirken, her sütunun sütun toplamına bölünmesi yerine en yüksek

değere bölünmesini önermektedir. Bu yöntem Saaty tarafından eleştirilmiş olup, Saaty'e göre, karar sürecinde eş alternatifler bulunmamalıdır [27].

3.2.5 Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE)

ELECTRE(Elimination and Choice Translating Reality) yönteminin temeli uyum ve uyumsuzluk indekslerine dayanmaktadır. ELECTRE yöntemlerinin en basiti ELECTRE 1'dir. Yöntemde karar matrisindeki kriterlerin ağırlıkları toplamı 1'e eşittir. Alternatif çifti j ve k için (A_j ve A_k), uyum indeksi c_{jk} , j alternatifinin performans skoru A_j'nin en az k alternatifinin performans skoru A_k kadar yüksek olduğu kriterlerin ağırlıkları toplamıdır [27].

$$C_{jk} = \sum_{i:aij \geq aik} w_i \quad j.k = 1.2.\ldots.n \quad j \neq k \tag{3.3}$$

Uyumsuzluk indeksi ise şu şekilde bulunur. K alternatifinin j alternatifinden üstün olduğu her kriter için, k alternatifi ile j alternatifleri skorları farkının, alternatifler arasındaki tüm ikiliklerin skorlarının en yüksek olanı ile en düşük olanı arasındaki farka oranı bulunur. Bu oranların en yüksek olanı uyumsuzluk indeksidir. Uyum ve uyumsuzluk indekslerinin hesaplamasından sonra uyum eşik değeri c* ve uyumsuzluk eşik değeri d* tanımlanır. c_{jk}>c* ve d_{jk}<d* sağlanması durumunda j alternatifi k alternatifinden üstündür. Hiçbir alternatifin daha üstün olmadığı ve en az bir alternatiften daha üstün alternatiflerin oluşturduğu küme problem için seçilebilecek alternatifleri göstermektedir. Eşik değerleri değiştirildikçe bu kümenin eleman sayısı da değişecektir. ELECTRE 1 yöntemi üstünlük ilişkilerini kısmi olarak belirlerken, ELECTRE 2 yöntemi üstünlük ilişkilerinin tümünü belirler. ELECTRE 3 ve ELECTRE4 yöntemleri de geliştirilmiş olup bu yöntemlere bu çalışmada değinilmeyecektir [27].

3.2.6 Promethee

Promethee (**P**reference **R**anking **O**rganization **M**ethod for **E**nrichment **E**valuations) yöntemi Brans vd (1986) tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesidir. Çok kriterli analizler için önerilen diğer yöntemler ile kıyaslandığında, kavram ve uygulama bakımından daha kolay bir sıralama yöntemidir.

Bu yöntem, birbiri ile çelişen birkaç kriterin göz önünde tutularak, sınırlı sayıda alternatifin sıralanmasının söz konusu olduğu problemlerde daha çok uygulanmaktadır. Promethee yöntemi, alternatifleri farklı tercih fonksiyonları temelinde değerlendirerek alternatiflere ilişkin kısmi önceliklerin ve tam önceliklerin elde edilmesini sağlayarak ayrıntılı analizlerin yapılmasını sağlamaktadır [26].

3.2.7 Bulanık AHP

Gerçek hayatın karmaşıklığı ve algılama kapasitemizin sınırlı olması sonucu, kesin olarak kavrayamadığımız çok sayıda çeşitli nesneleri sadece subjektif görüşlerle değerlendirebiliriz. Bulanık AHP yönteminde, böyle karmaşık nesnelere ilişkin karar vermenin üstesinden gelmek için nesneyi nitelendiren genel özellikler bulanık özellik olarak ele alınır [27].

AHP analizinde, gerçekleşebilen belirsiz durumlarda, kullanılan ölçeğin ihtiyacı tam karşılayamama sebebinden dolayı genellikle gelişime açık bir alan olarak görülmüştür. Bu durumu daha anlamlı ifade edebilmek ve hiyerarşik problemleri daha iyi çözebilmek için bulanık AHP(BAHP) geliştirilmiştir.

Bulanık AHP'nin amacı farklı ölçüleri karar alternatiflerini sıralamak için tek bir skora entegre etmektir. Bulanık AHP'nin temel karakteristiği ikili karşılaştırma değerlendirmesidir [29].

Bulanık AHP yönteminde ikili karşılaştırma matrisindeki sayılar bulanık aritmetik ve bazı yöntemlerle tek sayılara çevrilir ve yöntem bulanık değerlerin ortalamasını gösteren optimal çözümü bulur [27].

3.2.8 Analitik Şebeke Süreci (ANP)

Bu yöntem Saaty tarafından hiyerarşik yapıda kurulmayan karar verme problemleri için geliştirilmiştir. Çünkü, üst düzey öğelerle alt düzey öğeler arasında etkileşim ve bağımlılık ilişkisi bulunabilir. Saaty karşılaşılan karar verme probleminde eğer kriterler ve alternatifler birbirinden bağımsızsa AHP'nin birbirine bağımlıysa ANP'nin kullanılması önermiştir. ANP çok kriterli karar verme probleminde bir aktivite kümesine göreli ağırlıklar verilebilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemde AHP gibi alternatifler ve

kriterlerin ikili karşılaştırmasına dayanır. ANP'deki en önemli unsur şebeke üzerinde birbiriyle bağımlılık ilişkilerinin bulunmasıdır [27].

3.2.9 Çok Nitelikli Fayda Teorisine Dayanan Yöntemler

Bu yöntemler fayda fonksiyonları kullandığından tüm kriterler ölçeksiz bir hale dönüştürülebilir. Bu yöntemlerin en basiti smart (Simple multiattribute rating technique) olarak adlandırılmaktadır ve alternatiflerin sıralanması kriterler açısından sağladıkları faydanın ağırlık aritmetik ortalaması alınarak bulunur [27].

BÖLÜM 4

TOPSİS VE VİKOR YÖNTEMLERİ

4.1 TOPSİS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk olarak, 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından ÇKKV problemlerini çözmek için geliştirilmiş olan, bilinen klasik ÇKKV yöntemlerinden biridir. TOPSIS yönteminin temeli, algoritma sonucu seçilecek olan alternatifin, en iyi çözüme en yakın, en kötü çözüme en uzak olma esasına dayanmaktadır. Bir başka deyişle, TOPSIS yöntemi pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatiflerin sıralanması tekniği olarak da tanımlanabilir. Topsis yönteminde kriterler iki gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar fayda ve maliyet kriterlerini kapsamaktadır. Pozitif ideal çözüm, fayda kriterlerini maksimize eden ve maliyet kriterlerini minimize eden çözüm olarak tanımlanırken, negatif ideal çözüm ise maliyet kriterlerini maksimize eden ve fayda kriterlerini minimize eden çözüm olarak tanımlanabilir. Bir başka ifadeyle bütün kriterler düşünüldüğünde en iyi seviyede olan alternatif pozitif ideal alternatif, en kötü seviyede olan alternatif ise negatif ideal alternatif olarak adlandırılır.

TOPSIS yönteminde, kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kesin sayılar kullanılmaktadır. Genellikle seçime tki eden faktörler, belirsizlik içerir ve tercihleri kesin sayısal değerlerle ifade edilemez. Bu nedenle birçok durumda, kesin sayılar gerçek hayat durumlarını modellemek için yetersiz kalmaktadır. Daha gerçekçi bir yaklaşım, sayısal değerler yerine dilsel değerlerin yani nitel değerlerin kullanılması olabilir. Bulanık TOPSIS yönteminde, belirsizlik ile gerçek hayattaki veriler bütünselleştirilerek, bütünleşik bir matematiksel model önerilir.

Bu modelde, alternatiflerin seçimine etki eden belirsizlik kavramı dikkate alınır. Karar verme sürecinde, kriterlerin ve alternatiflerin önem ağırlıklarının belirlenmesi, dilsel değişkenler kullanılarak yapılır. BTOPSIS yöntemi, belirsizlik kavramının yer aldığı ve grup kararı vermeyi gerektiren problemlerin çözümünde, karar verme sürecinde insan yargılarından kaynaklanan belirsizliği ortadan kaldırmak için geliştirilmiş bir ÇKKV yöntemidir.

4.2 Bulanık TOPSİS Yönteminin Tanımı ve Özellikleri

Bulanık topsis yöntemi, klasik topsis yöntemini bulanık küme teorisi ile birleştirilerek, karar verme sürecinde insan yargılarından kaynaklanan belirsizliği, sayısal ifadelere dönüştürerek, belirsizliği ortadan kaldırmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. Kararın bireysel olarak ya da grupla birlikte verilebildiği de bilinmektedir. Grup kararı, kararların birden çok kişi tarafından verilmesini, farklı kişisel tercihlerin tek bir tercih halini almasını ya da karar sürecine çok kişinin katılmasını ifade eder. Grup kararı vermede yararlanılan ve ÇKKV yöntemlerinden olan bulanık topsis'in yapısı, belirsizliğin egemen olduğu bulanık ortamlarda karar vermeye oldukça uygun bir yaklaşım ve yöntemin en belirgin özelliğidir. Başka bir ifadeyle, bulanık topsis yöntemini birden fazla karar verici kişinin olduğu, çok sayıda karar kriteri altında, belirsiz bir ortamda, alternatifleri değerlendirerek sıralamasına, dolayısıyla da seçime yönelik kararın doğru verilmesine yardımcı olan bir yöntem olarak tanımlayabiliriz. Bulanık topsis yönteminin temelini, seçilen alternatifin bulanık pozitif ideal çözüm'e en yakın, bulanık negatif ideal çözüm'den ise en uzak mesafede olması oluşturur. Bulanık topsis yöntemi, belirsizlik içeren kriterleri dilsel değişkenler ile birlikte tanımlanan ve sonrasında üyelik fonksiyonu yardımıyla nitel ifadeleri, nicel ifadelere dönüştüren bulanık ortamlarda grup kararı vermede, alternatifleri değerleme imkanı sunan bir karar verme aracıdır. Yöntemin en belirgin özelliği ise her karar verici için farklı önem derecesine sahip kriterler olabileceğinden, karar kriterleri farklı önem ağırlıklarında değerlendirilip daha gerçekçi ve isabetli değerlendirmeler yapılabilir, böylelikle daha doğru ve grup faydasını maksimize edecek daha etkin kararlara ulaşılabilir. Yöntemin algoritması, karar vericilerin öncelikle karar kriterlerini değerlendirmesi ve değerlendirdiği karar kriterlerine göre de alternatifler için olan değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirmeler yapılırken nitel ifadeler, sayısal değerlere üçgen bulanık sayılar

yardımıyla dönüştürülür, daha sonraki adımda kriterlerin önem ağırlıkları matrisi ve bulanık karar matrisi oluşturulur. Bir dizi hesaplamanın ardından normalize edilmiş bulanık karar matrisi ve ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Bulanık pozitif ideal ve negatif çözüm değerleri belirlenir ve ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi yardımıyla her alternatif için bulanık ideal çözümlerden olan uzaklıklar hesaplanarak, her alternatif için bulunan yakınlık katsayısı ile alternatifler için öncelik sıralaması yapılır. Yakınlık katsayısının yüksek değerde olması o alternatifin bulanık pozitif ideal çözüme daha yakın, aynı zamanda bulanık negatif ideal çözüme daha uzak olduğunu gösterir**.** Yakınlık katsayıları 0 ile 1 arasında bir değer alırken, sonuç 1'e ne kadar yakınsa alternatifin seçilme ihtimali o kadar büyük olur [30].

4.2.1 Dilsel Değişken Tabloları

Dilsel değişken değerleri sözel ifadeler içeren değerlerdir. Bulanık topsis yönteminde kriterlerin önem ağırlıklarının ve kriterlere göre alternatiflerin değerlendirmesinde dilsel değişkenler kullanılır. Çok kriterli, bulanık bir karar verme ortamında, hedefe yönelik en iyi alternatifi tespit etmek için, dilsel değişkenlerin tanımlanması ve ağırlıkların hesaplanması gerekmektedir. Karar vericiler, kriterleri önem ağırlıklarının tespitinde ve bu kriterlere göre alternatifleri değerlendirmek üzere uygun dilsel değişkenler kullanırlar. Bu dilsel değişkenler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi üçgen bulanık sayılarla ifade edilebilirler.

Çizelge 4. 1 Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları [30]

Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.1)
Düşük (D)	(0,0.1,0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1,0.3,0.5)
Orta (O)	(0.3,0.5,0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5,0.7,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9,1.0,1)

Çizelge 4. 2 Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları [30]

Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta Kötü (OK)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta İyi (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilen 7'li ölçek, bu yöntem için ilk defa Chen tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Aynı yöntem için literatürdeki çalışmalar incelendiğinde 3, 5 veya 9'lu ölçek de kullanılabilmektedir. Ölçek sayısı artıkça, işlemler daha karmaşık hale gelmekte ve hesaplamada ki ayrıntılar fazlalaşmaktadır, buna bağlı olarak da sonuçlardaki hassasiyet artmaktadır, ölçek sayısı küçüldükçe ise işlemler daha basitleşmekte ve sonuçlardaki hassasiyet azalmaktadır. Bulanık topsis yönteminde kriterlerin önem ağırlıkları karar vericiler tarafından direkt olarak belirlenebilir. Bu çalışmada kullanılan Chen(2000)'in modelinde Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'deki dilsel değişkenler kullanılarak, kriterlerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin ağırlıkları değerlendirilmiştir [30].

4.2.2 Yöntemin Matematiksel İfadesi

K tane karar vericiden oluşan, W_{jk} 'nın K'nıncı karar vericinin değerlendirdiği karar kriterinin önem ağırlığını, X_{ijk}'nın ise i. alternatifin kriter değerini gösterdiği bir grupta, karar vericilerin karar kriterleri ve alternatifler için yapmış oldukları değerlendirmeler sonuçta her biri için tek bir değerlendirme olacak şekilde birleştirilerek, kriterlerinin önem ağırlıkları ve alternatiflerin kriter değerleri sırasıyla;

$$\widetilde{W_J} = \frac{1}{K}\,[\widetilde{W}_j^1(+)\widetilde{W_j^2}(+)\,\ldots\ldots(+)\widetilde{W}_j^k] \tag{4.1}$$

$$\tilde{X}_{\mathrm{i}J} = \frac{1}{K}\left[\tilde{X}_{\mathrm{i}J}^{1}(+)\tilde{X}_{ij}^{2}(+)\ldots(+)\tilde{X}_{ij}^{k}\right] \tag{4.2}$$

formülleri kullanılarak hesaplanır.

Tüm kriter ve alternatifler için tek bir değer elde edildikten sonra, n kriterli ve m alternatifli bir BÇKKV problemi matrisi ve kriter ağırlığı vektörü:

$$\widetilde{D} = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \cdots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \cdots & \tilde{X}_{2n} \\ \tilde{X}_{31} & \tilde{X}_{32} & \cdots & \tilde{X}_{3n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \cdots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \tag{4.3}$$

$\widetilde{W} = \left[\widetilde{W}_1, \widetilde{W}_2, \cdots, \widetilde{W}_n\right]$ şeklinde ifade edilebilir.

Burada her i, j için X_{ij} ve W_j için j=1,2,...,n dilsel değişkenler olup, bu dilsel değişkenler $\tilde{X}_{ij}$=(a_{ij},b_{ij},c_{ij}) ve $\widetilde{W}$ =(W_{j1},W_{j2},W_{j3}) gibi üçgensel bulanık sayılar ile tanımlanabilir. $\widetilde{D}$ Bulanık Karar Matrisi'ni, $\widetilde{W}$ ise karar kriterlerinin önem ağırlıkları vektörünü göstermektedir. Bir sonraki adım karar matrisinin normalize edilmesidir. Alternatifler için kriterlere özgü veriler incelendiğinde, farklı özelliklerde oldukları görülmektedir. Bu farklılıklar, verilerin nicel veya nitel olması, nicel verilerin büyüklüklerinin ve tiplerinin farklı olması nedeniyle oluşmaktadır. Bu durumda tüm verilerin başlangıçta aynı kategoriye dönüştürülmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda TOPSIS yönteminde normalize etme adı verilen işlem yapılır. Normalize etme her türlü büyük veya küçük değerleri kendi sütununda oransal anlamda [0- 1] arasına indirgenmesine olanak tanımaktadır. İndirgenme işlemi yapılırken kriterler fayda ve maliyet kriteri olarak iki grupta incelenir.

Bulanık topsis yönteminde vektörel normalizasyon tekniği kullanılmaktadır. Bulanık karar matrisinde formül (4.4), (4.5) ve (4.6) uygulanarak, normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\tilde{R}$ ile gösterilir [30].

$$\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right]_{mxn}, \mathrm{i} = 1,2,\ldots..,\mathrm{m} \qquad \mathrm{j} = 1,2,\ldots.,\mathrm{n} \tag{4.4}$$

şeklinde ifade edilir.

Karar kriterleri, fayda ve maliyet kriterleri olarak ikiye ayrılabilir. Burada B fayda kriterini ve C maliyet kriterini göstermekte olup.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right), \quad j \in B \text{ ve } \forall i \qquad c^*_j = \max_i c_{ij} \tag{4.5}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right). \quad j \in C \text{ ve } \forall i \qquad a^-_j = \min_i a_{ij} \tag{4.6}$$

formülleri kullanılarak hesaplanır.

Diğer bir ifadeyle normalize edilmiş bulanık karar matrisi, karar kriterinin fayda kriteri olması durumunda, her sütundaki elemanların o sütundaki elemanların üçüncü bileşenleri arasında en büyük değere sahip olana bölünmesi ile elde edilir. Maliyet kriteri olması durumunda ise her sütundaki elemanların, o sütundaki elemanların ilk bileşenleri arasında en küçük değere sahip olanına bölünmesi ile elde edilir. Yukarıda bahsedilen normalizasyon yöntemi, normalize edilmiş üçgen bulanık sayıların [0,1] aralığında olması özelliğini korumak içindir.

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra, her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi:

$$\tilde{V} = \left[\tilde{v}_{ij}\right]_{mxn}, \qquad i = 1,2,\ldots..,m \qquad j = 1,2,\ldots.,n \tag{4.7}$$

şeklinde ifade edilir. Bu matrisin elemanları ise,

$$\tilde{V}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(.)\tilde{W}_j\,, \quad i = 1,2,\ldots..,m \qquad j = 1,2,\ldots.,n \tag{4.8}$$

formülüyle hesaplanır.

Diğer bir ifadeyle, ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin, normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki her bir değerin ait olduğu karar kriterinin önem ağırlığı ile çarpılmasıyla elde edilmiştir. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre

her i , j için v_{ij} elemanları normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır ve [0,1] aralığında yer alırlar.

Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (A^*) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (A^-);

$$A^* = \left(\tilde{V}_1^*, \tilde{V}_2^*, \cdots, \tilde{V}_n^*\right) \quad (4.9)$$

$$A^- = \left(\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \cdots, \tilde{V}_n^-\right) \quad (4.10)$$

şeklinde tanımlanır.

Bu tanımlamada Chen (2000)'in BTOPSIS modeli gereği; j =1, 2, …. n . v_j^*=(1,1,1) ve v_j^- =(0,0,0) olarak kabul edilir. Diğer bir ifadeyle A^*'da karar kriteri sayısı kadar (1, 1, 1), A^- de karar kriteri sayısı kadar (0, 0, 0) değeri bulunur. Her alternatifin pozitif ideal çözüm (A^*) ve negatif ideal çözümden (A^-) olan uzaklıkları sırasıyla

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d\left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*\right) \quad \mathrm{i} = 1,2,\ldots\ldots,\mathrm{m} \quad (4.11)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d\left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-\right) \mathrm{i} = 1,2,\ldots\ldots,\mathrm{m} \quad (4.12)$$

formülleri ile hesaplanır. Burada d(….,...) iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir ve Vertex yöntemi kullanılarak hesaplanır. Bir sonraki adım ise, her bir alternatife ait yakınlık katsayıların(CC_i) hesaplanarak alternatif sıralamasının oluşturulmasıdır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (BPİÇ, A*) ve bulanık negatif ideal çözüme (BNİÇ, A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır. Her alternatifin yakınlık katsayısı:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{(d_i^* + d_i^-)} \quad \mathrm{i}=1,2,\ldots\ldots,\mathrm{m} \quad (4.13)$$

formülü ile hesaplanır.

Yakınlık katsayısı (CC_i) 1'e yaklaştıkça A_i alternatifi BPİÇ' e yaklaşır, BNİÇ' ten uzaklaşır. Diğer bir ifade ile A_i=A^* ise CC_i=1 ve A_i =A^- ise CC_i=0 olur. Yakınlık katsayılarına göre

alternatifler en yüksek değerden en düşük değere doğru sıralanır. Yakınlık katsayısı 1'e ne kadar yakınsa alternatifin tercih edilme şansı o kadar yüksektir. Alternatiflerin sıralamasına karar verebilmemize rağmen, yakınlık katsayı değerlerine göre her alternatifi kendi içinde değerlendirme durumunu belirlemek için dilsel değişkenler kullanmak daha gerçekçi bir yaklaşım olabilir. Her alternatifin değerlendirme durumunu belirlemek için [0 – 1] aralığı beş alt aralığa bölünerek alternatiflerin durumunu beş sınıfa ayırmak için alt aralıklara göre beş dilsel değişken tanımlanmıştır. Bu beş sınıfın kabul koşulları Çizelge2.4'de gösterilmektedir [30].

Çizelge 4. 1 Yakınlık katsayı

Yakınlık Katsayı CC_i	Değerlendirme Durumu
CC_i ε [0,0.2)	Tavsiye edilmez
CC_i ε [0.2,0.4)	Yüksek risk ile tavsiye edilir.
CC_i ε [0.4,0.6)	Düşük risk ile tavsiye edilir.
CC_i ε [0.6,0.8)	Kabul edilir.
CC_i ε [0.8,1)	Kabul edilir ve tercih edilir.

Çizelge 4.3'deki kabul koşullarına göre, her alternatifin mevcut durumunu tanımlamak için sözel değişkenler kullanılabilir. İki alternatifin değerlendirme durumunda aynı sınıfa girmesi halinde, sıralamayı belirlemek için yakınlık katsayılarına bakılır.

4.2.3 Yöntemin Algoritması

Bulanık topsis yönteminin algoritması adım adım aşağıdaki şekilde özetlenebilir [30]:

Adım 1. Karar vericilerin grup tarafından, oluşturulan alternatiflerin ve seçim kriterlerinin belirlenmesi

Adım 2. Karar vericilerin karar kriterlerini ve karar kriterlerine göre alternatifleri dilsel değişken kullanılarak belirlemesi

Adım 3. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi

Adım 4. Bulanık karar matrisinin ve normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Adım 5. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Adım 6. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

Adım 7. Bulanık ideal çözümlerin uzaklıkların hesaplanması

Adım 8. Yakınlık katsayılarının hesaplanması

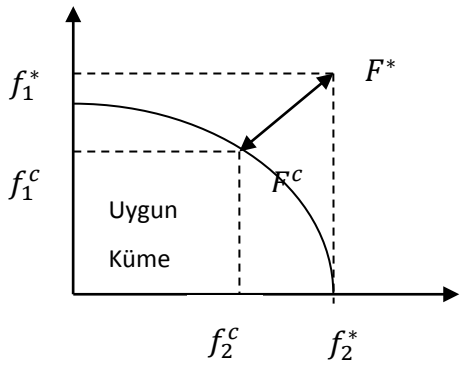
Adım 9. Alternatiflerin sıralanması

4.3 Bulanık Vikor Yöntemi

Vikor yöntemi kompleks sistemlerin çok kriterli karar optimizasyonu için geliştirildi. Bu yöntem, çelişkili kriterlerin varlığında alternatif bir dizi sıralama ve seçmeye odaklanır. İdeal çözüme olan yakınlık ölçüsünü temel alarak çok kriterli sıralamayı gösterir [7].

Çok kriterli karar vermede kullanılan VIKOR (VıseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, 1998 yılında Opricovic tarafından önerilmiştir. Yöntemin mantığı, birbiri ile çelişen kriterler altında alternatifleri sıralayarak en uygun alternatifin seçimine dayanmaktadır. Yöntemin amacı, sıralamada ve seçimde uzlaştırıcı çözümü bulabilmektir. İlk kez Yu (1973) tarafından önerilen uzlaştırıcı çözüm kavramı, ideal çözüme yakınlık derecesinin ölçümüne dayanmaktadır. Çok kriterli ölçüm için uzlaşık sıralamanın temelini, uzlaşık programlamada toplama fonksiyonu olarak kullanılan *Lp* ölçütü oluşturur [31]. J tane alternatifinin a_1,a_2,.....,a_j şeklinde ifade edilmesi durumunda a_j alternatifinin i kriterine göre değerlendirme sonucu f_{ij} olarak ifade edilir. Vikor yönteminin temelini L_p ölçütünün formül (4.14)'de belirtilen şekli oluşturmaktadır.

$$L_{pj} = \sum_{i=1}^{n} \{ \left(W_i \left(f_i^* - f_{ij} \right) \middle| f_i^* - f_i^- \right) \right)^p \}^{1/p} \quad 1 \leq p \leq \infty;\ j = 1,2,\ldots,J \tag{4.14}$$



Şekil 4. 1 İdeal ve uzlaşık çözümler

Vikor yönteminde, n kriter sayısını göstermektedir. Bu yöntemde, L_{ij} ve $L_{\infty j}$ alternatiflerin sıralama ölçütünü oluşturmakta kullanılır. Maksimum grup faydasını ve karşıt görüştekilerinin minimum bireysel pişmanlığı $\min_j R_j$ 'den elde edilen sonuç gösterir. Vikor yönteminin sonucunda, alternatif küme için bir sıralamaya ulaşılır. Bu alternatif kümesine bir alternatifin eklenmesi ya da çıkarılması sonucu etkileyecektir. Uzlaşık çözüm F^c , ideal çözüme F^*'a en yakın uygun çözümdür. Uzlaşık terimi, anlaşmanın karşılıklı kabulü anlamına gelmektedir ve Şekil 4.1'de görüldüğü gibi $\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$ ve $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$ le ifade edilmektedir [31].

Vikor yöntemi de topsis yöntemine benzer prensibe dayanan çok kriterli bir sıralama indeksi kullanmaktadır.

Bulanık Vikor yöntemi, bulanık mantığın vikor yöntemi ile bütünleşik bir şekilde uygulanmasıdır. Yöntem, karar vericilerin kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde yararlandıkları dilsel değişkenleri dikkate alarak, en iyi çözümü ve uzlaştırıcı çözümü bulmada rasyonel ve sistematik süreçler sunmaktadır. Bu süreçte yöntemin algoritmasının izlediği adımlar aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Karar vericiler grubu oluşturulur. Alternatifler ve değerlendirme kriterleri belirlenir. *N* adet karar vericinin, *m* adet alternatifin ve *k* adet değerlendirme kriterinin olduğu varsayılır.

Adım 2: Dilsel değişkenler, kriterlerin ağırlığını belirlemek ve alternatifleri derecelendirmek için tanımlanır ve ardından buna ilişkin bulanık sayılar belirlenir.

Adım 3: Karar vericilerin kriterler için değerlendirmeleri her bir kriter için birleştirilir. *n* sayıdaki karar vericinin her kriter için değerlendirmelerinin toplamının aritmetik ortalaması alınır. Burada n karar verici sayısıdır.

$$\widetilde{W}_j = \frac{1}{n}\left[\sum_{e=1}^{n} \widetilde{W}_j^e\right] \qquad j = 1, 2, \ldots, k \tag{4.15}$$

i.alternatifin *j*. kriterine göre önem ağırlığı ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{n}\left[\sum_{e=1}^{n} \tilde{x}_{ij}^e\right] \qquad i = 1, 2, \ldots, m \tag{4.16}$$

Adım 4: Bulanık ağırlıklı ortalama hesaplanarak, normalleştirilmiş bulanık karar matrisi kurulur.

$$\widetilde{D} = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_k \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mk} \end{bmatrix} \end{array} \tag{4.17}$$

i = 1, 2, ..., m; j = 1, 2,…. ,k

$\widetilde{W}$= [$\widetilde{W}_1$, $\widetilde{W}_{2,}$....., $\widetilde{W}_k$]. j=1,2,....,k (4.18)

Burada $\tilde{x}_{ij}$, C_j kriterine göre A_i alternatifinin derecesi; w_j , *j.* Kriterin önem ağırlığıdır.

Adım 5: Bulanık en iyi değer (f_j^*) ve bulanık en kötü değer (f_j^-) belirlenir.

f_j^*=max $\tilde{x}_{ij}$ f_j^-=min $\tilde{x}_{ij}$ (4.19)

Adım6: S_i ve R_i değerleri hesaplanır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{i=1}^{k} \tilde{w}_j(\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \quad (4.20)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j [\tilde{w}_j(\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)] \quad (4.21)$$

S_i, A_i alternatifinde, kriter değerlerinin bulanık en iyi değere olan uzaklıklarının toplamıdır. R_i ise j. Kritere göre A_i alternatifinin bulanık en kötü değere olan maksimum uzaklığıdır. Diğer bir ifadeyle S_i ve R_i değerleri A_i alternatifinin ortalama ve en kötü skorları göstermektedir.

Adım 7: S^*,S^-,R^*,R^- ve Q_i değerleri hesaplanır.

$S^*=\min S_i$ $S^-=\max S_i$ (4.22)

$R^*=\min R_i$ $R^-=\max R_i$ (4.23)

$$\tilde{Q}_i = v(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*) / (\tilde{S}^- - \tilde{S}^*) + (1-v)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*) / (\tilde{R}^- - \tilde{R}^*) \quad (4.24)$$

Burada S^* maksimum grup faydasını, R^* karşıt görüştekilerin, minimum pişmanlığını ifade etmektedir. Q_i indeksi grup faydasının ve minimum pişmanlığın birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanır, *v* değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını ifade eder. Uzlaşma "çoğunluk oyu" (v>0.5) ile, "konsensüs" (v=0.5) veya "veto" (v<0.5) ile sağlanabilir.

Adım 8: Üçgensel bulanık sayı Q_i durulaştırılır ve Q_i indeksi elde edilir. Literatürde farklı durulaştırma prosedürleri önerilmiştir. Karar vericinin son kararı verebilmesi için çoğu zaman kesin değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla bulanık sayılarda durulaştırma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada durulaştırma aşamasında Hsieh vd. (2004) tarafından önerilen BNP (Best Nonfuzzy Performance Value) yöntemi kullanılmıştır. Burada u_i üçgen bulanık sayının üst değerini, m_i orta değerini, l_i ise alt değerini göstermektedir.

$$BNP_i = [(u_i - l_i) + (m_i - l_i)]/3 + l_i, \forall_i \quad (4.25)$$

Q indeksi alternatiflerin sıralanmasında kullanılır. Bu indeksin en küçük değeri en iyi alternatifi göstermektedir.

Adım 9: Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi. Eğer aşağıdaki iki koşul sağlanırsa, Q_i indeksi kullanılarak belirlenen çözüm, uzlaştırıcı çözümdür (*a*').

1.Koşul: Kabul edilebilir avantaj:

$$Q\ (a'') - Q\ (a') \geq DQ \quad (4.26)$$

Burada *a*'' değeri, *Q* değerine göre sıralamada ikinci sırayı alan alternatiftir.

$$DQ = \frac{1}{m-1}\ \ (eğer\ m \leq 4\ ise\ DQ = 0.25) \quad (4.27)$$

En iyi alternatifin takipçisine göre belirgin bir şekilde avantajlı olması gerektiğini belirten koşuldur.

2.Koşul: Karar vermede kabul edilebilir istikrar: a' alternatifi, S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamada da en iyi alternatiftir. Bu uzlaştırıcı çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır. Eğer Q(a(m)) −Q(a') < DQ ise 1. koşul sağlanamıyorsa a(m) ve a' benzer uzlaştırıcı çözümlerdir. Uzlaştırıcı çözümler (a',a'',.....,$a^{(m)}$) benzer olduğundan, *a*' karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip değildir. Eğer *2. Koşul* sağlanamıyorsa, *a*' karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olmasına rağmen karar vermede istikrar yoktur. Bu nedenle *a*' ve *a*'' nin uzlaştırıcı çözümü aynıdır.

Adım 10: En iyi alternatifin seçimi, *Q* değeri minimum olan alternatif en iyi çözüm olarak seçilir [32].

4.4 Topsis ve Vikor Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Çok kriterli karar verme problemlerinde Vikor yöntemi ideal çözüme yakınlılığı temel alırken, Topsis yöntemi ideal çözüme en kısa mesafe ile negatif ideal çözüme en uzak mesafeyi temel alır. Vikor yöntemi toplam fonskiyonunda L_p ölçütünü temel alırken,

Topsis yöntemi C_i^* fonksiyonunu temel alır. Vikor yöntemi ve Topsis yöntemi farklı normalizasyon tekniklerini baz alır. Vikor yöntemi lineer normalizasyon tekniğini kullanırken, Topsis vektörel normalizasyon tekniğini kullanır. Topsis ve Vikor yöntemlerinin temel farklılıkları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 4. 3 Topsis ve Vikor Farklılıkları

Farklılıklar	**Topsis**	**Vikor**
Toplam fonksiyonu	C_j fonksiyonu	L_1 ve L_∞ temelinde Q_i fonksiyonu
Normalizasyon	Vektörel normalizasyon	Lineer normalizasyon
Çözüm	İdeal çözüme en kısa mesafe ile negatif ideal çözüme en uzak mesafeyi temel alır.	İdeal çözüme yakınlılığı temel alır.

BÖLÜM 5

KÜMELEME ANALİZİ

5.1 Klasik Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, gruplandırılmamış benzer verilerin, ortak özelliklerine göre sınıflandırılmasına dayanan çok değişkenli istatiksel tekniklerden biridir. Kümeleme analizi verilerin değişkenleri baz alarak benzerliklerine göre ayrı kümelerde toplanmasını sağlayan istatistiki bir yöntemdir.

Kümeleme analizi, bir veri matrisinde yer alan ve gruplamaları bilinmeyen birimleri birbiriyle benzer alt kümelere ayırmaya yarayan yöntemler topluluğudur [33].

Kümeleme analizi (segmentasyon analizi ya da taksanomi analizi) incelenen birimleri aralarındaki benzerliklere dayanarak birbirine göre homojen alt birimlere ayırmayı gerçekleştiren teknikler dizisidir [34]. Kümeleme analizinin amacı değişkenlerin yada birimlerin temel özelliklerini baz alarak, benzerliklerine göre farklı kümelerde sınıflandırmaktır.

Diğer bir deyişle, gruplanmamış verileri benzerliklerine göre gruplandırarak araştırmacıya özetleyici bilgiler sunmaktır. Bunun yanı sıra kümeleme analizi gerçek tiplerin belirlenmesi, gruplar için ön tahmin, hipotez testi, veriler yerine kümelerin değerlendirmesi ve aykırı değerlerin bulunması gibi farklı amaçlarla da kullanılmaktadır [35].

Kümeleme analizinin genel amacı, gruplanmamış değişkenleri benzerliklerine göre sınıflandırıp, araştırmacıya uygun özet bilgiler vermesi bakımından yardımcı olmaktadır.

Kümeleme analizi; X veri matrisinde yer alan doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen bireyleri, değişkenleri ya da birey ve değişkenleri birbirleri ile benzer olan alt kümelere (grup,sınıf) ayırmaya yardımcı olan yöntemler topluluğudur [34].

Kümeleme analizinin genel amaçlarının dışında özel amaçlarını da şöyle sıralayabiliriz:

i. Gerçek tiplerin belirlenmesi

ii. Model uydurmanın kolaylaşması

iii. Gruplar için ön tahmin

iv. Hipotezlerin testi

v. Veri yapısının netleştirilmesi

vi. Veri indirgenmesi

vii. Aykırı değerlerin bulunması[34]

Kümeleme analizinde, küme sayısı bilinmemekte ve sadece verilerin mevcut durumuna ilişkin sonuçlar vermesi nedeniyle gelecekte kullanılabilmesi söz konusu olmamaktadır. Kümeleme analizinde de çok değişkenli analizlerde olduğu gibi normallik varsayımı olmakla birlikte normallik varsayımı prensipte kalmakta, uzaklık değerlerinin normalliği yeterli görülmektedir [36].

5.2 Kümeleme İşlemlerinde Kullanılan Uzaklık Ölçüleri

Kümeleme analizi, veri setlerini ilgili kümelere homojen olarak ayırırken, benzer nesneleri aynı kümeye, farklı nesneleri farklı kümelere bölmeye çalışır. Her iki küme de olması gereken iki önemli özellik, kümeler arası düşük benzerlik derecesi ile küme içi yüksek benzerlik derecesidir.

Her kümeleme algoritması iki nokta arasındaki uzaklık ve benzerliği temel alır [37]. Kümeleme analizinde en önemli adım üzerinde çalışılan nesneler arasındaki benzerlik ölçüsünü elde etmektir. Benzerlik ve uzaklığın birbirinin tamamlayıcısı olduğundan, nesneler arası uzaklık ya da fark ile ilgileniriz [34]. Kümeleme analizinin performansı, seçilen uzaklık ölçüsüyle doğrudan ilişkilidir [37].

Tercih edilecek uzaklık ölçüsü, kümeleme analizi yapılacak veri matrisindeki ölçü birimi ile doğrudan ilişkilidir, kullanılacak verinin ölçü birimine göre kullanılacak uzaklık ölçüsü değişkenlik gösterir.

Eğer değişkenler oransal ya da aralıklı ölçeklerle elde edilmiş değerler ise uzaklık ya da ilişki türü ölçülerden yararlanılır. Ölçümler sayısal değerler olarak yapılmış ise tercih edilen ölçüler kikare uzaklık ölçüsü ya da Phi kare uzaklık ölçüsüdür. Eğer ikili gözlemler göre ölçümler yapılmış ise birimler arasındaki benzerlikleri belirlemede Öklid, kare Öklid, size difference, pattern difference, Lance and Williams difference, shape difference gibi benzerlik ya da farklılık ölçülerinden yararlanılmaktadır [34].

Kümeleme analizinde yaygın olarak kullanılan uzaklık ölçüleri aşağıdaki gibidir. Uzaklık ölçüleri kullanılacak verinin ölçek tipine göre değişiklik gösterdiğinden, ölçüler verinin ölçek tipine göre kategorize edilmiştir. Uzaklık ölçüleri izleyen bölümde detaylı incelenecektir.

Aralıklı ve oransal ölçekli(Nicel) veriler için;

- Öklid uzaklığı
- Minkowski uzaklığı
- Manhattan (City Blok) uzaklığı
- Mahalanobis uzaklığı
- Hotelling T2 uzaklığı
- Canberra uzaklığı
- Açısal benzerlik ölçüsü
- Korelasyon benzerlik ölçüsü

hesaplamaları kullanılabilir [38].

İkili değişkene sahip nominal değişkenler için kullanılan uzaklık yöntemleri

- Binary Öklid uzaklığı
- Jaccard benzerlik katsayısı
- Ochiai benzerlik katsayısı
- Rao benzerlik katsayısı
- Basit eşleşme benzerlik katsayısı
- Binary karesel Öklid uzaklığı

olarak söylenebilir [38].

5.2.1 Öklid Uzaklığı

Kümeleme analizinde birey ya da nesneler arasındaki uzaklıkları hesaplamak için en yaygın kullanılan uzaklık ölçüsü Öklid uzaklığıdır. İki obje arasına çizilecek bir düz doğrunun uzunluğunu temel alır [39].

Gözlem vektörleri arasındaki farkların kareleri toplamının karekökünün alınması ile hesaplanır. Metrik bir uzaklık ölçüsü olan Öklid uzaklığı L_2 metriği olarak da isimlendirilir [37].

n boyutlu Öklid uzayında P=(p_1 , p_2 , ...,p_n) ve Q=(q_1, q_2 , ...q_n) noktaları arasındaki uzaklık:

$$\sqrt{(p_1+q_1)^2+(p_2+q_2)^2+\cdots+(p_n+q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i-q_i)^2} \quad (5.1)$$

ile ölçülür [35].

Eğer veriler arasında belirgin bir önemlilik varsa yukarıdaki formül şu şekilde düzenlenmektedir.

$$d(x_i,x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^{p} w_k\,(x_{ik}-x_{jk})^2} \quad (5.2)$$

d: noktalar arasındaki uzaklığı gösterir.

i: p boyutlu nesnedeki i'nci terimi niteler.

j: p boyutlu nesnedeki j'nci terimi niteler.

k: k boyutlu nesnedeki k'ncı terimi niteler.

p: olası tüm durumlar yani nesnelerin tamamıdır [38].

5.2.2 Minkowski Uzaklığı

Kümeleme analizinde nicel veriler için kullanılan uzaklık ölçütlerinden biri de Minkowski uzaklığıdır [37]. Minkowski uzaklığı, Öklidyen uzaklığın ve Manhattan

uzaklığının öklidyen uzaydaki genelleştirilmiş halidir. Minkowski uzaklığı şu şekilde formüle edilmiştir [38]:

$$d(x_i,x_j) = \left(\sum_k^p \left|x_{ik} - x_{jk}\right|^{\lambda}\right)^{1/\lambda} \quad (5.3)$$

$\lambda \geq 1$ ve i, j = 1,2,...,n için x ,x ∈ X i j [37].

Veri seti içerisindeki kompakt ve birbirlerinden iyi ayrılmış kümeleri belirlemede Minkowski uzaklığı iyi sonuçlar vermektedir. Aksi takdirde, değişimi fazla olan değişkenin etkisi Minkowski uzaklığının belirlenmesinde baskın hale gelmektedir. Bu durumdan kaçınmak için standartlaştırma veya ağırlıklandırma kullanılabilir [37].

Değişkenler önem derecelerine göre ayrılmışsa, ağırlık etkisinin formüle eklenmesi gerekmektedir. Bu değişiklik formül (5.4)'de gösterilmektedir [38].

$$d(x_i, x_j) = \left\{\sum_k^p w_k \left|x_{ik} - x_{jk}\right|^{\lambda}\right\}^{1/\lambda} \quad (5.4)$$

d: noktalar arasındaki uzaklığı gösterir.

i : p boyutlu nesnedeki i'nci terimi niteler.

j : p boyutlu nesnedeki j'nci terimi niteler.

k: k boyutlu nesnedeki k'ncı terimi niteler.

p: olası tüm durumlar yani nesnelerin tamamıdır.

$\boldsymbol{\lambda}$: kuvvet ortalaması

Minkowski uzaklık ölçüsü $\boldsymbol{\lambda}$ =1 için Manhattan uzaklık ölçüsüne, $\boldsymbol{\lambda}$ = 2 için ise Öklid uzaklık ölçüsüne eşit olacaktır [40]. $\boldsymbol{\lambda} \rightarrow \infty$ için Chebyshev uzaklığı elde edilir[37]. Minkowski uzaklık ölçüsü genel bir uzaklık ölçüsüdür, Öklid ve Manhattan uzaklık ölçüleri ise Minkowski uzaklık ölçüsünün özel bir durumudur [40].

5.2.3 Manhattan (City Blok) Uzaklığı

Bu uzaklık ölçümü Minkowski uzaklık ölçümündeki $\boldsymbol{\lambda}$ değerinin 1 olduğu durumdaki halidir. Ayrıca Hermann Minkowski'nin ortaya attığı öklidyen uzaklık hesaplaması yerine ortaya attığı bir hesaplama yöntemidir [38]. Manhattan uzaklık ölçüsü, birimler

arasındaki mutlak uzaklıkların toplamını alarak hesaplayan bir uzaklık ölçüsüdür [40]. Bu uzaklık formül (5.5)'deki gibi formülize edilmektedir.

$$d(x_i,x_j) = \sum_k^p \left| x_{ik} - x_{jk} \right|^1 \quad (5.5)$$

d: noktalar arasındaki uzaklığı gösterir.

i: p boyutlu nesnedeki i'nci terimi niteler.

j: p boyutlu nesnedeki j'nci terimi niteler.

k: k boyutlu nesnedeki k'ncı terimi niteler [38].

5.2.4 Mahalanobis Uzaklığı

Öklidyen ve Minkowski uzaklıklarının ölçümlerinde karşılaşılan sıkıntılardan kurtulmak amacıyla değişkenler arasındaki korelasyonun da hesaplamaya eklenmesiyle oluşan uzaklık ölçüm birimidir [38]. İki değişken arasında bir ilişki varsa, bu iki değişken arasındaki kovaryans veya korelasyonu göz önüne alan Mahalonobis uzaklığının kullanılması gerekir [40].

$$d_{ij} = (x_i - x_j)^T \sum^{-1} (x_i - x_j) \quad (5.6)$$

d: noktalar arasındaki uzaklığı gösterir.

i: p boyutlu nesnedeki i'nci terimi niteler.

j: p boyutlu nesnedeki j'nci terimi niteler.

k: k boyutlu nesnedeki k'ncı terimi niteler.

Σ : i ve j değerlerinden oluşan kovaryans matrisi değeridir [38].

İki değişken arasındaki korelasyonun sıfır olması durumunda, sonuç Öklid uzaklığının karesine dönüşür.

Mahalanobis uzaklığının avantajı, sadece sürekli değişkenler arasındaki korelasyonu değil her değişkenin birimleriyle varyansını da göz önünde bulundurmasıdır [34].

Değişken sayısının artması durumunda Mahalanobis uzaklığının hesaplanmasında kullanılan ∑ kovaryans matrisin, tersinin bulunmasının güçleşmesi Mahalanobis uzaklığın önemli bir dezavantajıdır [37].

5.2.5 Hotelling T2 Uzaklığı

İki grubun ya da iki kümenin uzaklığını hesaplamada kullanılır [38]. Hotelling T2 uzaklığı formül (5.7)'de gösterilmiştir.

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n}\left(\bar{x}_i - \bar{x}_j\right)^T S^{-1}\left(\bar{x}_i - \bar{x}_j\right) \quad (5.7)$$

n_1: 1. kümenin ya da grubun eleman sayısı

n_2:2. kümenin ya da grubun eleman sayısı

s: verilerin tamamının standart sapması

$\bar{x}_i$: i.nci nesnenin vektörü

$\bar{x}_j$: j.nci nesnenin vektörü [38]

5.2.6 Canberra Uzaklığı

Canberra uzaklığı 1966 yılında Lance ve Williams tarafından "Computer Programs For Hierarchical Polythetic Classification" adlı makalede bahsedilmiştir [38]. Sıfıra yakın olan ve sadece negatif olmayan değişkenler için tanımlanmıştır [34]. Manhattan uzaklık ölçütü ile benzerlik göstermektedir [35]. Canberra uzaklık formül (5.8)'de gösterilmiştir:

$$d(x_i,x_j) = \frac{\sum_{k=1}^{p}|x_{ik}-x_{jk}|}{\sum_{k=1}^{p}(x_{ik}+x_{jk})} \quad (5.8)$$

d: noktalar arasındaki uzaklığı gösterir.

i: p boyutlu nesnedeki i'nci terimi niteler.

j: p boyutlu nesnedeki j'nci terimi niteler.

k: k boyutlu nesnedeki k'ncı terimi niteler.

p: olası tüm durumlar yani nesnelerin tamamıdır[38].

5.2.7 Açısal Benzerlik Ölçüsü

Açısal benzerlik ölçümü, iki değişkene sıfır noktasından çekilen vektörlerin aralarındaki açının kosinüsü olarak hesaplanmaktadır. Bu değerin sıfır ile bir aralığında olması benzerlik olduğunu göstermektedir. Bu benzerlik ölçüsü, çok boyutlu çözümlemeler için kullanılabilmektedir [38]. Açısal benzerlik ölçüsü formül (5.9)'da gösterilmiştir.

$$s = \frac{u^T v}{\sqrt{u^T u v^t v}} \tag{5.9}$$

u: değişken vektörü

v: değişken vektörü

s: benzerlik değeri[38]

5.2.8 Korelasyon Benzerlik Ölçüsü

Korelasyon değeri ile hesaplanan benzerlik ölçümü değeri, Öklidyen ve Mahalanobis uzaklık ölçümleri gibi sıklıkla kullanılmaktadır [38]. İki özellik vektörü arasındaki korelasyon değeri bu iki vektörün birbirine olan benzerlik derecesini gösterir. [+1,-1] aralığında değerler alır [41]. Korelasyon benzerlik ölçüsü formül (5.10)'da gösterilmiştir.

$$s_{ij} = \frac{(x_i-\bar{x})^T(x_j-\bar{x})}{\sqrt{(x_i-\bar{x})^T(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})^T(x_j-\bar{x})}} \tag{5.10}$$

5.3 Kümeleme Analizi Yöntemleri

Birimlerin ya da değişkenlerin benzer özeliklerine göre gruplandırılması için değişik kümeleme yöntemleri mevcuttur.

Bu yaklaşımlardan biri, en çok benzer iki birimi aynı gruba atamakla başlayıp tüm birimlerin aynı gruba atanması ile biten hiyerarşik bir yaklaşımdır [40]. Kümeleme

yöntemleri; uzaklık matrisi ya da benzerlik matrisinden yararlanarak birimler yada değişkenleri kendi içinde homojen ve kendi aralarında heterojen gruplara ayırır [34].

Kümeleme analizi için literatürde pek çok yöntem anlatılmıştır. Bu yöntemler genel olarak iki ana başlıkta toplanır: Hiyerarşik kümeleme yöntemleri ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemidir. Kümeleme yöntemi ne olursa olsun, kümeleme analizinin asıl amacı küme içindeki benzerliği ve küme dışındaki farklılığı maksimum yapmaktır.

Hangi tekniğin kullanılacağı küme sayısına bağlı olmakla birlikte her iki tekniğin beraber kullanılması çok daha yararlıdır. Böylece hem sonuçları hem de iki tekniğin hangisinin daha uygun sonuçlar verdiğini karşılaştırmak mümkün olmaktadır [39].

5.3.1 Hiyerarşik (Aşamalı) Kümeleme Yöntemi

Hiyerarşik yöntemler, genellikle tek birim içeren kümelerden başlayarak, tüm birimler bir kümede toplanana kadar birleştirme işlemi yaparak küme dizileri üretir [34]. Bir grup, diğeri ile bir kez birleştirildikten sonra, daha sonraki adımlarda kesinlikle ayrılamaz [42]. Hiyerarşik kümeleme yöntemleri veri setindeki birimlerin birbirilerine göre uzaklık veya benzerliklerini dikkate alarak birimleri birbirleriyle değişik aşamalarda bir araya getirerek ardışık biçimde kümeler belirlemeye ve bu kümelere girecek elemanların hangi uzaklık veya benzerlik düzeyinde küme elemanlarının olduğunu belirlemeye yönelik yöntemlerdir [39]. Elde edilen kümeleme sonuçları, dendrogram olarak bilinen bir ağaç diyagramı ile grafiksel olarak gösterilebilir. Aşamalı kümeleme yöntemlerinin, araştırmacının incelediği veri setinde kaç küme bulunduğunu başlangıçta bilmediği durumlarda çok uygun bir yöntem olduğunu ve yöntemin araştırmacıya incelediği veri setinde daha önce gözlemlenmemiş ilişkileri ve prensipleri keşfetme olanağı vermesi nedeniyle faydalı olduğunu belirtmektedir [37].

Hiyerarşik kümeleme yöntemleri toplama ve ayırma yöntemleri olarak ikiye ayrılır.

En etkin kullanılan yöntem toplama yöntemidir. Bu yöntem, bütün gözlemleri tek bir kümede toplayıp, sonrasında kümeye uymayan aykırı gözlemleri tek tek kümeden ayırarak başka kümelerin oluşmasını sağlar. Oluşturulacak küme sayısını yöntem belirler[35].

Ayırma yöntemi ise toplama yönteminin tersidir. Tüm gözlemlerden oluşan büyük bir küme oluşturulur. Benzer olmayan gözlemler tek tek ayrılarak daha küçük kümeler oluşturulur. Her gözlem tek başına küme oluşturana kadar işleme devam edilir [40].

5.3.2 Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Yöntemi

Hiyerarşik olmayan yöntemde küme sayısı hakkında ön bilgi mevcuttur. Araştırmacı deneyimlerine dayanarak anlamlı olacak şekilde küme sayısını önceden belirleyebilir [35]. Hiyerarşik olmayan yöntemler, hiyerarşik yöntemlere göre daha büyük veri setine uygulanır [40]. Hiyerarşik kümelemede hem birimler hem de değişkenler birbirleriyle değişik benzerlik düzeylerinde kümeler oluştururken, hiyerarşik olmayan yöntemlerde sadece birimler kümelenir. Birimlerin uygun oldukları kümelerde toplanmaları ve n birimin k sayıda kümeye parçalanması hedeflenmektedir [34].

5.4 Küme Sayısının Belirlenmesi

Kümeleme analizi sürecinde birimlerin ya da değişkenlerin ve küme sayısının belirlenmesi, başarılı bir analizin yapılması için önemli bir adımdır.

Kümeleme analizi sonucundaki küme sayısı 1 ile n arasında değişebilir ve kümeler içindeki gözlemler uzaklık matrisine, kümeleme yöntemine, konu ile ilgili değişkenlerin veride yer alıp almamasına göre değişebilmektedir [40].

Analizdeki küme sayısını belirlemek için iki ana yaklaşım vardır.

i. Yeteri kadar büyük küme sayısıyla başlayarak, ardı ardına bu sayısı azaltarak birbirine önceden tanımlanan kritere göre benzer olan kümeleri birleştirmektir. Tam bölünmeyi hesaplayan bir geçerlilik fonksiyonu tanımlamaktır. Küme sayısı için tahmini bir üst bant c_{max} belirlenir ve algoritma her bir c Є 2,3,...,c_{max} için çalıştırılır [34]. Bu yöntem küçük örneklemler için uygundur. Formül (5.11) 1. adım için sıklıkla kullanılmaktadır:

$$k = (n/2)^{1/2} \quad (5.11)$$

k:küme sayısı

n: birim sayısını ifade eder [40].

ii. İkinci yaklaşım ise, kümelemeyi farklı c değerleri için yapmak ve belirlenen bölünmelerin iyiliğini değerlendirmek için geçerlilik indekslerini kullanmaktır. Küme bölünmelerindeki kümeleri ayrı ayrı hesaplayan bir geçerlilik fonksiyonu tanımlamaktır. Burada yine bir c_{max} belirlenmeli ve algoritma bu doğrultuda yürütülmelidir. Küme sayısı sonuçları, elde edilen geçerlilik indeksleri baz alınarak birbirleriyle karşılaştırılır. Benzer kümeler tek bir kümede toplanır, aykırı olan kümeler elenir, böylece küme sayısı azaltılır. Bu prosedür, aykırı kümeler sıfırlanana kadar devam ettirilebilir [34].

5.5 Kümeleme Analizi ile Hastane Kuruluş Yer Seçimi için Alternatif Belirleme

Uygulama konusu, İstanbul da faaliyet gösteren özel bir hastanenin, Anadolu yakasında ikinci bir şubenin açılması için alternatif yer seçimlerinin belirlenmesi problemidir. Bu kapsamda İstanbul Anadolu yakasındaki 14 ilçe, belirlenen kriterler çerçevesinde, kümeleme analizi yöntemi kullanılarak ele alındı. Çalışmanın bu aşamasındaki amaç ise kurulacak 2.hastanenin yer alternatiflerini kümeleme analizi yöntemi ile belirlemektir. Kümeleme analizi işleminde, hiyerarşik k-ortalamalar yöntemi ve uzaklık ölçüsü olarak Öklid uzaklık kullanılmıştır. İlçe seçim kriterlerini, literatürde hastane kuruluş yer seçimi ile ilgili yapılan çalışmalardan yararlanılarak ve karar verici grupla birlikte belirlenen kriterler beraber kullanılmıştır. İlçe seçimi kriterleri Çizelge 5. 1'de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 5. 1 Alternatif seçim kriterleri

Kriter No	Kriterler	Birim	Kaynak
1	Toplam nüfus	Kişi	http://istanbul.yerelnet.org.tr/
2	Nüfus yoğunluğu	Kişi / m^2	İlçelerin 2015-2019 stratejik Planı
3	Ortalama hane halkı büyüklüğü	Kişi	TÜİK
4	Nüfus artış oranı	Yüzde	www.istka.org.tr
5	Satılık ticari alan m^2 birim fiyatı	TL	www.emlakendeksi.com
6	Kiralık ticari alan m^2 birim fiyatı	TL	www.emlakendeksi.com

Çizelge 5. 1 Alternatif seçim kriterleri (devamı)

Kriter No	Kriterler	Birim	Kaynak
7	Ulaşım tipinin çeşitliliği	Adet	İBB
8	Belediyelerin çevresel harcamaları	TL	TÜİK
9	Banka şube sayısı	Adet	www.tbb.org.tr
10	Eczane sayısı	Adet	www.eczaneteknisyenleridernegi.com
11	Kara alanı	Km^2	İBB
12	Eğitim kurum sayısı	Adet	http://istanbul.meb.gov.tr
13	Toplam hastane sayıları(özel+devlet)	Adet	http://www.istanbulsaglik.gov.tr/
14	Devlet hastanesi saysı	Adet	http://www.istanbulsaglik.gov.tr/
15	Özel hastane sayısı	Adet	http://www.istanbulsaglik.gov.tr/
16	Hava kalite endeksi	Sayı	www.havaizleme.gov.tr/
17	Önlisans ve lisans mezun oranı	Yüzde	İlçelerin 2015-2019 stratejik planı
18	Olası deprem durumunda tahmini ölüm oranı	Yüzde	www.istka.org.tr
19	Sağlık ocağı merkezi sayısı	Adet	http://www.istanbulsaglik.gov.tr/
20	Kişi başına düşen yeşil alan	Kişi $/m^2$	İlçelerin 2015-2019 stratejik planı
21	Faaliyette olan kayıtlı firma sayısı	Adet	İTO web sitesi

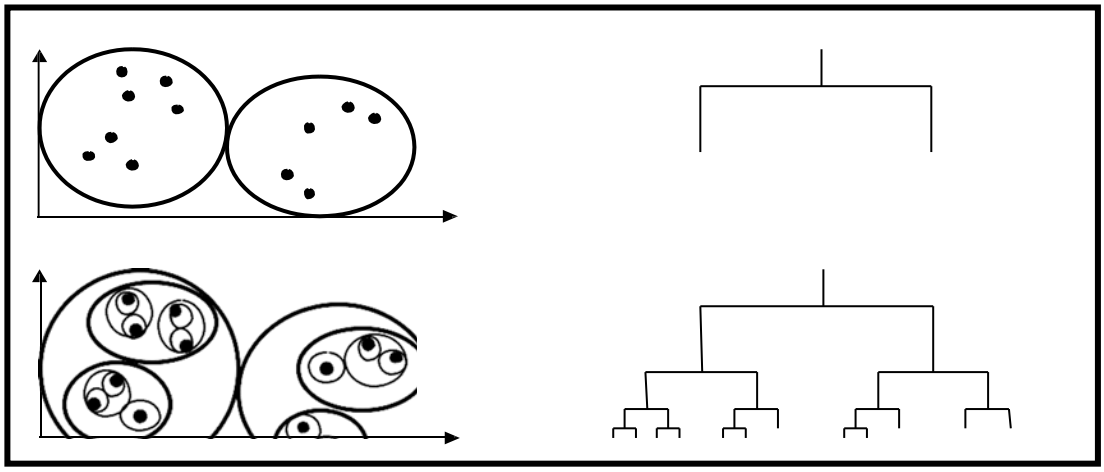
Kümeleme analizi, Oracle Data miner 12c paket programı ile çözümlenmiştir. Oracle Data miner programının içinde 3 adet kümeleme algoritması yer almaktadır. Bu algoritmalar; k-ortalamalar yöntemi, o-cluster(ortogonal kümeleme), expectation maximization algoritmalarıdır. O-cluster algoritması büyük veri tipleri için uygundur.

Diğer bir deyişle grid veri tipleri için uygundur. Grid veri tipleri ise, fazla kolonlu ancak kolonların aldığı değerlere göre küçük parçalara bölmeye uygun veridir, bu kümeleme algoritması çok fazla kriter olduğu durumda kullanılması uygundur. Expectation maximization algoritması ise, 1000'lerce kriterin olduğu durumlarda çok büyük veri tipleri için uygundur. Bu algoritmalar daha çok müşteri şikayetlerinin yer aldığı metin tipindeki verileri ayrıştırıp, kümelemek için kullanılır. K-ortalamalar algoritması ise, kriter sayısının daha az olduğu durumda ve her veri tipi için uygun bir kümeleme algoritmasıdır. Bu algoritma aynı zamanda literatürde en çok kullanılan kümeleme algoritmasıdır. Oracle data miner programında kullanılan 3 algoritmanın kıyaslandığı tablo Çizelge 5. 2'de yer almaktadır.

Çizelge 5. 2 Oracle data miner programında yer alan algoritmaların kıyaslanması

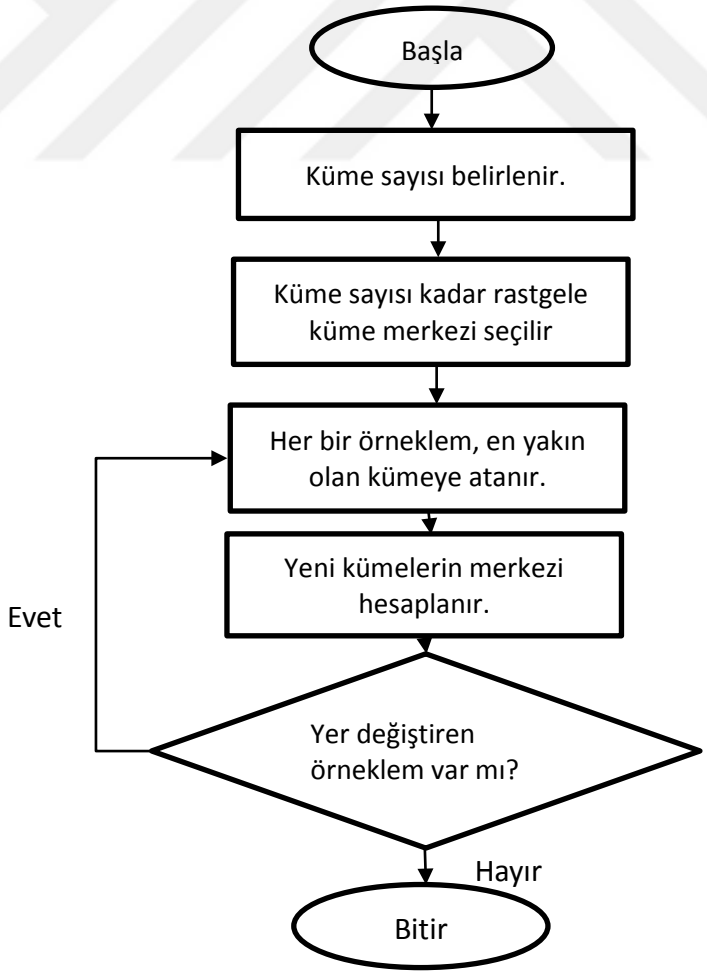
Özellikler	k-ortalama	O-cluster	Expectation Maximization
Kümeleme metodolojisi	Uzaklık temellidir	Grid temellidir.	Dağılım temellidir.
Veri sayısı	Her türlü veri büyüklüğü için uygundur.	Büyük veri tipleri için uygundur	Her türlü veri büyüklüğü için uygundur.
Değişken sayısı	Değişken sayısının az olduğu durumlar için uygundur.	Değişken sayısının fazla olduğu durumlar için uygundur.	Değişken sayısının hem az hem de çok olduğu durumlar için uygundur.
Küme sayısı	Kullanıcı belirler.	Otomatik olarak belirlenir.	Otomatik olarak belirlenir.
Hiyerarşik kümeleme	Evet	Evet	Evet
Olasılığa dayanan kümeleme ataması	Evet	Evet	Evet

Bu programda, literatür de sıklıkla kullanılan kümeleme algoritması olan k-ortalamalar algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma veri setini önce ikiye böler, bölünmüş olan iki alt kümede kendi içinde tekrar ikiye bölünür. Bölünme işlemi esnasında, k-ortalamalar algoritması, uzaklık fonksiyonunu kullanarak benzer verileri birbiri içinde kümelenmesini sağlar. Veriler, kullanılan uzaklık fonksiyonuna göre, en yakın kümeye atanırlar. Bölünme işlemi tek bir veri kalana dek veya algoritma durdurma limitine ulaştığında sona erer. K-ortalamalar algoritmasının şematik gösterimi Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5. 1 Hiyerarşik k-ortalamalar yöntemi[43]

Oracle Data miner 12c paket programında, k-ortalamalar algoritması kendi içinde 3 farklı uzaklık fonksiyonu kullanır. Bunlar Öklid, Kosinus ve fast cosine uzaklığıdır. Programda varsayılan uzaklık fonksiyonu Öklid uzaklığıdır. k- ortalamalar yöntemini Şekil 5.2'de süreç akış şeması ile özetlenmiştir.



Şekil 5. 2 K-ortalamalar algoritması süreç akışı

k-ortalamalar algoritmasını detaylı olarak bir örnekle açıklanmıştır. Örnekte, 7 birim ve 2 değişken bulunmaktadır. K küme sayısı 2 olarak alınmıştır.

Çizelge 5. 3 K-ortalamalar algoritmasında değişkenlerin belirlenmesi örneği

Birimler	Değişken 1	Değişken 2
1	1.0	1.0
2	1.5	2.0
3	3.0	4.0
4	5.0	7.0
5	3.5	5.0
6	4.5	5.0
7	3.5	4.5

Başlangıç küme merkezleri ise rastgele belirlerlenmiştir. Başlangıç küme merkezi olarak 1. ve 4. birimlerin değerleri alındı ve merkezler Çizelge 5. 4'de özetlenmiştir.

Çizelge 5. 4 K-ortalamalar algoritmasında vektörlerin belirlenmesi örneği

Grup No	Birimler	Ortalama Vektörler
1	1	(1.0,1.0)
2	4	(5.0,7.0)

2. adım olarak her bir birime ait değişkenin, başlangıç küme merkezlerine ait uzaklıkları Öklid uzaklık ile hesaplanmaktır. Örnek olarak 2.birimin(1.50,2.0) 1.grup ve 2.grup küme merkezlerine uzaklığı şu şekilde hesaplanmıştır;

d(m_1,2)=$\sqrt{(1.0-1.5)^2+(1.0-2.0)^2}$ =1.12

d(m_2,2)= $\sqrt{(5.0-1.5)^2+(7.0-2.0)^2}$ =6.10

Aynı formül, bütün değişkenler için uygulanıp, 1. ve 2. Küme merkezlerine uzaklıkları hesaplanmıştır ve aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Uzaklık mesafelerine göre 1., 2. ve 3.birimler 1.kümeye atanmıştır, 4., 5., 6. ve 7. birimler 2.kümeye atanmıştır.

Çizelge 5. 5 K-ortalamalar algoritmasında küme merkezine uzaklığın belirlenmesi örneği

Birimler	1.Küme merkezine uzaklık	2.Küme merkezine uzaklık
1	0	7.21
2	1.12	6.10
3	3.61	3.61
4	7.21	0
5	4.72	2.5
6	5.31	2.06
7	4.30	2.92

Yeni küme merkezleri oluşturulan 2 adet küme merkezindeki değişkenlerin ortalamaları alınarak bulunur.

$m_1 = (\frac{1}{3}(1.0 + 1.5 + 3.0), \frac{1}{3}(1.0 + 2.0 + 4.0))$=(1.83,2.33)

m_2=$(\frac{1}{4}(5.0 + 3.5 + 4.5 + 3.5), \frac{1}{4}(7.0 + 5.0 + 5.0 + 4.5))$=(4.12,5.38)

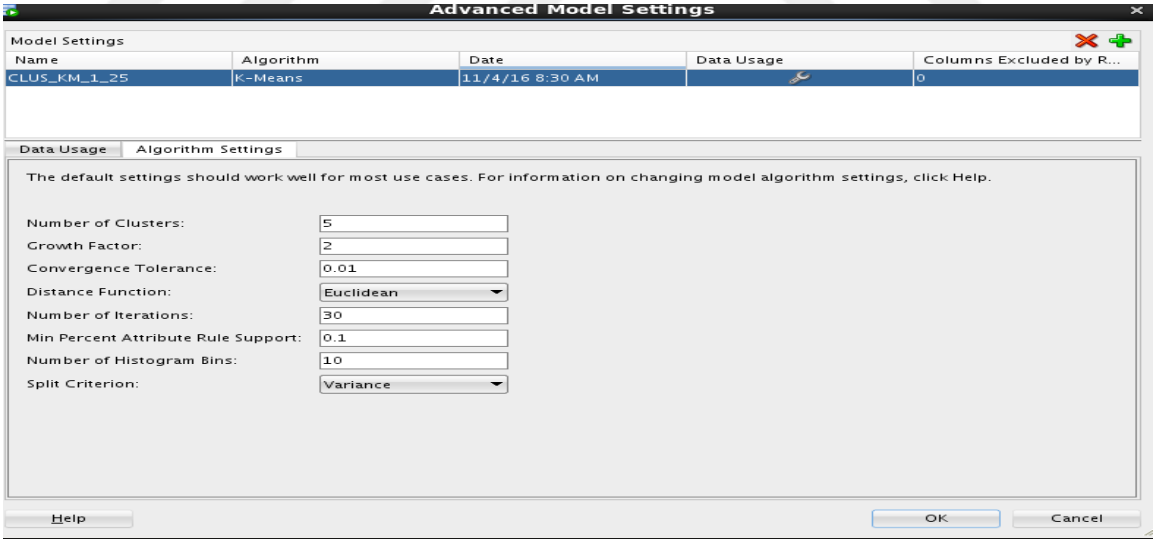
Tekrar, her bir birime ait değişkenin 1.küme merkezine(1.83,2.33) ve 2. Küme merkezine (4.12,5.38) uzaklıkları hesaplanır ve bu uzaklıklar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. 1.ve 2. birimler 1.kümeye atanmıştır, 3.,4., 5., 6. ve 7. birimler 2.kümeye atanmıştır. Yeni küme merkezleri ise m_1=(1.25,1.5) ve m_2 =(3.9,5.1) olmuştur.

Çizelge 5. 6 K-ortalamalar algoritmasında değişkenlerin yeni küme merkezine uzaklığın belirlenmesi örneği

Birimler	1.Küme merkezine uzaklık	2.Küme merkezine uzaklık
1	1.57	5.38
2	0.47	4.28
3	2.04	1.78
4	5.64	1.84
5	3.15	0.73
6	3.78	0.54
7	2.74	1.08

Tekrar algoritma tekrarlanmıştır, birimlerin kümelere atanmasında herhangi bir değişiklik olmamıştır ve algoritma bu adımda sonlandırılmıştır. Sonuç olarak ise, 1.ve 2. birimler 1.kümeye atanmıştır, 3.,4., 5., 6. ve 7. birimler ise 2.kümeye atanmıştır.

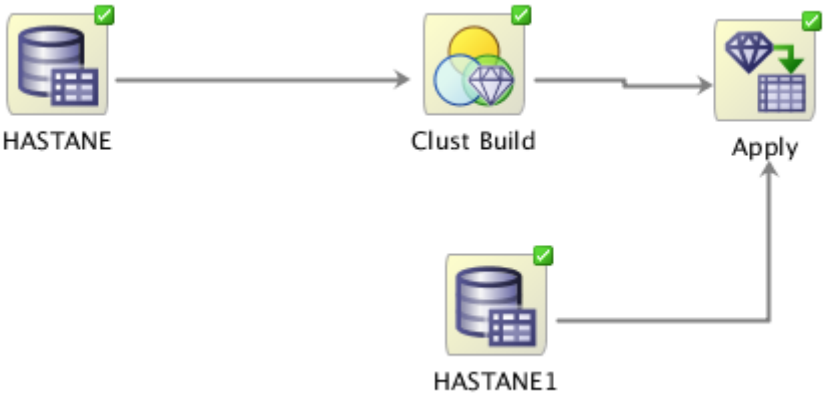
Algoritma ile ilgili parametrelerin seçildiği ekran Şekil 5.3'de gösterilmiştir. K-ortalamalar algoritmasında, başlangıç adımı olarak kullanıcı, k küme sayısını 5 olarak belirlemiştir. Growth factor değeri, programda varsayılan değer olarak 2 değerini almaktadır. Bu değer, program çalışırken verileri bellekte tutmak için kullanılan faktör değeridir. Convergence tolerance ise algoritmanın durdurma limitidir başka bir deyişle algoritmanın ne zaman duracağını belirleyen değerdir. Programın varsayılan değeri 0.01'dir, eğer 0.01 değeri küçülürse algoritmanın hesaplama süresi artar. Uzaklık fonksiyonu olarak literatürde en çok kullanılan Öklid uzaklık fonksiyonu seçilmiştir ve algoritmanın programın varsayılan değeri olan 30 iterasyonda çözülmesi istenmiştir. Min percent attribute rule support değerinin 0.1 olması, programda belirtilen kuralların tüm verinin minimum % 10'nun da geçtiği anlamına gelmektedir.Algoritmanın parametre değelerinin gösterildiği ekran Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 3 Algoritma parametrelerinin belirlendiği ekran

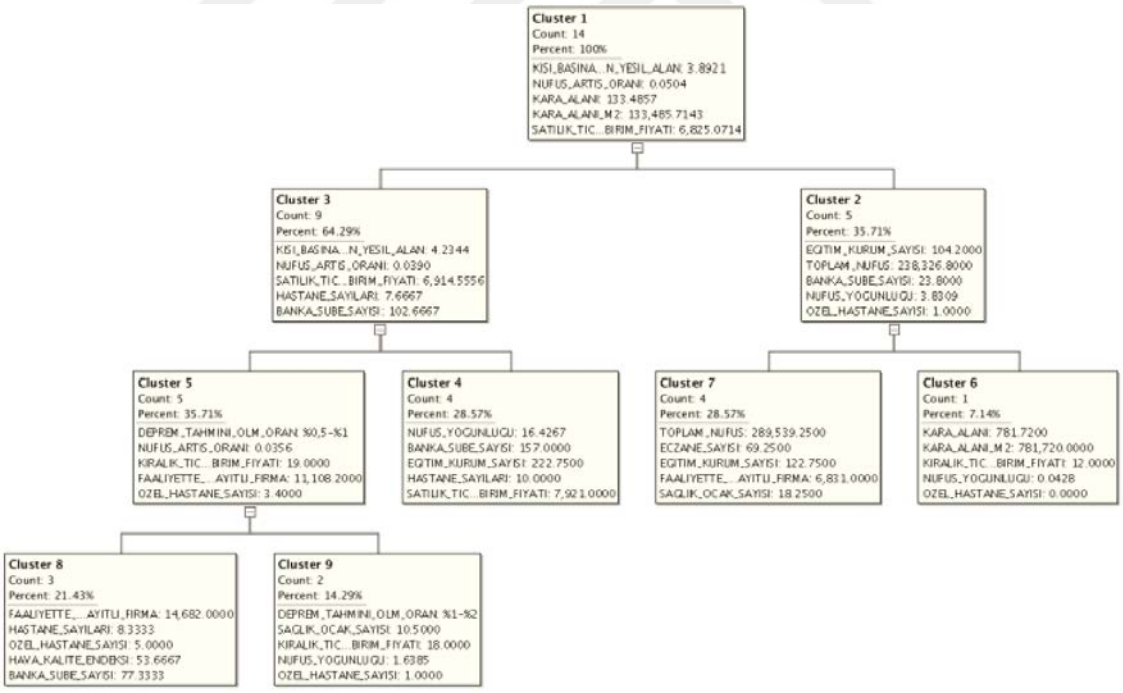
Algoritmayı oluşturma aşamasında ise, kriterleri ve değerleri tanımladıktan sonra "hastane" adlı excel dosyası girdi olarak Oracle Data Miner programın içine entegre edilmiştir. Süreç akışı ise şu şekilde ilerliyor;

1. Algoritma(Clust Build) ve girdi dosyası birbirine doğrusal olarak bağlanıyor.
2. Sonrasında programın modelinde (clust build) oluşan algoritma kodları ile girdi dosyamız apply'da birleşerek modelin sonucu üretiliyor. Girdi dosyamız Ek-1'de gösterilmiştir. Modelin şematik gösterimi ise Şekil 5. 4'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 4 Algoritmanın kuruluş modeli

Model sonucunda 5 adet küme üretiliyor. Modelin yapısı Şekil 5.5'de gösterilmiştir.

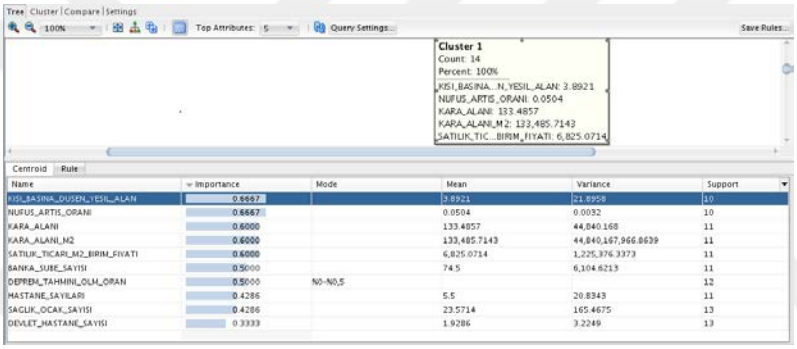


Şekil 5. 5 Model sonucunda 14 ilçe için üretilen kümeler

Tüm populasyon için geçerli olan kriterler ve bu kriterler için hesaplanan kurallar Şekil 5. 6'da gösterilmiştir. Tüm populasyonda 14 ilçe bulunmaktadır. Tüm populasyonda 3.89 ortalama ile 0.6667 önem derecesi ile 1.sırada yer alan kriter kişi başına düşen

yeşil alandır. Diğer yandan devlet hastanesi sayısı kriteri 1.92 ortalama ile 0.3333 önem derecesiyle en son sıradaki kriter olmuştur. Planlanan hastane yeri için de, hastaların oksijen alma açısından yeşil alan kriteri oldukça önemli bir değişkendir.

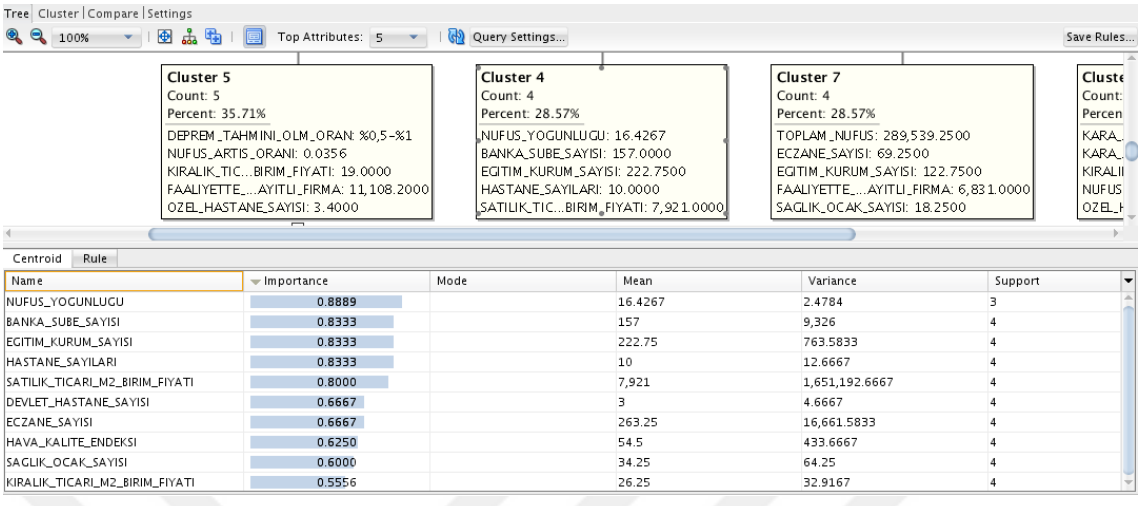
4.kümenin yapısı aşağıdaki şekildeki gibidir. Bu kümeye ait 4 ilçe bulunmaktadır. Kurallar her bir küme için program tarafından belirleniyor. Belirlenen kuralları kapsayan değişkenler, önem derecesine göre büyükten küçüğe doğru sıralanıyor. 4.küme için programın belirlediği kurallar aşağıda gösterilmiştir. Kurallarda belirtilen şartlı tanımlarda yer alan, minimum ve maksimum değerler normalize edilen değerlerdir. Bir başka deyişle normalize edilen veri, tüm verinin %5'in altındaysa, minimum değer %5 değerine normalize ediliyor. Maksimum değer ise, tüm verinin %95'in üstündeyse %95 değerine getirerek normalize ediyor.



Şekil 5. 6 Model sonucu üretilen 1.küme

4.kümenin yapısı Şekil 5. 7'de ve bu küme için kullanılan kriterler de Şekil 5. 8'de gösterilmiştir. 4. küme için 16.4267 ortalama ile nüfus yoğunluğu 0.8889 önem derecesi ile 1.sırada yer alan kriter olmuştur. Bu kümeye giren ilçelerin nüfus yoğunluğu diğer kümedeki ilçelere göre daha fazladır. Nüfus yoğunluğunu takiben, banka şube sayısı, eğitim kurum sayısı ve o bölgedeki diğer özel ve devlet hastanesi sayıları toplamı önemli kriterlerdir. Bu kriterlerin önem derecesinin yüksek çıkması, bu kümeye giren ilçelerin şehir merkezine yakın ilçeler olduğunu ve yerleşim açısından merkezi bir alana sahip olduğu varsayımı çıkartılmaktadır. Nüfus olarak kalabalık olan bir bölgenin sağlık talebi de nispeten daha yüksek olacaktır. Bunun yanı sıra; hastane sayıları ise 0.8333 önem derecesi ve 10 ortalama ile önemli bir kriterdir. Hastane sayılarının da yüksek olması, planlanan hastane yeri için rekabetçi bir durum oluşturucaktır. Eğitim kurum sayısı değişkenine dahil olan okullar hem özel hem de devlet anaokulu, ilkokul, ortaokul ve liselerin toplamıdır. Eğitim kurum sayısının

ortalaması 222.75 olması ise potansiyel hasta talebinin de yüksek olabileceği anlamına gelmektedir.

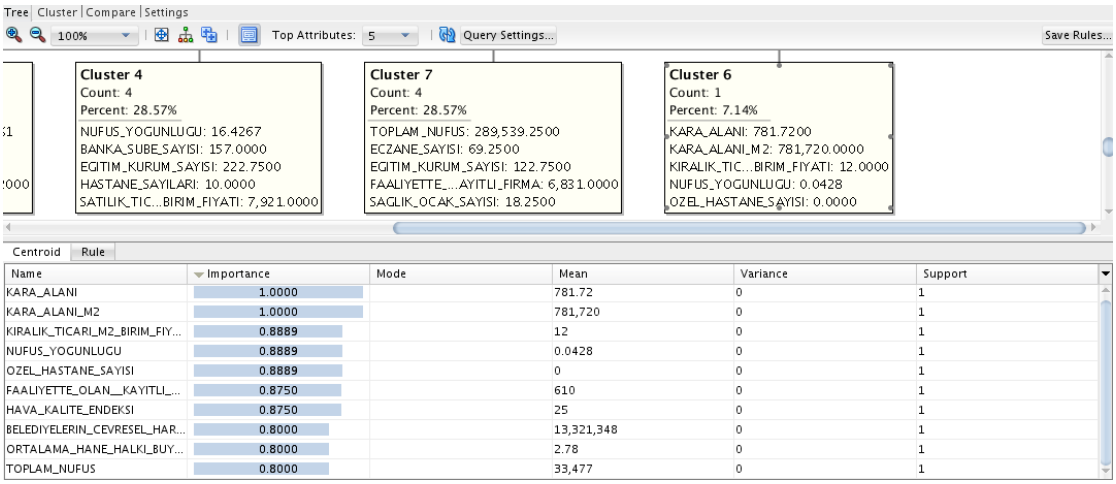


Şekil 5. 7 Model sonucu üretilen 4.küme

If 14.86560761 <= NUFUS_YOGUNLUGU <= 16.71845546
And 64.2 <= BANKA_SUBE_SAYISI <= 297
And 186.2 <= EGITIM_KURUM_SAYISI <= 260
And 7 <= HASTANE_SAYILARI <= 14
And 6,477.6 <= SATILIK_TICARI_M2_BIRIM_FIYATI <= 9,594
And 0.6 <= DEVLET_HASTANE_SAYISI <= 6
And 141.9 <= ECZANE_SAYISI <= 452
And 36.6 <= HAVA_KALITE_ENDEKSI <= 83

Şekil 5. 8 4.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler

6. kümenin yapısı Şekil 5. 9 ve bu küme için kullanılan kriterler de Şekil 5. 10'da gösterilmiştir. Bu kümeye ait 1 ilçe vardır. Bu küme için kullanılan kriterlerde Bu küme için 1. Sırada yer alan kriter kara alanıdır. Kara alanı büyük ve kiralık ticari alan m^2 birim fiyatı da yüksek olduğu için. bu kümeden seçilecek bir ilçeye hastane kurulursa. kiralamak yerine kara alanı da büyük olduğu için. satın alınarak ikinci bir şube açılabilinir. Hava kalite endeksinin. ortalama değerinin de 25 çıkması bu bölgenin hava kalitesinin memnun edici olduğunu ve hava kirliliğinin risk teşkil etmediği anlamına gelmektedir. Planlanan hastane yeri için de. bölgenin havasının temiz olması önemli bir parametredir. Toplam nüfusun bu bölge de az olması sebebiyle sağlık talebi nispeten diğer kümelere göre daha düşük olabilir.



Şekil 5. 9 Model sonucu üretilen 6.küme

If 704.653 <= KARA_ALANI <= 781.72

And 704,653 <= KARA_ALANI_M2 <= 781,720

And 12 <= KIRALIK_TICARI_M2_BIRIM_FIYATI <= 13.9

And 0.0428248 <= NUFUS_YOGUNLUGU <= 1.89567265

And 0 <= OZEL_HASTANE_SAYISI <= 0.9

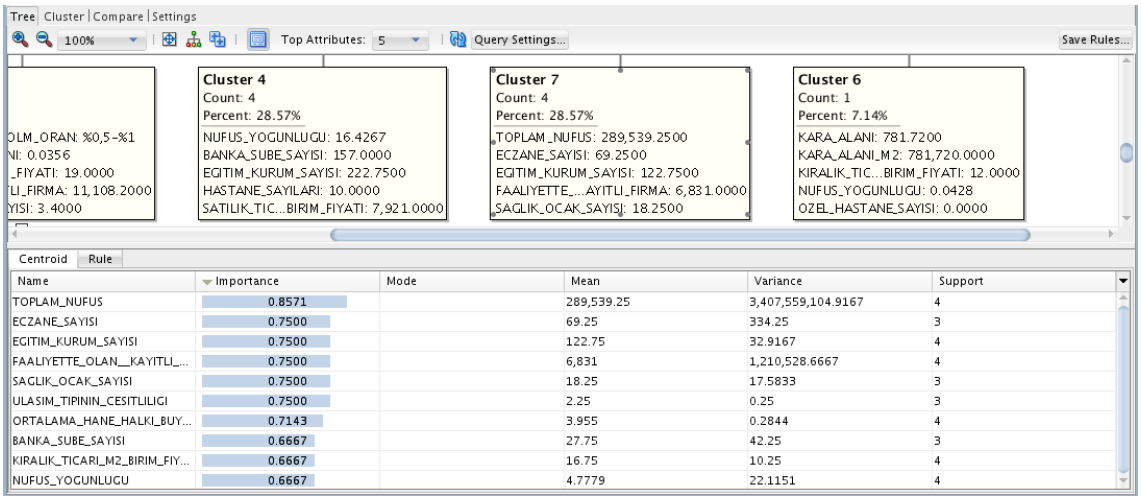
And 436 <= FAALIYETTE_OLAN__KAYITLI_FIRMA <= 3,709

And 25 <= HAVA_KALITE_ENDEKSI <= 30.8

And 12,994,416.5 <= BELEDIYELERIN_CEVRESEL_HARCAMA <= 16,625,505

Şekil 5. 10 6.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler

7.kümenin yapısı Şekil 5. 11'de ve bu küme için kullanılan kriterler de Şekil 5. 12'de gösterilmiştir. Bu kümeye giren toplam 4 ilçe bulunmaktadır. Bu küme içinde toplam nüfus ve eczane sayısı önemli iki kriterdir. Bu kümede yer alan ilçeleri, kalabalık nüfuslu, ticari faaliyeti olan firma sayısının ortalaması da 6831'dir. Bu iki kriter değerinin yüksek olması sağlık talebi yüksek olan bir bölge olduğu anlamına gelebilir. Ortalama faaliyetle olan kayıtlı firma sayısının da yüksek çıkması, kurumsal müşteri potansiyelinin de yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Diğer yandan eczane sayısının çok olması hali hazırda bu bölgelerde hastane sayısının da fazla olduğunu göstermektedir. Bu durum, hastane kurulabilirlik açısından rekabetçi bir durum oluşturucaktır.

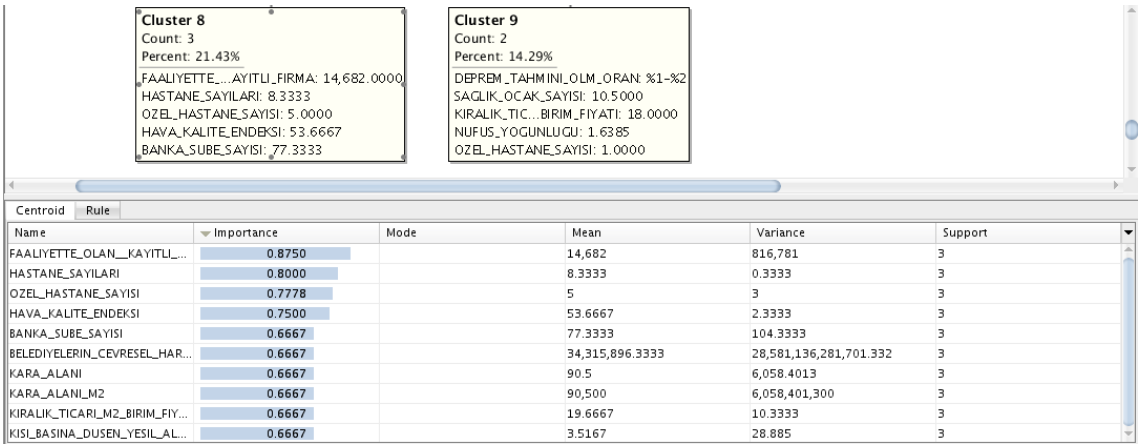


Şekil 5. 11 Model sonucu üretilen 7.küme

```
If   217,188.2 <= TOPLAM_NUFUS <= 419,113.4
And  53.3 <= ECZANE_SAYISI <= 97.6
And  112.4 <= EGITIM_KURUM_SAYISI <= 137
And  3,709 <= FAALIYETTE_OLAN__KAYITLI_FIRMA <= 10,255
And  18 <= SAGLIK_OCAK_SAYISI <= 22
And  1.9 <= ULASIM_TIPININ_CESITLILIGI <= 2.2
And  3.428 <= ORTALAMA_HANE_HALKI_BUYUKLUGU <= 4.67
And  6 <= BANKA_SUBE_SAYISI <= 35.1
```

Şekil 5. 12 7.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler

8.kümenin modeli Şekil 5. 13'de ve bu küme için kullanılan kriterler de Şekil 5. 14'de gösterilmiştir. Bu kümeye ait 3 ilçe bulunmaktadır. Kümeyi incelediğimizde, faaliyette olan kayıtlı firma sayısı yüksektir. Aynı zamanda hastane sayılarının da fazla olması bu bölgenin sağlık ihtiyacının yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer kümelerle kıyaslandığında faal kayıtlı firma sayısının bu kümede yüksek olması, hastane açısından kurumsal müşterileri kazanma yönünde avantajcı bir tercih olabilir. Diğer yandan kişi başına düşen yeşil alan miktarının ortalaması düşük çıkmıştır. Aynı zamanda hava kalite endeks değerinin ortalaması da 53.6 çıkmıştır, bu değerin anlamı ise sağlık endişe seviyesinin bu küme için orta düzeyde olduğudur. Diğer bir deyişle, hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir anlamına gelmektedir.



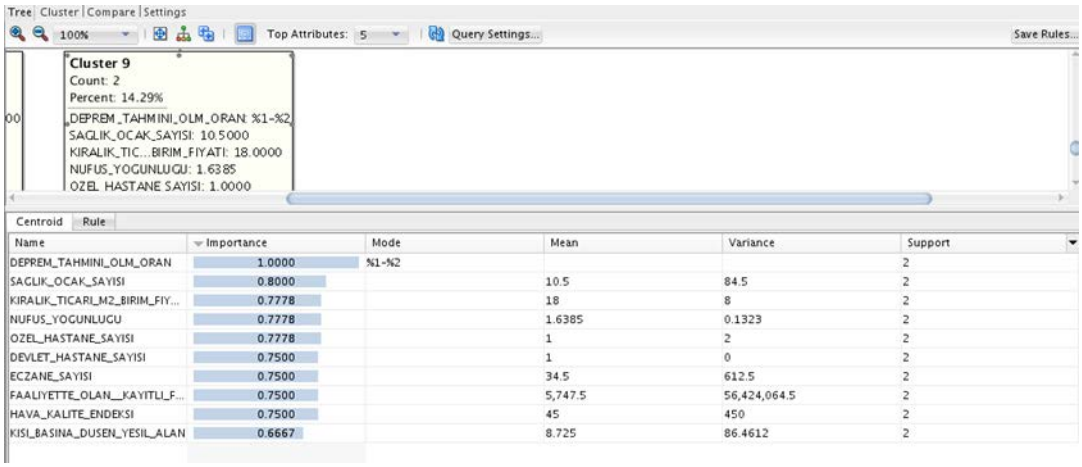
Name	Importance	Mode	Mean	Variance	Support
FAALIYETTE_OLAN__KAYITLI_...	0.8750		14,682	816,781	3
HASTANE_SAYILARI	0.8000		8.3333	0.3333	3
OZEL_HASTANE_SAYISI	0.7778		5	3	3
HAVA_KALITE_ENDEKSI	0.7500		53.6667	2.3333	3
BANKA_SUBE_SAYISI	0.6667		77.3333	104.3333	3
BELEDIYELERIN_CEVRESEL_HAR...	0.6667		34,315,896.3333	28,581,136,281,701.332	3
KARA_ALANI	0.6667		90.5	6,058.4013	3
KARA_ALANI_M2	0.6667		90,500	6,058,401,300	3
KIRALIK_TICARI_M2_BIRIM_FIY...	0.6667		19.6667	10.3333	3
KISI_BASINA_DUSEN_YESIL_AL...	0.6667		3.5167	28.885	3

Şekil 5. 13 Model sonucu üretilen 8.küme

If 13,528 <= FAALIYETTE_OLAN__KAYITLI_FIRMA <= 16,801
And 7 <= HASTANE_SAYILARI <= 9.8
And 3.6 <= OZEL_HASTANE_SAYISI <= 7.2
And 48.2 <= HAVA_KALITE_ENDEKSI <= 59.8
And 64.2 <= BANKA_SUBE_SAYISI <= 93.3
And 27,518,770.5 <= BELEDIYELERIN_CEVRESEL_HARCAMA <= 42,043,124.5
And 11.05 <= KARA_ALANI <= 242.251
And 11,050 <= KARA_ALANI_M2 <= 242,251

Şekil 5. 14 8.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler

9.kümenin modeli Şekil 5.15'de ve kullanılan kriterler ise Şekil 5. 16'da gösterilmiştir. Bu kümede iki ilçe yer almaktadır. Bu kümeyi ele aldığımızda olası bir deprem riskinde tahmini ölüm oranı yüksektir. Sağlık ocağı ve nüfus yoğunluğu yüksek olan bir bölgedir. Ticari alanın kiralık birim fiyatının yüksek olması sebebi ile, hastane kurulması karar verilirse bina satın alınması daha makul bir seçenek olacaktır.



Name	Importance	Mode	Mean	Variance	Support
DEPREM_TAHMINI_OLM_ORAN	1.0000	%1-%2			2
SAGLIK_OCAK_SAYISI	0.8000		10.5	84.5	2
KIRALIK_TICARI_M2_BIRIM_FIY...	0.7778		18	8	2
NUFUS_YOGUNLUGU	0.7778		1.6385	0.1323	2
OZEL_HASTANE_SAYISI	0.7778		1	2	2
DEVLET_HASTANE_SAYISI	0.7500		1	0	2
ECZANE_SAYISI	0.7500		34.5	612.5	2
FAALIYETTE_OLAN__KAYITLI_F...	0.7500		5,747.5	56,424,064.5	2
HAVA_KALITE_ENDEKSI	0.7500		45	450	2
KISI_BASINA_DUSEN_YESIL_ALAN	0.6667		8.725	86.4612	2

Şekil 5. 15 Model sonucu üretilen 9.küme

```
If   DEPREM_TAHMINI_OLM_ORAN In ("%5-%10", "%1-%2")
And  2 <= SAGLIK_OCAK_SAYISI <= 18
And  15.8 <= KIRALIK_TICARI_M2_BIRIM_FIYATI <= 21.5
And  0.0428248 <= NUFUS_YOGUNLUGU <= 3.7485205
And  0 <= OZEL_HASTANE_SAYISI <= 2.7
And  0.6 <= DEVLET_HASTANE_SAYISI <= 1.2
And  9 <= ECZANE_SAYISI <= 53.3
And  436 <= FAALIYETTE_OLAN__KAYITLI_FIRMA <= 13,528
```

Şekil 5. 16 9.kümenin hesaplanmasında kullanılan kriterler

Modelin sonunda hangi ilçelerin hangi kümeye ait oldukları aşağıdaki tabloda belirlenmiştir.

	_SAYISI	EGITIM_KURUM_SAYISI	FAALIYETTE_OLAN__KAYITLI_FIRMA	HASTANE_SAYILARI	HAVA_KALITE_ENDEKSI	ILCE	CLUS_KM_1_25_CLID	ILCEID	KARA_ALANI	K
1	452	223	33,166	12	57	Kadıköy	4	5	25.09	
2	163	194	21,330	7	40	Ataşehir	4	2	25.2	
3	233	260	15,927	14	38	Üsküdar	4	14	35.33	
4	205	214	24,907	7	83	Ümraniye	4	13	45.31	
5	9	30	610	1	25	Şile	6	11	781.72	
6	60	120	7,896	2	35	Sancaktepe	7	9	62.42	
7	49	127	6,765	0	45	Çekmeköy	7	4	148.09	
8	90	128	7,330	2	25	Beykoz	7	3	310.36	
9	78	116	5,333	3	29	Sultanbeyli	7	10	29.1	
10	193	215	15,721	9	52	Pendik	8	8	179.99	
11	149	162	14,247	8	54	Kartal	8	6	38.54	
12	214	176	14,078	8	55	Maltepe	8	7	52.97	
13	17	14	436	1	30	Adalar	9	1	11.05	
14	52	117	11,059	3	60	Tuzla	9	12	123.63	

Şekil 5. 17 Her bir ilçenin ait olduğu kümeler

Çizelge 5. 7 Alternatifler ve ait oldukları kümeler

4.Küme	6.Küme	7.Küme	8.Küme	9.Küme
Kadıköy Ataşehir Üsküdar Ümraniye	Şile	Sancaktepe Çekmeköy Beykoz Sultanbeyli	Pendik Kartal Maltepe	Adalar Tuzla

Modelimizin sonunda bulanık topsis ve bulanık vikor yöntemlerinde kullanılmak üzere iki grup alternatif set oluşturulması amaçlanmıştır. Birinci grup alternatif set, her bir kümeden birer alternatif seçerek oluşturulması hedeflenmiştir. Her bir kümeden bir ilçe seçerken, dikkat edilen nokta ise o ilçenin o kümeye ait olma olasılığıdır. İlçe seçimi yapılırken, o kümeye ait olma olasılığı en yüksek olan (o kümeyi en iyi temsil eden) ilçe seçilmiştir. 4.küme de en yüksek olasılığa sahip olan ilçe Kadıköy, 6.kümede Şile, 7.kümede Sultanbeyli, 8.kümede Pendik ve 9. kümede ise Adalar ilçeleridir. En yüksek olasılığa sahip olan ilçeler her bir kümeden seçilerek Şekil 5. 19'deki 1.grup alternatif set oluşturulmuştur. İkinci grup alternatif set için ise, oluşan 5 küme arasından, karar verici grup tarafından hitap ettikleri hedef kitleye daha uygun olduğunu düşündükleri ve kendi tecrübelerine dayanarak belirledikleri en iyi küme 4.küme olmuştur. 2. Alternatif set ise 4.küme de yer alan Kadıköy,Ataşehir Üsküdar ve Ümraniye ilçeleridir.

ILCE	CLUS_KM_1_25_CLID	CLUS_KM_1_25_PROB
Kadıköy	4	0.9999988735668486
Ataşehir	4	0.9922470747532418
Üsküdar	4	0.9999742840600647
Ümraniye	4	0.9983156803868798
Şile	6	0.9999999999999997
Sancaktepe	7	0.9994943379448782
Çekmeköy	7	0.9977050956579144
Beykoz	7	0.9997551155638215
Sultanbeyli	7	0.9999037186894882
Pendik	8	0.999969174546026
Kartal	8	0.9999360726203124
Maltepe	8	0.9999232988288218
Adalar	9	0.9999882875577576
Tuzla	9	0.9879795144463129

Şekil 5. 18 Her bir ilçenin ait olduğu kümeye uzaklıkları

4.Küme	6.Küme	7.Küme	8.Küme	9.Küme
Kadıköy	Şile	Sultanbeyli	Pendik	Adalar

Şekil 5. 19 Her bir kümeden seçilen en iyi alternatif setleri

Kümeleme analizinde amaç; hem küme içi benzerliğin hem de kümeler arası uzaklığın maksimum olmasıdır. Bu analizde ilçelerin kümelere uzaklıkları Şekil 5. 20'de gösterilmiştir.

ILCE	CLUS_KM_1_25_CLID	CLUS_KM_1_25_PROB	CLUS_4_distance	CLUS_6_DISTANCE	CLUS_7_DISTANCE	CLUS_8_DISTANCE	CLUS_9_DISTANCE
Adalar	9	0.9999882875577576	30.4230852196...	54.56303452572...	15.02330679944...	23.95301835221...	3.668327077745...
Ataşehir	4	0.9922470747532418	2.11579941298...	57.17567170236...	7.003645243705...	10.32425589593...	14.67295304600...
Beykoz	7	0.9997551155638215	16.9552009439...	22.12351445204...	3.872292843721...	15.75473695622...	12.22421986607...
Çekmeköy	7	0.9977050956579144	15.7288512273...	33.70772560095...	0.995838404142...	15.66721101640...	7.070963464419...
Kadıköy	4	0.9999988735668486	3.11343143842...	79.22288398381...	24.48869961706...	16.81034747541...	32.80652864930...
Kartal	8	0.9999360726203124	10.7875616246...	63.44742278245...	13.98962154464...	1.079728498106...	15.32190902485...
Maltepe	8	0.9999232988288218	10.0764851759...	61.08573827870...	13.71674119514...	0.564260401784...	14.57330966216...
Pendik	8	0.999969174546026	13.0057973619...	52.13566196245...	14.68369637289...	2.438683111891...	17.56965016812...
Sancaktepe	7	0.9994943379448782	11.3048591245...	43.85508911630...	0.886749440589...	12.63237256558...	8.553561757275...
Sultanbeyli	7	0.9999037186894882	14.1132094065...	51.92888240172...	3.060475157554...	15.83755144233...	12.52413454439...
Şile	6	0.9999999999999997	64.7641722594...	1.498801083243...	35.69996393125...	57.52871700394...	45.43059861171...
Tuzla	9	0.9879795144463129	18.2297209787...	43.63481685318...	8.092109249126...	12.30510036551...	3.668327077745...
Ümraniye	4	0.9983156803868798	3.37647742865...	61.69574639686...	10.31615088787...	10.61492827137...	19.07814354190...
Üsküdar	4	0.9999742840600647	3.34888151629...	72.91697675092...	19.43285890411...	13.92128768798...	28.02926864494...

Şekil 5. 20 İlçelerin her bir kümeye olan uzaklıkları

Örnek olarak; 8.kümeye ait 3 ilçe var. Bu ilçeler; Kartal, Maltepe ve Pendiktir. Şekil 5. 20'de gösterilen değerler, her bir ilçenin bir kümeye olan uzaklığını gösteriyor. Kartal ilçesi 4. Kümeye olan uzaklığı 10.787, 6.kümeye uzaklığı 63.447, 7.kümeye 13.989,

9.kümeye 15.321’dir. Aynı kümeye ait olan diğer bir ilçe Maltepenin 4.kümeye uzaklığı 10.076, 6.kümeye uzaklığı 61.0857, 7.kümeye uzaklığı 13.716, 9.kümeye uzaklığı 14.573’dür. Pendik ilçesinin 4.kümeye uzaklığı 13.005, 6.kümeye uzaklığı 52.135, 7.kümeye uzaklığı 14.683, 9.kümeye uzaklığı ise 17.569’dur. Değerler incelendiğinde, her 3 ilçenin maksimum uzaklığa sahip olduğu küme 6. Kümedir. Bu noktadan yola çıkarılarak elde edilen yorum ise, 8.kümenin 6. Kümeye olan uzaklığı diğer kümelere olan uzaklıklara göre fazla olmasıdır. Diğer yandan, her 3 ilçenin minimum uzaklığa sahip olduğu küme 4. Kümedir. Diğer bir deyişle, 8. Küme ile 4. Küme uzaklık olarak diğer kümelere göre daha yakındır.

BÖLÜM 6

UYGULAMA

6.1 Literatür Araştırması

2004 yılında Olson'nın yazdığı makalede, birkaç topsis uygulamalarını farklı ağırlık şemaları ve farklı mesafe ölçümlerini kullanarak incelemiştir. Uygulanan farklı set ağırlıkları ile daha önce birden fazla kriter setinin kullanıldığı ağırlıkların sonuçları karşılaştırılmıştır. TOPSIS uygulamasının daha doğru olduğu tespit edilemedi, ama doğruluğa oldukça yakındı [44]. 2006'da Wang ve Elhag'ın yaptıkları çalışmada, alfa seviyesinde setlere dayalı bir bulanık Topsis yöntemini önerir ve doğrusal olmayan programlama (NLP) çözüm prosedürü sunar. Bulanık TOPSIS ile bulanık ağırlıklı ortalama yöntemi arasındaki ilişki tartışılmıştır. Bu makale de üç sayısal örneğe yer verilmiştir. Bu örnekler önerilen bulanık TOPSIS yöntemiyle çözülmüştür. Sonuçlara göre önerilen bulanık TOPSIS yöntemi, diğer bulanık TOPSIS yöntemlerine göre daha iyi sonuç vermiştir [45]. 2009 yılında yapılan bir çalışmada Türkiyede ki büyük konteyner limanı için rekabetçilik ihtiyacını garantiye alarak bulanık aksiyom dizayn ve bulanık TOPSIS tekniklerinden yararlanarak, tamamlanmamış bilgilerle stratejik karar vermeyi yönetmek için hibrit bir yaklaşım önerilmiştir. Kantitatif modelin çıktıları, SWOT analizi için girdi olarak yararlanılmıştır [46]. 2009 yılında yapılan bir çalışmada, savunma sanayideki en önemli stratejik kararlar arasında yer alan silah seçim problemi ele alınmıştır. Bu çalışmada AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Bulanık sayı olarak üçgen bulanık sayı kullanılmıştır. AHP yöntemi, silah seçim probleminin yapısını analiz edilmesinde ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi ise, final sıralamasının elde edilmesinde kullanılmıştır [47]. Türkiye'deki bankaların bulanık performans değerlendirilmesi çalışmasında AHP ve TOPSIS

yöntemleri entegreli bir şekilde kullanılarak bir model önerilmiştir. Bu model, bankaların finansal ve finansal olmayan göstergeleri tarafından değerlendirilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu ağırlıklandırmalar TOPSIS yöntemi için bir girdi oluşturmuş ve alternatiflerin sıralanmasında TOPSIS yöntemi kullanılmıştır [48]. 2013 yılında yapılan bir çalışmada, e-devlet hızlılığının değerlendirilmesinde hibrit bir bulanık model önerilmiştir. Vatandaş ilişkileri yönetimi perspektifinden toplumun bir uçtan bir uca e-devlet hızlılığının değerlendirilmesi için ANP ve TOPSIS yöntemleri entegreli bir şekilde kullanılmıştır [49]. 2013 yılında Bas'ın yaptığı bir çalışmada, elektrik tedarik zincirinin analizi için SWOT-bulanık TOPSIS yöntemiyle AHP yöntemi entegre edilerek bir model önerilmiştir. Bu çalışma iki bölüme ayrılmıştır. İlk bölüm entegre edilmiş yapı, kalitatif ve kantitatif yönden sunulmuştur. Kalitatif yapıda, genel yapı ve ileriye dönük planlar elektirik tedarik zinciri için geliştirilmiştir. Kantitatif SWOT yapıda ise, önerilen kalitatif yapıdaki elementleri esas alarak stratejik plan için formulasyon kullanılmıştır. Kalitatif SWOT analizi aksiyon planını formülize etmek için yetersiz kaldığı için, SWOT-bulanık TOPSIS yöntemi AHP yöntemi ile birleştirilmiştir. Bu çalışmanın ikinci bölümünde ise Türkiyede ki elektrik tedarik zincirinin önerilen modelle yapılan uygulaması anlatılmıştır [50].

Vikor yöntemi ilk olarak 2004'te Opricovic ve Tzeng'in yaptığı çalışma ile literatüre girmiştir [7]. Opricovic, 2009 yılında yapmış olduğu çalışmasında, vikor yöntemini su kaynakları planlamasında kullanmıştır. Karar verme problemi, vikor yöntemi ile modellenmiş ve uzlaşık çözüme ulaşılmıştır [51]. Ertuğrul ve Karakaşoğlu, yapmış oldukları çalışmada, Ege bölgesindeki banka şubelerinin performansını ölçmek amacıyla on adet kriter belirlemiş ve vikor yöntemiyle performans ölçümü yapmışlardır [31]. Sanayei vd., yapmış oldukları çalışmada bulanık ortamdaki tedarikçi seçim problemi için vikor yöntemini kullanmışlardır [52]. Mulavdic 2005 yılında yapmış olduğu çalışmada, sürdürülebilir gelişim çerçevesinde, konut tipi seçimine ilişkin çalışmasında vikor yöntemini uygulamıştır [53]. 2012 yılında Demirel ve Yücenur'un yapmış oldukları çalışma yabancı yatırımcılar için Türkiye'de almak istedikleri beş sigorta şirketini analiz etmişlerdir. En uygun alternatifi seçmek ve seçilen kriterlere göre en iyi fizibil çözümü belirlemek için genişletilmiş vikor yöntemi kullanılmıştır. Bu metot tutarsız ve eşit olmayan kriterlerle birlikte ÇKKV problemlerini çözmek için geliştirilmiştir. Alternatifler

değerlendirilirken bulanık ortamda ve bulanık setlerle çözülmüştür [54]. 2013 yılında Kim ve Chung yaptıkları araştırmada iklim değişikliği için su tedariğinin hassasiyeti ve değişkenliği Güney Kore'deki illerin şimdi ve gelecekleri için bulanık vikor yaklaşımı ile değerlendirilmiştir. Hassasiyet, duyarlılık fonksiyonu, uyarlanabilen kapasite ve iklime maruz kalma olarak tanımlamıştır [55]. 2012 yılında yapılan bir çalışmada, endüstriyel fırın üreten bir firmanın tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi problemi ele alınmıştır. Uygulamanın çözümünde ise bulanık ahp ile vikor yöntemi bütünleşik bir yapıda kullanılmıştır [56]. 2013 yılında yapılan bir çalışmada, Electre I ile vikor yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Electre I yöntemi kısmi sıralama sağladığı için vikoryöntemi ile birlikte problem çözülmüştür. Genişletilmiş electre I yöntemi vikor yöntemini esas alarak kriter setlerine karşı karar vericilere alternatif setlerini sunmuştur [57].

Topsis ve vikor yöntemlerinin karşılaştırılmalı analizinin yapıldığı bu çalışmada yazarlar, her iki yöntemin benzer ve farklı yönlerini ortaya koymuşlar. Vikor ve topsis referans noktasına yakınlığı temsilen toplam fonksiyonunu temel alır. Vikor yöntemi alternatif sıralama da ideal çözüme yakınlığı temel alırken, topsis yöntemi ideal çözüme en kısa mesafeyi ve negatif ideal çözüme en uzak mesafeyi temel alır. Bu iki ÇKKV yöntemleri kriter fonksiyonlarının birimini ortadan kaldırmak için farklı normalizasyon çeşidi kullanır. Vikor yöntemi lineer normalizasyonu kullanırken Topsis yöntemi vektör normalizasyonunu kullanır. VIKOR metodunun karar vericilerin fikirlerini daha iyi yansıtabildiğini belirtmişlerdir [7]. Tzeng, Lin ve Opricovic'in 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada toplu taşımada kullanılacak alternatif yakıtların değerlendirmesi konusunu ele almışlar. VIKOR ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Araştırmacılar değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında ise AHP yöntemine başvurmuşlardır [8]. Opricovic ve Tzeng'in 2007 yılında yapmış olduğu çalışmada genişletilmiş vikor yöntemini; topsis, promethee ve electre yöntemleriyle karşılaştırmışlardır. Baraj tipi seçimi ile ilgili uygulama yapan araştırmacılar, promethee yöntemiyle vikor yönteminin sonuçlar açısından benzer değerler verdiğini ifade etmişler. Her iki yönteminde maksimum grup faydasını kullandığını ancak VIKOR yönteminin minimum pişmanlığı da dikkate aldığını belirtmişlerdir. ELECTRE II yönteminin göreceli olarak VIKOR yöntemiyle benzer sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir [58]. Wu, Tzeng ve Chen'in 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada banka

performans değerlendirmesinde bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımını uygulamışlardır. Seçilen değerlendirme indekslerinin göreceli ağırlıkları bulanık AHP tarafından hesaplanmıştır ve ÇKKV analitik araçlarının üçüyle SAW, TOPSIS, VIKOR sırasıyla bankacılık performans sıralamasında kabul edilmiştir [59]. Zıngıl'ın 2009 yılında yapmış olduğu çalışma, bir özel hastanenin tedarikçi seçim probleminin bulanık vikor ve bulanık topsis ile çözülüp sonuçlar karşılaştırılarak irdelenmiştir. Bu çalışmada sözel değişkenler yamuk bulanık sayılar ile gösterilmekte ve karar matrisi oluşturulmuştur [5]. Zhang ve Wei'nin 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada ÇKKV problemlerini kararsız bulanık bilgi setleriyle birlikte çözmek için E-VIKOR ve TOPSIS yöntemlerini geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada öncelikle kararsız bulanık bilgi setleri, uyumlu olan kavram ile tanımlanmıştır. Problem üzerindeki birden fazla karar sembol işareti tanımlanmıştır. Son olarak sayısal bir örnek ile E-VIKOR methodu ile TOPSIS metotlarının sonuçları karşılaştırılmıştır [9].

1995 yılında İsrail'de yapılan bir çalışmada AHP yöntemini kullanarak hastane yer seçim problemi ele alınmıştır. Bu çalışma İsrail'in bir bölgesi olan Negev'deki bir hastanede yapılmıştır. Problem öncelikle 2 seçimle ele alınmıştır. Artan nüfus ile birlikte var olan hastaneyi genişletmek mi yoksa yeni ek bir bina da hizmet vermek mi sorularına cevap aranmıştır. Kararların sonucunda yeni bir hastane için yer seçim çalışmaları başlamıştır. Alternatif yerlerle ilgili analizler yapılmıştır. Subjektif ÇKKV yöntemi olan AHP yönteminde alternatifler değerlendirilmiştir [1]. 2007'de Wu, Lin ve Chen'in yapmış oldukları çalışmada AHP ve duyarlılık analizlerini kullanarak rekabetçi bir avantaj sağlamak için, Tayvandaki optimal hastane yer seçimini konu almıştır. Bu çalışmada duyarlılık analizini çeşitli objektif faktör karar ağırlıklarının, subjektif faktörlerin önceliği ve faktörleri elde etmede kullanılmıştır. Bu çalışma aynı zamanda, değiştirilmiş Delphi yöntemini, AHP ve duyarlılık analizini optimal hastane yer seçimi değerlendirme yöntemini geliştirmek için ve verimliliği belirlemek için benimsemiştir [2]. 2007'de Önüt, Tuzkaya ve Kemer'in yapmış oldukları çalışmada, İstanbul ilinde yapılması düşünülen hastane yatırımlarına örnek olması amacıyla, AHP yöntemi ile Çatalca, Sarıyer ve Zeytinburnu ilçeleri hastane kurulabilirlik açısından karşılaştırılmıştır [3]. 2009'da yapılan bir çalışmada minimum maliyet, kirlilik ve zamanla hedef kitleye sağlık hizmeti verebilmek için optimum hastane yer seçimi problemi bulanık AHP yöntemi

kullanılarak ele alınmıştır. Çevre yöneticileri, genellikle birden çok çelişen kriterlerle ve komplike kararlarla -hastane yer seçimi gibi- yüzyüze geliyorlar. Bu çalışmada, ÇKKV süreci geliştirilmiş. Coğrafi bilgi sistemi (GIS) ile bulanık AHP birleştirilmiş ve Tahran'nın kentsel bir alanında optimum yer tespiti için kullanılmıştır. Bulanık AHP karar faktörlerini ve bu faktörlerin alternatiflere olan etkisini değerlendirirken, GIS yönetim kriterlerinin sınıflandırılmasında ve hesaplanmasında kullanılmıştır [60]. 2009'da yapılan çalışmada, Ankara'da kurulması planlanan yeni bir hastane için yer seçimi uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen kriterlere göre Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile modellenmiş ve önerilerde bulunulmuştur [61]. 2011'de yapılan bir çalışmada güneydoğu anadolu bölgesinde hastane yer seçimi problemi ele alınmıştır. Uzman görüşleri alınarak Diyarbakır, Gaziantep ve Şanlıurfayı alternatif olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada çok kriterli karar verme metotlarından Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) metodu kullanılmıştır. Modele öncelikle klasik AHP metodu uygulanmış, klasik AHP metodunun problem çözmedeki bazı olumsuzluklarının üstesinden gelmek için ikinci adım olarak aynı modele bulanık AHP metodu da uygulanmıştır. Daha sonra her iki metodun uygulanması sonucu elde edilen değerler kıyaslanmış ve yorumlanmıştır. İki metodun uygulanması sonucu elde edilen değerlerden alternatiflerin sıralamalarının değişmediği ancak değerlerinin farklılaştığı görülmüştür [6].

6.2 Hastane Kuruluş Yer Seçimi için Alternatiflerin Belirlenmesi

İstanbulda faaliyet gösteren özel bir hastanenin Anadolu yakasında açmayı düşündüğü ikinci hastanenin kuruluş yer seçimi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümündeki kriterlerin bulanık olması sebebi ile problem bulanık mantık çerçevesinde ele alınmıştır. Çözüm yöntemi olarak da ÇKKV metotlarından bulanık topsis ve bulanık vikor metotları kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Problemin ilk adımında hastanenin kuruluş yer seçimine etki eden kriterler karar verici grup tarafından belirlenerek alternatif set oluşturulmuştur. Bu kriterlerin belirlenmesi ve alternatif seçimi 5.bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

İstanbul Anadolu yakasındaki ilçeler bazında kriterler değerlendirilerek kümeleme analizi yardımı ile alternatif setler oluşturulmuştur. Oluşan setten, en iyi alternatifi belirlemek için önce karar verici grup tarafından ve literatürde yapılan çalışmalardan

faydalanılarak bulanık kriterler elde edilmiştir. Bulanık kriterler çerçevesinde, kümeleme analizi sonucunda elde edilen beş farklı kümeden , her bir kümeye ait olma olasılığı en yüksek olan birer ilçe seçilerek, birinci alternatif set oluşturulmuştur. İkinci alternatif set ise, kümeleme analizi sonucu oluşan ve karar verici grup tarafından seçilen en iyi kümede yer alan seçilmiştir. Her bir kümeden alınan birer ilçe ile en iyi kümeden alınan ilçeler iki farklı alternatif setin oluşmasına neden olmuştur. İki farklı alternatif set ile problemin çözümlenmesinin sebebi ise, karar verici grubun belirlediği ve literatür araştırmaları sonucu ortaya belirlenen kriterler çerçevesinde, her iki durum daha sağlıklı sonuç veren tercihi yapabilmek için problem 2 farklı alternatif set ile ele alınmıştır. Bu kapsamda problem, iki farklı alternatif set ile çözümlenmiş ve yöntem olarak bulanık Topsis ve bulanık Vikor yöntemi kullanılmıştır. İki farklı alternatif grubunda yer alan en iyi alternatif, hastane kuruluş yeri olarak belirlenmiştir.

6.3 Kuruluş Yer Seçim için Kriterlerinin Belirlenmesi

Bu bölümde en iyi alternatif seçimini yapabilmek için, hastane kuruluş yer seçimine etki eden kriterler tanımlanmıştır. Kriterler belirlenirken hem literatürde yer alan çalışmalar dikkate alınmış hem de tecrübeye dayalı karar verici grup tarafından belirlenmiştir. Çalışma da yer alan kriterlerin, tam bir sayısal yada sözel karşılığı olmadığı için, bulanık mantık çerçevesinde ele alınmıştır.

Bulanık kriterler belirlenirken, fayda ve maliyet açısından değerlendirilip , bu çerçeve içinde gruplanmıştır. Bu bağlamda her bir kriterin seçime olumlu yada olumsuz etkisi daha detaylı bir şekilde gözlemlenmektedir. Çizelge 6.1'de her bir kriterin hangi gruba girdiği, açıklaması ve kaynağı belirtilmiştir.

Çizelge 6. 1 Bulanık kriterler

Bulanık Kriterler	Fayda Kriteri	Maliyet Kriteri	Açıklama	Kaynak
Bölgenin ekonomik olarak büyüme ve gelişme hızı	Evet		Bölgesel toplulukların ekonomik, sosyal, kültürel ve çevresel refah düzeylerini o bölgenin yerel , çevresel alanlarını ve insanlarını tam anlamıyla geliştirerek bölgenin büyüme gücünü ifade etmektedir.	(Şimşek K., 2011)
İşgücü potansiyeli	Evet		Çalışma çağındaki nüfusun içinde, çalışan ve iş arayışında olup çalışmaya hazır olan nüfus gücünü ifade etmektedir.	www.maliye.gov.tr
Nüfus sayısının artma potansiyeli	Evet		Nüfusun sayısal olarak büyüme gücünü ifade etmektedir.	www.bilgiustam.com
Bölgeye yapılacak yeni yatırım potansiyeli	Evet		Bölgeye yapılabilecek kamu ve özel yatırım olasılığı gücünü ifade etmektedir.	Herhangi bir kaynakta bulunmamaktadır.
Ulaşım için yapılacak yeni yatırım potansiyeli	Evet		Bölgeye yeni ulaşım ağlarının eklenme ihtimalini ifade etmektedir.	(Tengilimoğlu D., 2001)
Potansiyel rakipler		Evet	Bölgede yeni hastanelerin açılma ihtimalini ifade etmektedir.	(Önüt. S., Tuzkaya. U. & Kemer. B. 2007)
Mevcut rakiplerin etkinliği		Evet	Bölgede faaliyet gösteren hastanelerin mevcut kapasitelerini ifade etmektedir.	(Şimşek K., 2011)
Trafik yoğunluğu		Evet	Bölgeye ulaşımın trafik sebebi ile zorlaşmasını ifade etmektedir.	(Önüt. S., Tuzkaya. U. & Kemer. B. 2007)
Sosyal ve kültürel yapı	Evet		Bölgede yaşayan nüfusun, sağlık durumu için tedavi olarak özel hastaneyi seçme ihtimalini ifade etmektedir.	Herhangi bir kaynakta bulunmamaktadır.
Konaklama potansiyeli	Evet		Tedavi için uzak mesafeden gelenlerin yakın bölgede kalacak yer bulabilme ihtimalini ifade etmektedir.	Herhangi bir kaynakta bulunmamaktadır.
Gürültü ve kirlilik kaynaklarına yakınlık		Evet	Gürültü ve Kirlilik kaynaklarından (fabrika, tershane vb.) etkilenme olasılığını ifade etmektedir.	(Aydın. Ö., 2009)
Altyapı yeterliliği	Evet		Elektrik, Su ve Atıkların yönetimi için gerekliliklerin sağlanabilirliğini ifade etmektedir.	Herhangi bir kaynakta bulunmamaktadır.

Çizelge 6. 1 Bulanık kriterler (devamı)

Bulanık Kriterler	Fayda Kriteri	Maliyet Kriteri	Açıklama	Kaynak
Çalışanların ulaşım kolaylığı	Evet		Toplu taşıma veya özel araçla ne kadar sürede ulaşılabilinirliğini ifade etmektedir.	(Aydın. Ö., 2009)
Hastaların ulaşım kolaylılığı	Evet		Toplu taşıma veya özel araçla ne kadar sürede ulaşılabilinirliğini ifade etmektedir.	(Aydın. Ö., 2009)
Araba park alanları	Evet		Olası Hastane Projesinde ve çevresinde otopark kapasitesini ifade etmektedir.	(Aydın. Ö., 2009)
Bölgenin depremselliği		Evet	Bölgenin olası depremden etkilenme durumunu ifade etmektedir.	Herhangi bir kaynakta bulunmamaktadır.
Şehir merkezine yakınlık	Evet		Hastane kuruluşu için düşünülen bölgenin şehir merkezine ne kadar mesafe uzaklıkta olduğunu ifade eder.	(Tengilimoğlu D., 2001)
Bölgede yaşayanların sosyal güvence durumları	Evet		Yaşayanların hangi oranda Özel Sağlık Sigortasının bulunduğunu ifade etmektedir.	Herhangi bir kaynakta bulunmamaktadır.

Çalışma'da bir sonraki tablolarda kullanılmak üzere her bir kriter aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

K1: Bölgenin ekonomik olarak büyüme ve gelişme hızı

K2: İşgücü potansiyeli

K3: Nüfus sayısının artma potansiyeli

K4: Bölgeye yapılacak yeni yatırım potansiyeli

K5: Ulaşım için yapılacak yeni yatırım potansiyeli

K6: Potansiyel rakipler

K7: Mevcut rakiplerin etkinliği

K8: Trafik yoğunluğu

K9: Sosyal ve kültürel yapı

K10: Konaklama potansiyeli

K11: Gürültü ve kirlilik kaynaklarına yakınlık

K12: Altyapı yeterliliği

K13: Çalışanların ulaşım kolaylığı

K14: Hastaların ulaşım kolaylılığı

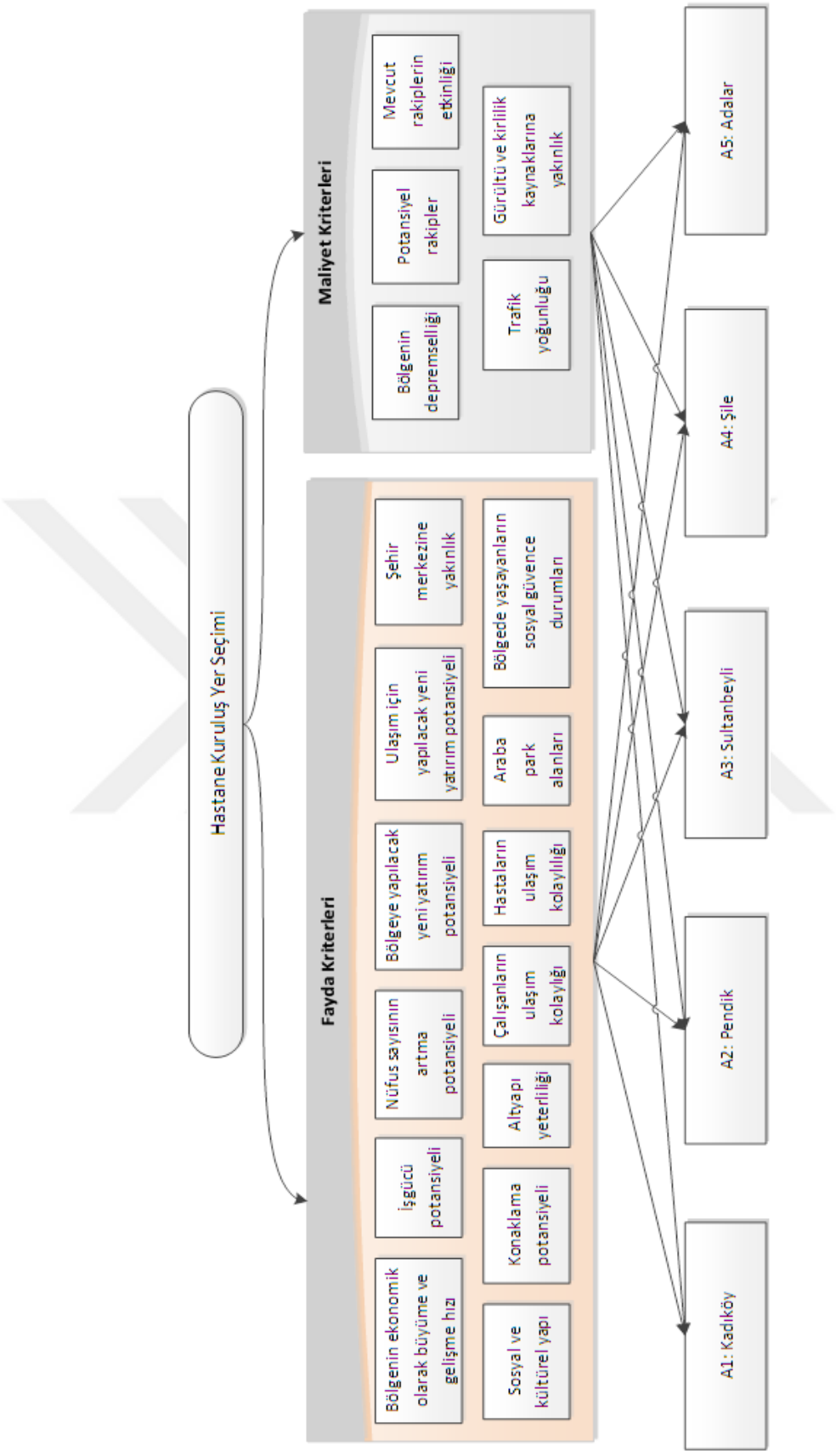
K15: Araba park alanları

K16: Bölgenin depremselliği

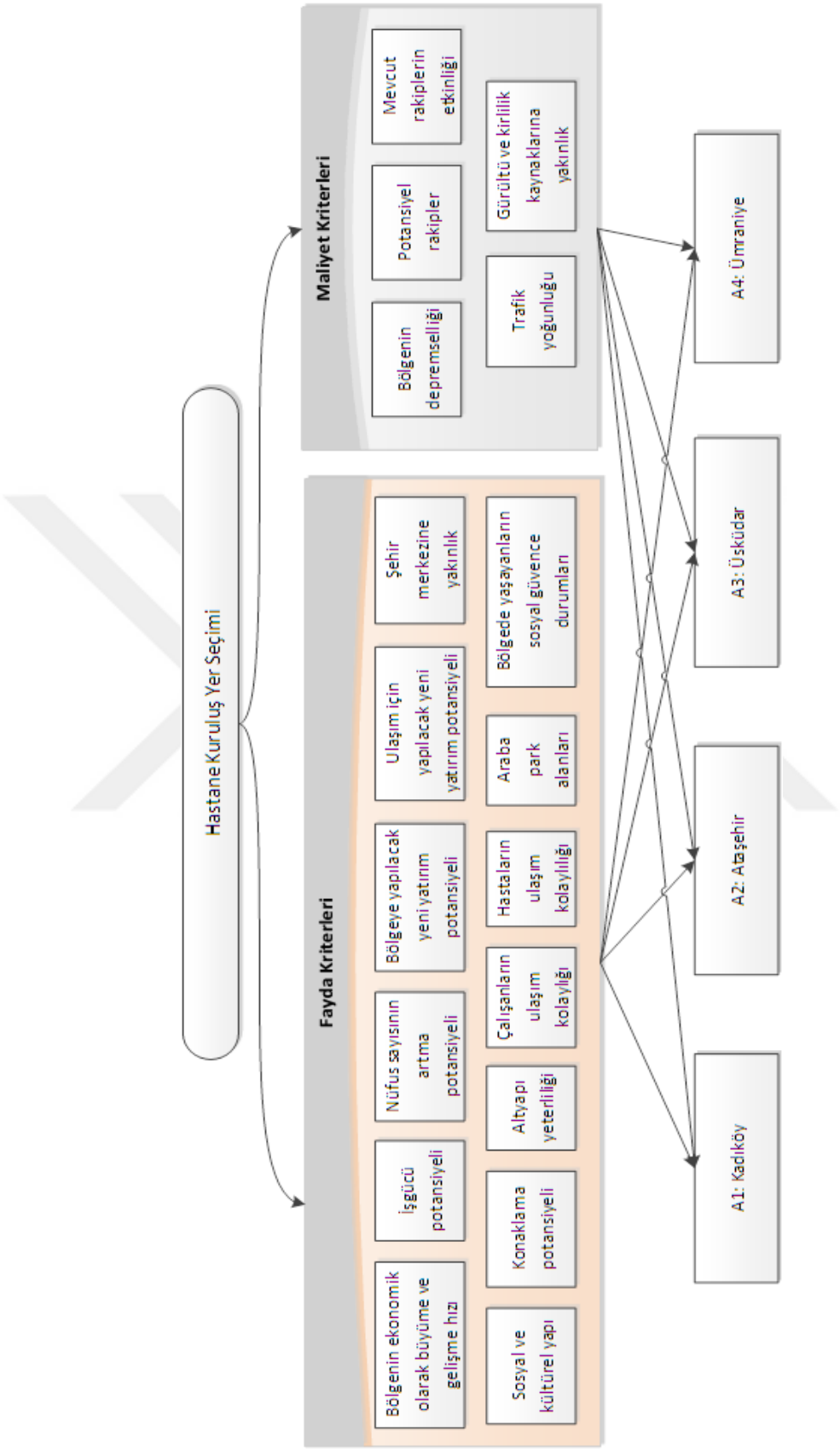
K17: Şehir merkezine yakınlık

K18: Bölgede yaşayanların sosyal güvence durumları

Elde edilen kriterler ve alternatifler neticesinde problemin, hiyerarşik modeli Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de yer almaktadır.



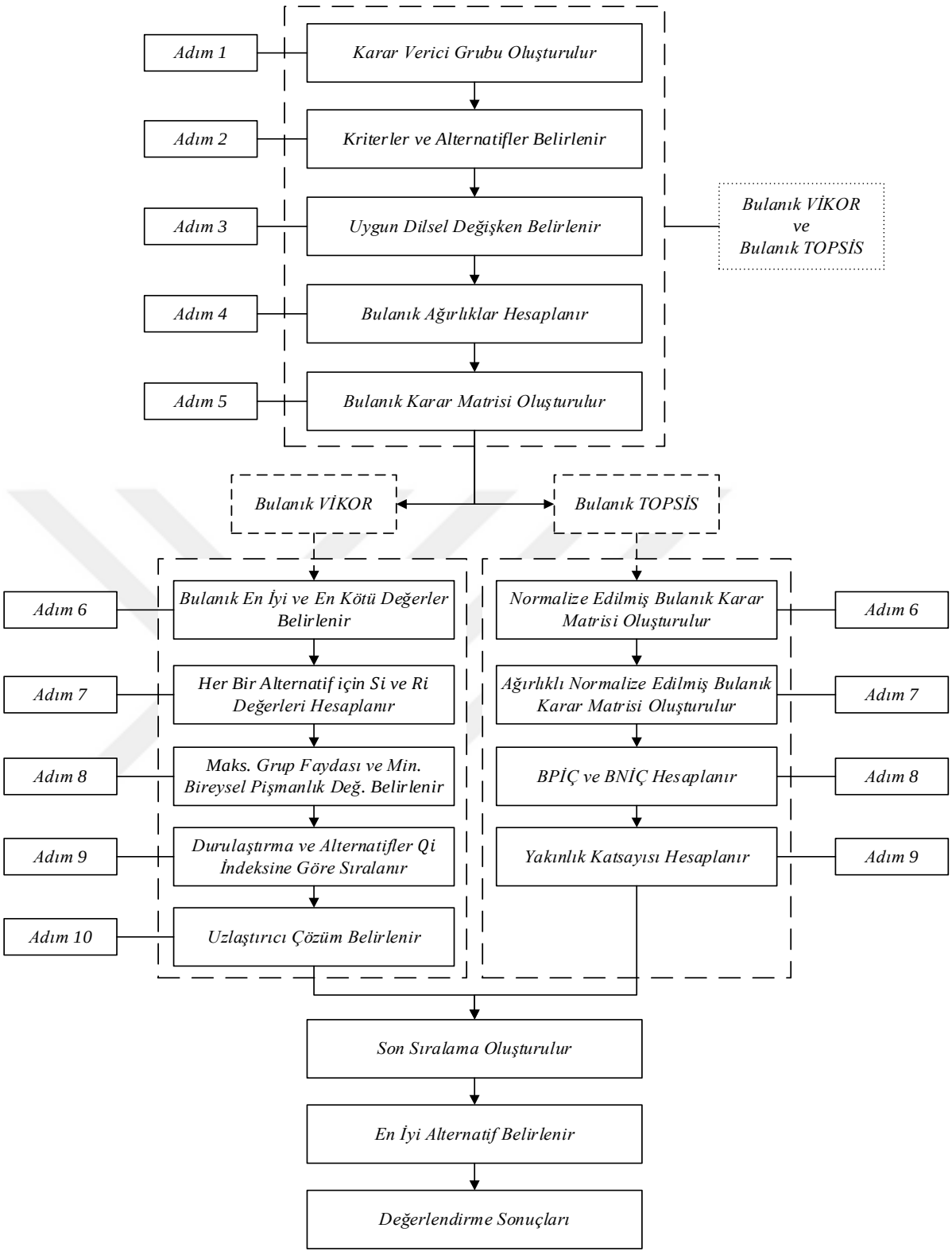
Şekil 6. 1 Birinci alternatif grubu için hastane kuruluş yer seçimi hiyerarşik yapı



Şekil 6. 2 İkinci alternatif grubu için hastane kuruluş yer seçimi hiyerarşik yapı

6.4 Bulanık Topsis ve Bulanık Vikor Yöntemlerinin Çözüm Aşamaları

Bulanık Topsis ve Bulanık Vikor yöntemlerinin metodolojisinde, çözüm belli bir adıma kadar aynıdır, o adımdan sonra farklılaşmaktadır. Her iki yöntemde öncelikle karar verici grup oluşturulur. İkinci adım olarak, konu kapsamında kriterler ve alternatifler belirlenir. Ardından kriterler ve alternatifler dilsel değişkenler kullanılarak belirlenir. Her bir dilsel değişken, sayısal ifadelere dönüştürülerek bulanık ağırlıklar hesaplanır. Bulanık ağırlıkların hesaplanmasının ardından, bulanık karar matrisi oluşturulur. Bu adımdan sonra gelen diğer adımlar her iki yöntemde de farklılaşmaktadır. Her iki yöntem Şekil 6.3'de detaylı olarak belirtilmiştir.



Şekil 6. 3 Bulanık Topsis ve Vikor yöntemlerinin çözüm aşamaları [62]

6.5 Bulanık Topsis Yöntemi ile 1. Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi

Çalışmanın bu bölümünde problemi, bulanık TOPSIS yöntemi ile ele alacağız. Sağlık sektöründe 8 hastane çalışanın katılımı ile kriterler ve alternatifler oluşturulmuştur. Problemin ele alınması iki şekilde gerçekleşmiştir. Kümeleme analizi sonucu elde edilen alternatif setlerden, 1. Alternatif set ile problem bu başlık altında ele alınmıştır. Bölüm 6.7'de ikinci alternatif set ile problem tekrar ele alınmıştır, bulanık Topsis metodu ile çözümlenmiştir. 1. Alternatif sette yer alan ilçeler, kümeleme analizi sonucu her bir kümeye ait olma olasılığı en yüksek ilçelerden oluşan bir settir. Bu sette yer alan ilçeler, Kadıköy, Pendik, Sultanbeyli, Şile, Adalar'dır.

Bulanık TOPSIS yönteminde ki adımlar aşağıdaki sıralamadaki gibidir.

1. Kriterlerin dilsel değişkenler açısından değerlendirilmesi
2. Kritler için belirlenen dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi
3. Alternatiflerin kriterlere açısından dilsel değişkenler ile değerlendirilmesi
4. Kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması
5. Alternatiflerin üçgen bulanık sayılara dönüştürülmesi
6. Bulanık karar matrisinin oluşturulması
7. Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması
8. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması
9. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi
10. Alternatiflerin uzaklıkların hesaplanması
11. Yakınlık katsayılarının hesaplanması
12. Alternatiflerin sıralanması

Adım 1: Kriterler dilsel değişkenler kullanılarak belirlenmiştir.

Dilsel değişken olarak Çok yüksek(ÇY), Yüksek(Y), Orta Yüksek(OY), Orta(O), Orta Düşük(OD), Düşük(D), Çok Düşük(ÇD) kullanılmıştır.

8 karar verici tarafından, kriterlerin dilsel değişkenlerce değerlendirilmesi Çizelge 3.18'de belirtilmiştir.

Çizelge 6. 2 Kriterlerin dilsel değişkenlerin belirlenmesi

KRİTERLER	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3	Karar Verici 4	Karar Verici 5	Karar Verici 6	Karar Verici 7	Karar Verici 8
K1	O	OD	D	O	O	Y	O	ÇD
K2	ÇY	Y	ÇY	ÇY	OY	Y	Y	Y
K3	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY
K4	ÇY	O	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y
K5	ÇY	D	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y
K6	ÇY	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇY
K7	Y	ÇD	O	Y	ÇY	Y	ÇY	Y
K8	OY	O	OD	Y	ÇY	O	OD	D
K9	ÇY	ÇY	Y	O	O	O	ÇY	ÇD
K10	ÇY	ÇY	Y	O	O	O	ÇY	ÇD
K11	OY	ÇY	ÇD	OY	OY	O	OY	Y
K12	Y	Y	OY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	OY
K13	Y	Y	OY	Y	OY	Y	Y	Y
K14	Y	Y	OD	D	Y	O	OY	O
K15	Y	ÇY	O	OD	Y	ÇY	Y	Y
K16	OY	O	D	D	O	O	O	ÇY
K17	Y	Y	Y	OY	OY	Y	Y	ÇY
K18	Y	Y	ÇD	D	ÇY	OY	Y	O

Adım 2: Dilsel değişkenler bulanık sayılara çevrilmiştir. Bu çevrim yapılırken Tablo 2'de belirtilen dilsel ifadeler ve bu ifadelerin karşılığı olan üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır.

Çizelge 6. 3 Karar kriterlerinin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve üçgen bulanık sayı karşılıkları [30]

Çok Düşük (ÇD)	(0.0,0.0,0.1)
Düşük (D)	(0.0,0.1,0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1,0.3,0.5)
Orta (O)	(0.3,0.5,0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5,0.7,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,1.0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9,1.0,1.0)

Çizelge 6. 4 Dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi

	Karar Verici 1			Karar Verici 2			Karar Verici 3			Karar Verici 4			Karar Verici 5			Karar Verici 6			Karar Verici 7			Karar Verici 8		
KRİTERLER	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	0.5	0	0.1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	1	0.3	0.5	0.7	0	0	0.1
K2	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1
K3	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.9	1	1
K4	0.9	1	1	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1
K5	0.9	1	1	0	0.1	0.3	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1
K6	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.9	1	1
K7	0.7	0.9	1	0	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1
K8	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	0.5	0	0.1	0.3
K9	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1	0	0	0.1
K10	0.9	1	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1	0	0	0.1
K11	0.5	0.7	0.9	0.9	1	1	0	0	0.1	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1	0.7	0.9	1
K12	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.9	1	1	0.5	0.7	0.9
K13	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1
K14	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.1	0.3	0.5	0	0.1	0.3	0.7	0.9	1	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7
K15	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1	0.9	1	1	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1
K16	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7	0	0.1	0.3	0	0.1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1
K17	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0.9	1	1
K18	0.7	0.9	1	0.7	0.9	1	0	0	0.1	0	0.1	0.3	0.9	1	1	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1	0.3	0.5	0.7

Adım 3: Alternatifler dilsel değişkenler tarafından belirlenmeştir. Dilsel değişkenler Çok Kötü(ÇK), Kötü(K), Orta Kötü(OK), Orta(O), Orta İyi(Oİ), İyi (İ), Çok İyi(Çİ) olarak kullanılmıştır. Bu değerler Çizelge 6.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 6. 5 Dilsel değişken tablosu

	Karar Verici 1					Karar Verici 2					Karar Verici 3					Karar Verici 4					Karar Verici 5					Karar Verici 6					Karar Verici 7					Karar Verici 8				
	Alternatifler					Alternatifler					Alternatifler					Alternatifler					Alternatifler					Alternatifler					Alternatifler					Alternatifler				
KRİTERLER	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar	Kadıköy	Pendik	Sultanbeyli	Şile	Adalar
K1	çi	çi	çi	çk	o	çi	o	i	k	k	çi	i	çi	i	o	çi	i	i	k	o	çi	i	i	k	o	çi	çi	çi	i	oi	çi	i	o	o	o	çi	i	i	o	o
K2	çi	çi	çi	çk	k	i	i	çi	k	o	çi	çi	çi	o	k	çi	çi	çi	k	k	i	çi	çi	k	k	çi	i	i	i	i	i	i	o	k	çk	çi	i	çi	o	i
K3	i	i	i	çk	o	çi	i	i	k	k	çi	çi	i	o	k	çi	çi	çi	k	o	çi	çi	i	i	o	çi	i	i	o	o	çi	i	o	k	çk	çi	i	çi	o	i
K4	çi	i	çi	çk	i	çi	o	çi	k	o	çi	i	çi	o	i	i	o	i	o	k	i	çi	çi	o	k	i	i	i	k	k	çi	i	i	i	i	çi	i	çi	o	o
K5	i	i	i	oi	i	i	i	çi	i	i	çi	çi	i	i	o	çi	i	i	o	o	çi	i	i	i	o	i	i	i	o	o	çi	i	i	i	i	çi	i	i	o	o
K6	çi	çi	çi	çk	k	çi	çi	çi	k	k	çi	i	çi	k	k	çi	çi	i	o	k	çi	çi	çi	k	çk	çi	i	çi	o	k	çi	çi	o	o	o	oi	k	i	ok	ok
K7	çi	çi	çi	çk	k	çi	i	o	çk	çk	çi	çi	i	i	k	çi	i	o	k	k	çi	i	i	k	k	çi	i	çi	k	k	çi	i	i	k	k	i	i	i	ok	k
K8	o	ok	i	çi	i	o	çk	o	i	çi	o	i	i	k	o	i	k	o	k	i	çi	çi	çi	o	i	k	k	o	k	i	k	k	o	i	i	çk	çk	o	i	i
K9	i	oi	oi	oi	oi	i	o	i	i	i	oi	oi	o	k	k	o	oi	k	o	o	o	k	k	o	k	o	o	o	o	k	o	k	k	o	o	ok	k	k	o	k
K10	i	k	ok	ok	i	oi	ok	o	o	oi	o	k	k	k	o	o	k	k	o	o	o	k	çk	k	k	k	k	k	o	k	çk	çk	çk	k	k	ok	ok	ok	o	k
K11	çi	çi	i	çi	çi	oi	k	çk	i	o	o	o	o	o	k	o	o	o	o	o	o	k	çk	k	i	o	o	o	o	o	i	i	i	i	i	o	o	o	o	o
K12	k	k	k	i	i	i	i	i	oi	o	k	o	k	k	o	o	o	çk	i	oi	k	k	i	çi	i	k	k	k	oi	oi	çk	çk	k	i	i	i	k	i	oi	k
K13	o	k	k	i	i	o	o	o	k	o	o	oi	k	k	i	k	k	k	k	k	o	k	o	k	i	k	k	k	oi	o	k	çk	çk	i	i	i	k	o	oi	çk
K14	o	k	k	i	i	o	o	çi	k	o	o	k	k	k	i	o	k	o	k	k	o	çk	k	k	o	ok	o	ok	k	k	k	çk	çk	i	i	i	k	o	oi	çk
K15	k	k	k	i	i	i	i	i	i	i	o	k	k	k	i	k	i	k	i	i	k	çk	k	i	i	k	çk	çk	o	o	k	çk	çk	i	i	i	i	i	oi	k
K16	o	k	k	k	i	k	çk	çk	çi	i	o	k	k	k	i	o	k	k	i	k	o	k	çk	oi	i	çk	çk	çk	k	o	çk	çk	k	i	i	k	çk	çk	k	k
K17	çi	çi	oi	çk	i	çi	i	o	k	k	o	k	k	k	i	çi	i	i	o	o	i	çi	k	o	o	çi	çi	o	o	o	çi	çi	o	ok	ok	i	k	i	o	o
K18	k	k	o	çi	o	oi	çk	çk	çk	çk	k	k	k	k	i	o	k	k	çi	i	çk	k	o	oi	i	k	k	k	oi	o	k	k	k	çi	ok	çi	çi	çi	o	i

Adım 4: Alternatifler kriterlere karşı bulanık sayılara çevrilmiştir. Bulanık sayılara çevrilirken Çizelge 6.6'da ki değerler kullanılmıştır.

Çizelge 6. 6 Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları [30]

Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta Kötü (OK)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta İyi (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

Çizelge 6. 7 Bulanık sayı tablosu

	Karar Verici 1															Karar Verici 2														Karar Verici 3														Karar Verici 4													
	Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar			Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar			Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar			Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar		
KRİTERLER	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	U	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	0	1	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	3	5	7
K2	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	0	1	0	1	3	7	9	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	3	5	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	0	1	3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	1	3	0	1	3
K3	7	9	10	7	9	10	7	9	10	0	0	1	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	1	3	3	5	7
K4	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	0	1	7	9	10	9	10	10	3	5	7	9	10	10	0	1	3	3	5	7	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3
K5	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7
K6	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	0	1	0	1	3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3
K7	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	0	1	0	1	3	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	0	1	0	0	1	9	10	10	9	10	10	7	9	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	1	3
K8	3	5	7	1	3	5	7	9	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	0	1	3	5	7	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	0	1	3	3	5	7	7	9	10	0	1	3	3	5	7	0	1	3	7	9	10
K9	7	9	10	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	5	7	9	3	5	7	0	1	3	0	1	3	3	5	7	5	7	9	0	1	3	3	5	7	3	5	7
K10	7	9	10	0	1	3	1	3	5	1	3	5	7	9	10	5	7	9	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	3	5	7	3	5	7	0	1	3	0	1	3	3	5	7	3	5	7
K11	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	5	7	9	0	1	3	0	0	1	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	0	1	3	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
K12	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	3	5	7	0	1	3	3	5	7	0	1	3	0	1	3	3	5	7	3	5	7	0	0	1	7	9	10	5	7	9
K13	3	5	7	0	1	3	0	1	3	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	0	1	3	3	5	7	3	5	7	5	7	9	0	1	3	0	1	3	7	9	10	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	1	3
K14	3	5	7	0	1	3	0	1	3	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	0	1	3	3	5	7	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	3	5	7	0	1	3	3	5	7	0	1	3	0	1	3
K15	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	0	1	3	7	9	10	0	1	3	7	9	10	7	9	10
K16	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	0	1	3	0	0	1	0	0	1	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	1	3	7	9	10	0	1	3
K17	9	10	10	9	10	10	5	7	9	0	0	1	7	9	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	1	3	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7
K18	0	1	3	0	1	3	3	5	7	9	10	10	3	5	7	5	7	9	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10

	Karar Verici 5															Karar Verici 6														Karar Verici 7														Karar Verici 8													
	Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar			Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar			Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar			Kadıköy			Pendik			Sultanbeyli			Şile			Adalar		
KRİTERLER	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	7	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	3	5	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7
K2	7	9	10	9	10	10	9	10	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	0	1	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10
K3	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	0	1	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10
K4	7	9	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	0	1	3	7	9	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	3	5	7
K5	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7
K6	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	1	3	0	0	1	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	0	1	3	9	10	10	9	10	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	0	1	3	7	9	10	1	3	5	1	3	5
K7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	0	1	3	9	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	0	1	3	7	9	10	7	9	10	7	9	10	1	3	5	0	1	3
K8	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3	0	1	3	3	5	7	0	1	3	7	9	10	0	1	3	0	1	3	3	5	7	7	9	10	0	0	1	0	0	1	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10
K9	3	5	7	0	1	3	0	1	3	3	5	7	0	1	3	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	0	1	3	3	5	7	0	1	3	0	1	3	3	5	7	0	1	3	1	3	5	3	5	7	0	1	3	3	5	7	0	1	3
K10	3	5	7	0	1	3	0	0	1	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	1	3	3	5	7	0	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	3	0	1	3	1	3	5	1	3	5	1	3	5	3	5	7	0	1	3
K11	3	5	7	0	1	3	0	0	1	0	1	3	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
K12	0	1	3	0	1	3	7	9	10	9	10	10	7	9	10	0	1	3	0	1	3	0	1	3	5	7	9	3	5	7	0	0	1	0	0	1	0	1	3	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	0	1	3	0	1	3
K13	3	5	7	0	1	3	3	5	7	0	1	3	7	9	10	0	1	3	0	1	3	0	1	3	5	7	9	3	5	7	0	1	3	0	0	1	0	0	1	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	5	7	9
K14	3	5	7	0	0	1	0	1	3	0	1	3	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	0	1	0	0	1	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	5	7	9
K15	0	1	3	0	0	1	0	1	3	7	9	10	7	9	10	0	1	3	0	0	1	0	0	1	3	5	7	3	5	7	0	1	3	0	0	1	0	0	1	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	0	1	3
K16	3	5	7	0	1	3	0	0	1	5	7	9	7	9	10	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	3	3	5	7	0	0	1	0	0	1	0	1	3	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	0	1	3	0	1	3
K17	7	9	10	9	10	10	0	1	3	3	5	7	3	5	7	9	10	10	9	10	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	9	10	10	9	10	10	3	5	7	1	3	5	1	3	5	7	9	10	0	1	3	7	9	10	3	5	7	3	5	7
K18	0	0	1	0	1	3	3	5	7	5	7	9	7	9	10	0	1	3	0	1	3	0	1	3	5	7	9	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	9	10	10	1	3	5	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10

5.Adım: Kriterlerin bulanık ağırlıkları, Çizelge 6.4 Dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi'deki değerler kullanılarak ve formül(4.1) kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 8 Kriter ağırlık tablosu

KRİTERLER	l	m	u
K1	0,25	0,41	0,59
K2	0,75	0,91	0,99
K3	0,85	0,98	1,00
K4	0,78	0,91	0,96
K5	0,74	0,86	0,91
K6	0,80	0,95	1,00
K7	0,61	0,76	0,85
K8	0,36	0,54	0,70
K9	0,54	0,68	0,78
K10	0,54	0,68	0,78
K11	0,49	0,65	0,80
K12	0,73	0,89	0,98
K13	0,65	0,85	0,98
K14	0,41	0,60	0,76
K15	0,63	0,80	0,90
K16	0,33	0,49	0,66
K17	0,68	0,86	0,98
K18	0,48	0,63	0,75

6.Adım: Alternatiflerin kriter ağırlıkları belirlenirken formül (4.2) ve (4.3) kullanılarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 6. 9 Bulanık karar matrisi

	A1 (Kadıköy)			A2 (Pendik)			A3 (Sultanbeyli)			A4 (Şile)			A5 (Adalar)		
KRİTERLER	1	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	9,00	10,00	10,00	7,00	8,75	9,63	7,25	8,88	9,63	2,50	3,88	5,50	2,88	4,75	6,75
K2	8,25	9,63	10,00	8,00	9,50	10,00	8,00	9,25	9,63	1,63	2,88	4,63	2,13	3,38	5,00
K3	8,75	9,88	10,00	7,75	9,38	10,00	7,00	8,75	9,63	2,00	3,38	5,13	2,38	3,88	5,63
K4	8,25	9,63	10,00	6,25	8,13	9,25	8,25	9,63	10,00	2,38	3,88	5,63	3,38	5,00	6,63
K5	8,25	9,63	10,00	7,25	9,13	10,00	7,25	9,13	10,00	5,25	7,25	8,75	4,50	6,50	8,13
K6	8,50	9,63	9,88	7,38	8,63	9,13	7,75	9,13	9,63	1,25	2,63	4,50	0,50	1,63	3,50
K7	8,75	9,88	10,00	7,50	9,25	10,00	6,50	8,25	9,25	1,00	2,00	3,63	0,00	0,88	2,75
K8	3,13	4,50	6,00	2,13	3,13	4,50	4,75	6,63	8,13	4,13	5,63	7,00	6,75	8,63	9,63
K9	4,00	6,00	7,75	2,63	4,25	6,25	2,25	3,75	5,63	3,38	5,25	7,13	2,25	3,75	5,63
K10	2,75	4,38	6,13	0,25	1,38	3,25	0,63	1,75	3,50	1,63	3,25	5,25	2,25	3,75	5,63
K11	4,50	6,38	8,00	3,50	5,13	6,75	3,25	4,75	6,25	4,38	6,13	7,63	4,38	6,13	7,63
K12	2,13	3,38	5,00	1,63	2,88	4,63	2,63	3,88	5,38	5,63	7,38	8,75	4,63	6,50	8,13
K13	2,38	4,00	5,88	1,00	2,13	4,00	1,13	2,38	4,25	3,00	4,50	6,25	4,25	5,88	7,25
K14	2,88	4,75	6,63	0,75	1,75	3,50	2,00	3,25	4,88	2,38	3,75	5,50	3,38	4,88	6,38
K15	2,38	4	5,88	1	2,13	4	1,13	2,38	4,25	3	4,5	6,25	4,25	5,88	7,25
K16	2,88	4,75	6,63	0,75	1,75	3,5	2	3,25	4,88	2,38	3,75	5,5	3,38	4,88	6,38
K17	2,13	3,5	5,25	2,63	3,63	4,88	1,75	2,75	4,25	5,38	7,25	8,63	5,63	7,5	8,75
K18	1,5	2,75	4,5	0	0,5	2	0	0,5	2	3,5	4,88	6,38	4,75	6,5	7,88

7.Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım karar matrisinin normalize edilmesidir. Bulanık topsis yönteminde vektörel normalizasyon tekniği kullanılmaktadır. Bulanık karar matrisinde formül (4.4), (4.5) ve (4.6) ile birlikte uygulanarak normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir.

Kriterler iki gruba ayrılmıştır. Bu gruplar maliyet ve fayda kriterleri olarak gruplanmıştır. Bu çalışma da belirlenen fayda ve maliyet kriterleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Fayda kriteri

- Bölgenin ekonomik olarak büyüme ve gelişme hızı
- İşgücü potansiyeli
- Nüfus sayısının artma potansiyeli
- Bölgeye yapılacak yeni yatırım potansiyeli
- Ulaşım için yapılacak yeni yatırım potansiyeli
- Sosyal ve kültürel yapı
- Konaklama potansiyeli
- Altyapı yeterliliği
- Çalışanların ulaşım kolaylığı
- Hastaların ulaşım kolaylılığı
- Araba park alanları
- Şehir merkezine yakınlık
- Bölgede yaşayanların sosyal güvence durumları

Maliyet kriteri

- Potansiyel rakipler
- Mevcut rakiplerin etkinliği
- Trafik yoğunluğu
- Gürültü ve kirlilik kaynaklarına yakınlık
- Bölgenin depremselliği

Kriterlerin iki farklı gruba ayrılmasının sebebi, fayda kriterin çözüm üzerindeki etkisi ile maliyet kriterinin çözüm üzerindeki etkisinin farklı olmasıdır. Bulanık karar matrisi normalize edilirken, kriterin fayda kriteri olması durumunda her sütundaki elemanların o sütundaki elemanların üçüncü bileşenleri arasında en büyük değere sahip olana bölünmesi ile, maliyet kriteri olması durumunda ise her sütundaki elemanların o sütundaki elemanların ilk bileşenleri arasında en küçük değere sahip olanına bölünmesi ile elde edilir. Böylelikle veriler ağırlıkları ve tipleri dikkate alınarak, [0,1] aralığında indirgenmiş olur.

Çizelge 6. 10 Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

ALTERNATİFLER	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1(KADIKÖY)	0,9	1	1	0,83	0,96	1	0,88	0,99	1	0,83	0,96	1	0,83	0,96	1	0,85	0,96	0,99	0,88	0,99	1	0,31	0,45	0,60	0,38	0,25	0,19
A2(PENDİK)	0,7	0,88	0,96	0,80	0,95	1	0,78	0,94	1	0,63	0,81	0,93	0,73	0,91	1	0,74	0,86	0,91	0,75	0,93	1	0,21	0,31	0,45	0	0	0
A3(SULTANBEYLİ)	0,73	0,89	0,96	0,80	0,93	0,96	0,70	0,88	0,96	0,83	0,96	1	0,73	0,91	1	0,78	0,91	0,96	0,65	0,83	0,93	0,48	0,66	0,81	0	0	0
A4(ŞİLE)	0,29	0,44	0,63	0,19	0,33	0,53	0,23	0,39	0,59	0,27	0,44	0,64	0,60	0,83	1	0,14	0,30	0,51	0,11	0,23	0,41	0,47	0,64	0,80	0,30	0,19	0,14
A5(ADALAR)	0,30	0,49	0,70	0,22	0,35	0,52	0,25	0,40	0,58	0,35	0,52	0,69	0,47	0,68	0,84	0,05	0,17	0,36	0	0,09	0,29	0,70	0,9	1	0	0	0

ALTERNATİFLER	K10			K11			K12			K13			K14			K15			K16			K17			K18		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	L	m	u	l	m	u	l	m	u
A1(KADIKÖY)	0,55	0,34	0,24	0,33	0,24	0,19	0,71	0,44	0,3	0,24	0,4	0,59	0,52	0,32	0,23	0,71	0,43	0,29	1	0,55	0,33	0,78	0,91	0,96	0,71	0,46	0,31
A2(PENDİK)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,21	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	0,75	0,83	0	0	0
A3(SULTANBEYLİ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,24	0,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0,53	0,7	0	0	0
A4(ŞİLE)	0,62	0,31	0,19	0,23	0,16	0,13	0,18	0,14	0,11	0,34	0,51	0,71	0,42	0,27	0,18	0,19	0,14	0,12	0,29	0,21	0,16	0,19	0,36	0,57	0,2	0,16	0,14
A5(ADALAR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0,61	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0,55	0,73	0	0	0

8.Adım: Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi hesaplanırken formül (4.7) ve (4.8) kullanılmıştır.

Diğer bir ifadeyle ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki her bir değerin ait olduğu karar kriterinin önem ağırlığı ile çarpılmasıyla elde edildiği söylenebilir.

Çizelge 6. 11 Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matris

ALTERNATİFLER	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,23	0,41	0,59	0,62	0,88	0,99	0,74	0,96	1	0,64	0,88	0,96	0,61	0,83	0,91	0,68	0,91	0,99	0,54	0,75	0,85	0,11	0,24	0,42	0,20	0,17	0,15
A2 (PENDİK)	0,18	0,36	0,57	0,6	0,87	0,99	0,66	0,91	1	0,48	0,74	0,89	0,53	0,79	0,91	0,59	0,82	0,91	0,46	0,71	0,85	0,08	0,17	0,32	0	0	0
A3 (SULTANBEYLİ)	0,18	0,37	0,57	0,6	0,84	0,95	0,60	0,85	0,96	0,64	0,88	0,96	0,53	0,79	0,91	0,62	0,87	0,96	0,40	0,63	0,79	0,17	0,36	0,57	0	0	0
A4 (ŞİLE)	0,07	0,18	0,37	0,14	0,3	0,52	0,19	0,38	0,59	0,21	0,4	0,62	0,44	0,71	0,91	0,11	0,29	0,51	0,07	0,17	0,35	0,17	0,35	0,56	0,16	0,13	0,11
A5 (ADALAR)	0,07	0,20	0,41	0,17	0,32	0,51	0,21	0,39	0,58	0,27	0,47	0,66	0,34	0,58	0,77	0,04	0,16	0,36	0	0,07	0,24	0,25	0,48	0,7	0	0	0

ALTERNATİFLER	K10			K11			K12			K13			K14			K15			K16			K17			K18		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,29	0,23	0,19	0,16	0,15	0,15	0,51	0,39	0,29	0,15	0,34	0,57	0,22	0,19	0,17	0,44	0,34	0,26	0,33	0,27	0,22	0,52	0,79	0,94	0,34	0,29	0,23
A2 (PENDİK)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,18	0,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,42	0,65	0,8	0	0	0
A3 (SULTANBEYLİ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,20	0,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24	0,45	0,68	0	0	0
A4 (ŞİLE)	0,33	0,21	0,15	0,11	0,11	0,10	0,13	0,12	0,11	0,22	0,44	0,7	0,17	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,13	0,31	0,56	0,10	0,10	0,10
A5 (ADALAR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0,52	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24	0,47	0,71	0	0	0

9.Adım:Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi için formül (4.9) ve (4.10) kullanılmıştır.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde her bir kriterin sütunlarda sahip olduğu en yüksek değerler ile en düşük değerler kullanılarak, bulanık pozitif çözüm A^* ve bulanık negatif ideal çözüm A^- belirlenmiştir. A^*ve A^- karar kriteri sayısı kadar bulunur.

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplandıktan sonra alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları hesaplanır. Yakınlık katsayısı bulanık pozitif ideal çözüme (BPİÇ, A^*) ve bulanık negatif ideal çözüme (BNİÇ, A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır.

A^*=[(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1)(1,1,1),(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]

A^-= [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)].

Çizelge 6. 12 Bulanık pozitif çözümlerin belirlenmesi

A+	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
d(A1,A*)	0,61	0,23	0,15	0,22	0,25	0,19	0,32	0,75	0,83	0,76	0,84	0,61	0,67	0,81	0,66	0,73	0,30	0,72
d(A2,A*)	0,65	0,24	0,20	0,34	0,30	0,26	0,37	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	0,41	1,00
d(A3,A*)	0,65	0,25	0,25	0,22	0,30	0,23	0,43	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00	1,00	1,00	0,57	1,00
d(A4,A*)	0,80	0,70	0,64	0,61	0,37	0,71	0,81	0,66	0,87	0,78	0,89	0,88	0,58	0,84	0,89	0,90	0,69	0,90
d(A5,A*)	0,78	0,68	0,62	0,55	0,47	0,82	0,90	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	0,52	1,00	1,00	1,00	0,56	1,00

Çizelge 6. 13 Bulanık negatif çözümlerin belirlenmesi

A-	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
d(A1,A^-)	0,43	0,84	0,91	0,84	0,79	0,87	0,72	0,29	0,17	0,24	0,16	0,41	0,39	0,19	0,36	0,27	0,77	0,29
d(A2, A^-)	0,40	0,83	0,87	0,73	0,76	0,79	0,69	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00
d(A3, A^-)	0,40	0,81	0,82	0,84	0,76	0,83	0,63	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
d(A4, A^-)	0,24	0,36	0,42	0,44	0,72	0,35	0,23	0,39	0,13	0,24	0,11	0,12	0,49	0,16	0,11	0,10	0,37	0,10
d(A5, A^-)	0,27	0,36	0,42	0,50	0,59	0,23	0,15	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00

10.Adım: Her alternatifin pozitif ideal çözüm A^* ve negatif ideal çözümden A^- olan uzaklıkları formül (4.11) ve (4.12) kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 14 Alternatif uzaklıkları

ALTERNATİFLER	**di***	**di-**
A1(KADIKÖY)	9,65	8,96
A2(PENDİK)	12,39	6,17
A3(SULTANBEYLİ)	12,34	6,25
A4(ŞİLE)	13,52	5,08
A5(ADALAR)	14,47	4,09

Alternatiflerin yakınlık katsayı hesaplaması formül (4.13) kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 6. 15 Yakınlık katsayıları

CC1	0,481
CC2	0,332
CC3	0,336
CC4	0,273
CC5	0,220

11.Adım: Alternatiflerin sıralanması: Her alternatifin değerlendirme durumunu belirlemek için Çizelge 4.3 kullanılmıştır. Çizelge 4.3'de kabul koşullarına göre her alternatifin mevcut durumunu tanımlamak için sözel değişkenler kullanılabilir. İki alternatifin değerlendirme durumunda aynı sınıfa girmesi halinde sıralamayı belirlemek için yakınlık katsayılarına bakılır. Bulanık TOPSIS yöntemine göre 1.grup alternatiflerin sıralaması aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6. 16 Bulanık topsis 1.grup alternatif set sıralaması

ALTERNATİFLER	CCi	SIRALAMA
A1(KADIKÖY)	0.481	1
A3(SULTANBEYLİ)	0.336	2
A2(PENDİK)	0.332	3
A4(ŞİLE)	0.273	4
A5(ADALAR)	0.220	5

Bulanık TOPSIS yöntemine göre ilk 3 alternatif sıralaması Kadıköy, Sultanbeyli, Pendik olarak sıralanmıştır.

Seçim işleminin geçerliliğini irdelemek maksadıyla farklı bir karar verme metodu ile problemin çözümü tekrar gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma için kullanılan karar verme yöntemi olan bulanık VIKOR metodu takip eden başlıkta açıklanmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.6 Bulanık Vikor Yöntemi ile 1.Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi

Çalışmanın 6. Bölümünde Topsis yönetimi ile birlikte Vikor yöntemide hastane kuruluş yer seçimi problemi için ele alınmıştır. Kümeleme analizi sonucu elde edilen alternatif setlerden, 1. Alternatif set ile problem bu başlık altında çözümlenmiştir. Bölüm 6.8'de ikinci alternatif set ile problem tekrar ele alınmıştır ve bulanık Vikor metodu ile çözümlenmiştir. 1. Alternatif sette yer alan ilçeler, kümeleme analizi sonucu her bir kümeye ait olma olasılığı en yüksek ilçelerden oluşan bir settir. Bu sette yer alan ilçeler, Kadıköy, Pendik, Sultanbeyli, Şile, Adalar'dır.

Vikor yönteminin adımları aşağıdaki gibidir;

1. Kritelerin belirlenip, dilsel değişkenlerce kriterlerin tanımlanması
2. Dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayılara dönüştürülmesi
3. Alternatiflerin kriterler açısından dilsel değişkenlerce tanımlanması
4. Alternatiflerin kriterler açısıdan üçgen bulanık sayılara çevrilmesi
5. Kriterlerin bulanık ağırlıklarının hesaplanması
6. Bulanık karar matrisinin oluşturulması

7. Kriterler açısından bulanık en iyi ve en kötü değerlerinin belirlenmesi
8. Alternatiflerin en iyi ve en kötü değerlere uzaklıklarının hesaplanması
9. Üçgensel bulanık sayı Q_i durulaştırılır ve Q_i indeksi elde edilir
10. Uzlaştırıcı çözümlerin belirlenmesi
11. Alternatiflerin sıralanması

Daha önce de ifade edildiği gibi her iki yöntem bulanık karar matrisinin oluşturulması aşamasına kadar aynıdır. Bu nedenle bulanık Vikor yönteminin çözümü, her iki yöntemin farklılaştığı 7. Adımdan itibaren anlatılmıştır.

Adım 7: Tüm kriter fonksiyonlarının, bulanık en iyi (f_j^*) ve en kötü (f_j^-) değerleri için formül (4.19) kullanılmıştır.

Çizelge 6. 17 Kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri

Kriterler	f_j^* en iyi değer			f_j^- en kötü değer		
	l	m	u	l	m	u
K1	9,00	10,00	10,00	2,50	3,88	5,50
K2	8,25	9,63	10,00	1,63	2,88	4,63
K3	8,75	9,88	10,00	2,00	3,38	5,13
K4	8,25	9,63	10,00	2,38	3,88	5,63
K5	8,25	9,63	10,00	4,50	6,50	8,13
K6	8,50	9,63	9,88	0,50	1,63	3,50
K7	8,75	9,88	10,00	0,00	0,88	2,75
K8	6,75	8,63	9,63	2,13	3,13	4,50
K9	4,00	6,00	7,75	2,25	3,75	5,63
K10	2,75	4,38	6,13	0,25	1,38	3,25
K11	4,50	6,38	8,00	3,25	4,75	6,25
K12	5,63	7,38	8,75	1,63	2,88	4,63
K13	4,25	5,88	7,25	1,00	2,13	4,00
K14	3,38	4,88	6,63	0,75	1,75	3,50
K15	5,63	7,50	8,75	1,75	2,75	4,25
K16	4,75	6,50	7,88	0,00	0,50	2,00
K17	7,75	9,13	9,63	1,63	3,13	5,00
K18	5,00	6,25	7,50	1,13	2,00	3,63

Adım 8: S_i , A_i alternatifinde kriter değerlerinin bulanık en iyi değere olan uzaklıklarının toplamıdır. R_i ise j. Kritere göre A_i alternatifinin bulanık en kötü değere olan maksimum uzaklığıdır. Si ve Ri değerleri formül (4.20) ve (4.21)'e göre hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 18 Alternatiflerin en iyi ve en kötü değerlere uzaklıkları

	Si			**Ri**		
	l	m	u	l	m	u
A1(KADIKÖY)	2,51	3,06	3,38	0,63	0,79	0,89
A2(PENDİK)	5,84	7,30	8,11	0,73	0,89	0,98
A3(SULTANBEYLİ)	5,57	6,86	7,61	0,63	0,80	0,90
A4(ŞİLE)	6,38	7,80	8,50	0,85	0,98	1,00
A5(ADALAR)	5,96	7,07	7,59	0,80	0,95	1,00

Adım 9: S^*, S^-, R^*, R^- değerleri formül (4.22) ve (4.23)'e göre hesaplanmıştır. Burada S* maksimum grup faydasını, R* karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını ifade etmektedir.

Çizelge 6. 19 S*,S-,R*,R- değerleri

	l	**m**	**u**
S*	2,51	3,06	3,38
S-	6,38	7,80	8,50
R*	0,63	0,79	0,89
R-	0,85	0,98	1,00

Adım 10: Q_i değeri formül (4.24)'e göre hesaplanmıştır. Q_i indeksi grup faydasının ve minimum pişmanlığın birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanır. *v* değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını ifade eder. Uzlaşma "çoğunluk oyu" (v>0.5) ile "konsensüs" (v=0.5) veya "veto" (v<0.5) ile sağlanabilir.

Üçgensel bulanık sayı Q_i durulaştırılır ve Q_i indeksi elde edilir. Bu çalışmada durulaştırma aşamasında formül (4.25) kullanılmıştır.

Q indeksi alternatiflerin sıralanmasında kullanılır. Bu indeksin en küçük değeri en iyi alternatifi göstermektedir.

Çizelge 6. 20 Qi değerinin ve Qi,Si,Ri indeks hesabı

	Q_i			Q_i		S_i		R_i	
ALTERNATİF	**l**	**m**	**u**	**İndeks**	**Sıra**	**İndeks**	**Sıra**	**İndeks**	**Sıra**
A1(KADIKÖY)	0,02	0,00	0,00	0,01	**1**	2,98	**1**	0,77	**1**
A2(PENDİK)	0,65	0,71	0,85	0,74	3	7,08	4	0,86	3
A3(SULTANBEYLİ)	0,40	0,43	0,47	0,43	2	6,68	2	0,78	2
A4(ŞİLE)	1,00	1,00	1,00	1	5	7,56	5	0,94	5
A5(ADALAR)	0,84	0,86	0,91	0,87	4	6,87	3	0,92	4

Değişen v değerlerine göre de Q_i sıralaması yapıldığında Çizelge 6.21'de görüldüğü gibi her bir farklı v değerinde 1. sırada yer alan alternatif Kadıköy ilçesidir. Değişen v değerlerine göre de sonucun aynı çıkması matematiksel modelin tutarlılığını göstermektedir.

Çizelge 6. 21 Değişen v değerlerine göre Qi sıralaması

	v=0 için					v=0.25 için					v=0.5 için					v=0.75 için					v=1 için				
	Q_i					Q_i					Q_i					Q_i					Q_i				
	l	m	u	İndeks Qi	Sıralama	l	m	u	İndeks Qi	Sıralama	l	m	u	İndeks Qi	Sıralama	l	m	u	İndeks Qi	Sıralama	l	m	u	İndeks Qi	Sıralama
A1 (KADIKÖY)	0,04	0,00	0,00	0,01	**1**	0,03	0	0	0,01	**1**	0,02	0	0	0,01	**1**	0,01	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
A2 (PENDİK)	0,44	0,53	0,78	0,58	3	0,55	0,62	0,82	0,66	3	0,65	0,71	0,85	0,74	3	0,76	0,80	0,89	0,82	3	0,86	0,89	0,93	1	4
A3 (SULTANBEYLİ)	0,00	0,06	0,12	0,06	2	0,20	0,25	0,30	0,25	2	0,40	0,43	0,47	0,43	2	0,59	0,62	0,65	0,62	2	0,79	0,80	0,83	0,81	2
A4 (ŞİLE)	1,00	1,00	1,00	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	1	4
A5 (ADALAR)	0,79	0,87	1,00	0,89	4	0,82	0,86	0,96	0,88	4	0,84	0,86	0,91	0,87	4	0,87	0,85	0,87	0,86	4	0,89	0,85	0,82	0,85	3

Adım 11: Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi formül (4.26) ve (4.27) kullanılarak yapılır. Eğer formül (4.26) ve (4.27)'de yer alan iki koşul sağlanırsa, Q_i indeksi kullanılarak belirlenen çözüm uzlaştırıcı çözüm (a') olarak kabul edilir. Sadece 1.koşul sağlanırsa, seçilen alternatif kabul edilebilir avantaja sahiptir. Sadece 2.koşul sağlanıyorsa ise seçilen alternatifin karar vermede kabul edilebilir istikrara sahiptir

Çizelge 6.21'de yer alan Q_i indeks sırasına göre 2. sırada yer alan Sultanbeyli alternatifinin indeks değer ile 1. sırada yer alan Kadıköy alternatifinin indeks değeri farkı 0,42 çıkmıştır.

1. koşula göre; $Q\ (a'') = 0{,}43$, $Q\ (a') = 0{,}01$

0,43-0,01 = 0,42> 0,25 olduğu için 1. koşul sağlanmıştır. Kadıköy alternatifi kabul edilebilir avantaja sahiptir.

2. koşula göre Q_i alternatif sıralaması R_i alternatif sıralaması ile aynı, S_i alternatif sıralaması ile benzerdir ve 1. Sırada yer alan alternatif her üçü içinde aynıdır. İkinci koşul karşılanmıştır. Böylece Kadıköy alternatifi kabul edilebilir istikrar koşulunu da sağlamaktadır.

Değişen v değerlerine göre de ilçeler analiz edildiğinde Q_i sıralamasında 1. sırada yer alan ilçe Kadıköy'dür.

Çizelge 6. 22 Qi, Si ve Ri'ye göre alternatif sıralaması

Qi	A1>A3>A2>A5>A4
Si	A1>A3>A5>A4>A2
Ri	A1>A3>A2>A5>A4

Bulanık Topsis ve Vikor yöntemlerinin sonuçları karşılaştırıldığında ; her iki yöntemde de 1. Sırada A1 ilçesi 2. Sırada A3 ilçesi ve 3. Sırada A2 ilçesi çıkmıştır. Sadece A5 ve A4 alternatiflerin sıralamasında bir değişiklik olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, her iki yöntemin uygulanması sonucunda A1 ilçesinin seçilmesi uygun görülmüştür.

6.7 Bulanık Topsis Yöntemi ile 2. Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi

Bu bölümde kümeleme analizi sonucu ortaya çıkan ve karar verici grup tarafından hedef kitleye daha uygun olan küme seti seçilmiştir. Bu kümede, yeni açılacak hastanenin hedef kitlesine daha uygun ilçeler bulunduğu için, 4. Kümede yer alan tüm ilçeler alternatif set olarak alınmıştır. Bu alternatifler sırasıyla Kadıköy, Ataşehir, Üsküdar ve Ümraniye ilçeleridir. Belirlenen yeni ilçe setleri bu başlık altında, bölüm 6.3'de belirlenen bulanık kriterler çerçevesinde bulanık Topsis yöntemi ile çözümlenmiştir. Kriterlerin dilsel değişkenlerce tanımlanması ve bulanık sayılara çevrilmesi işlemi bölüm 6.5'de detaylı olarak anlatılmıştır. Bu bölümde farklı alternatif grubu ile problem çözümleneceği için, ilk adım olarak alternatiflerin kriterlere karşı dilsel değişkenlerce tanımlanması ve bulanık sayılara dönüştürülmesi detaylı olarak anlatılmıştır. Ardından sırasıyla, bulanık karar matrisi oluşturulmuştur, normalize edilmiş ve ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matiris yeni belirlenen alternatifler çerçevesinde hesaplanmıştır. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenmiştir ve sonrasında alternatiflerin uzaklıkları ve yakınlık katsayıları hesaplanmıştır ve en uygun alternatif belirlenmiştir.

Çizelge 6. 23 İkinci alternatif setinin dilsel değişkenler ile tanımlanması

KRİTERLER		Karar Verici 1 Alternatifler				Karar Verici 2 Alternatifler				Karar Verici 3 Alternatifler				Karar Verici 4 Alternatifler				Karar Verici 5 Alternatifler				Karar Verici 6 Alternatifler				Karar Verici 7 Alternatifler				Karar Verici 8 Alternatifler			
		Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye	Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye	Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye	Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye	Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye	Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye	Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye	Kadıköy	Ataşehir	Üsküdar	Ümraniye
K1		çi	çi	çi	çk	çi	oi	i	oi	çi	i	çi	o	çi	i	i	k	çi	i	i	k	çi	i	i	o	çi	i	i	o	çi	i	i	o
K2		çi	o	çi	o	çi	oi	i	i	çi	i	çi	ok	çi	i	i	k	çi	i	çi	k	çi	i	i	o	çi	oi	o	o	çi	oi	ç	o
K3		i	o	i	çk	çi	oi	i	o	çi	o	i	o	çi	o	i	o	çi	o	i	o	çi	o	i	o	çi	o	o	k	çi	o	ç	o
K4		çi	i	çi	çk	çi	oi	çi	o	çi	oi	çi	o	çi	oi	çi	o	i	i	çi	o	çi	o	çi	o	çi	oi	o	k	çi	oi	ç	o
K5		çi	i	çi	o	çi	i	i	o	çi	i	i	o	çi	i	i	o	çi	i	i	o	çi	i	i	o	çi	i	ok	o	çi	i	i	o
K6		o	k	o	çk	o	çk	i	o	çi	o	i	o	çi	o	i	o	çi	o	i	o	çi	o	i	o	çi	ç	o	o	o	o	i	ok
K7		o	çk	o	çk	o	çk	ok	o	çi	o	i	o	çi	o	i	k	çi	o	i	k	çi	o	i	o	çi	o	i	k	i	o	i	ok
K8		k	çk	i	k	ok	k	k	o	i	ok	i	k	i	o	o	k	i	o	i	o	çi	ok	o	k	k	k	o	i	k	o	i	i
K9		çi	oi	oi	k	çi	i	i	ok	i	i	o	çk	i	i	o	ok	o	o	o	ok	o	o	k	k	o	k	k	ok	k	k	k	ç
K10		çi	oi	çi	ok	çi	i	i	k	çi	i	çi	k	çi	oi	çi	k	çi	oi	çi	ok	çi	k	çi	ok	çi	ç	ç	ok	ok	k	ç	ç
K11		oi	o	i	o	i	oi	o	o	i	ok	o	o	i	oi	o	o	o	oi	çk	oi	o	o	o	o	i	o	i	o	o	o	o	o
K12		i	oi	i	i	ç	oi	i	o	i	ok	k	k	o	o	çk	oi	k	k	i	ç	k	k	k	o	i	i	k	o	i	k	i	oi
K13		çi	o	çi	o	çi	oi	çi	o	i	oi	çi	k	i	o	çi	k	o	k	çi	k	çi	k	çi	k	k	i	k	k	i	ç	ç	oi
K14		çi	o	çi	o	o	i	çi	o	i	oi	çi	k	o	ç	çi	k	o	ç	çi	o	çi	k	çi	k	k	i	k	k	i	ç	ç	oi
K15		o	oi	i	i	i	ç	çi	o	i	oi	k	k	i	k	o	o	k	ç	k	i	k	ç	ç	o	k	ç	k	i	i	i	i	i	oi
K16		oi	i	oi	i	k	ç	ç	i	i	o	k	k	o	oi	k	i	o	k	ç	oi	ç	ç	ç	k	ç	ç	k	i	k	ç	k	ç	ç
K17		çi	o	çi	o	çi	i	ç	i	i	oi	ç	k	i	o	ç	o	i	oi	ç	o	ç	o	ç	o	ç	o	ç	ok	ç	k	ç	o
K18		çi	i	çi	o	oi	ç	ç	ok	k	i	ç	k	ç	i	ç	o	ç	i	ç	oi	ç	k	ç	o	ç	k	ç	o	ç	ç	ç	o

Çizelge 6. 24 İkinci alternatif setin bulanık sayı tablosu

	Karar Verici 1												Karar Verici 2												Karar Verici 3												Karar Verici 4											
	Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye			Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye			Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye			Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye		
KRİTERLER	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	9	10	10	9	10	10	9	10	10	0	0	1	9	10	10	5	7	9	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3
K2	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10	5	7	9	7	9	10	0	1	3	9	10	10	5	7	9	9	10	10	1	3	5	9	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3
K3	7	9	10	3	5	7	7	9	10	0	0	1	9	10	10	5	7	9	7	9	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10	3	5	7	9	10	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9
K4	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	0	1	9	10	10	5	7	9	9	10	10	0	1	3	9	10	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	9	10	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7
K5	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7
K6	3	5	7	0	1	3	3	5	7	0	0	1	3	5	7	0	0	1	1	3	5	0	0	1	9	10	10	1	3	5	9	10	10	0	1	3	9	10	10	3	5	7	7	9	10	3	5	7
K7	3	5	7	0	0	1	3	5	7	0	0	1	3	5	7	0	0	1	1	3	5	0	0	1	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	3	5	7	0	1	3
K8	0	1	3	0	0	1	7	9	10	0	1	3	1	3	5	0	1	3	0	1	3	0	1	3	7	9	10	1	3	5	7	9	10	0	1	3	7	9	10	3	5	7	3	5	7	0	1	3
K9	9	10	10	5	7	9	5	7	9	0	1	3	9	10	10	7	9	10	7	9	10	1	3	5	7	9	10	7	9	10	3	5	7	0	0	1	7	9	10	7	9	10	0	1	3	1	3	5
K10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	1	3	5	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	9	10	10	5	7	9	9	10	10	0	1	3
K11	5	7	9	3	5	7	7	9	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	3	5	7	3	5	7	7	9	10	1	3	5	3	5	7	3	5	7	7	9	10	5	7	9	3	5	7	3	5	7
K12	7	9	10	5	7	9	7	9	10	7	9	10	9	10	10	5	7	9	7	9	10	1	3	5	7	9	10	1	3	5	0	1	3	0	1	3	3	5	7	3	5	7	0	0	1	5	7	9
K13	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	7	1	3	5	7	9	9	10	10	0	1	3	7	9	10	3	5	7	9	10	10	0	1	3
K14	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	3	5	7	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	0	1	3	5	7	9	3	5	7	9	10	10	0	1	3
K15	3	5	7	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	0	1	3	0	1	3	7	9	10	7	9	10	0	1	3	3	5	7
K16	5	7	9	7	9	10	5	7	9	7	9	10	0	1	3	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	0	1	3	3	5	7	5	7	9	0	1	3	7	9	10
K17	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	7	9	10	5	7	9	9	10	10	0	1	3	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7
K18	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	5	7	9	9	10	10	9	10	10	1	3	5	0	1	3	7	9	10	9	10	10	0	1	3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7

Çizelge 6. 24 İkinci alternatif setin bulanık sayı tablosu (devamı)

	Karar Verici 5												Karar Verici 6												Karar Verici 7												Karar Verici 8											
	Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye			Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye			Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye			Kadıköy			Ataşehir			Üsküdar			Ümraniye		
KRİTERLER	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	9	10	10	9	10	10	7	9	10	0	1	3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7
K2	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	9	10	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10	5	7	9	3	5	7	0	1	3	9	10	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7
K3	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	3	5	7	0	1	3	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7
K4	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	9	10	10	0	1	3	9	10	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7
K5	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10	1	3	5	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7
K6	9	10	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10	0	0	1	3	5	7	3	5	7	5	7	9	0	1	3	7	9	10	1	3	5
K7	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	9	10	10	0	1	3	9	10	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3	7	9	10	3	5	7	7	9	10	1	3	5
K8	9	10	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	0	1	3	1	3	5	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	3	5	7	7	9	10	0	0	1	0	1	3	3	5	7	7	9	10
K9	3	5	7	5	7	9	0	1	3	0	0	1	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	0	1	3	0	1	3	0	1	3	1	3	5	0	1	3	0	1	3	0	0	1
K10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	1	3	5	9	10	10	0	1	3	9	10	10	1	3	5	9	10	10	0	0	1	9	10	10	0	0	1	9	10	10	1	3	5	9	10	10	0	0	1
K11	3	5	7	5	7	9	0	0	1	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
K12	0	1	3	0	1	3	7	9	10	9	10	10	0	1	3	0	1	3	0	1	3	5	7	9	0	0	1	0	0	1	0	1	3	7	9	10	7	9	10	0	1	3	7	9	10	5	7	9
K13	3	5	7	0	1	3	9	10	10	0	1	3	0	1	3	0	1	3	9	10	10	5	7	9	0	1	3	0	0	1	9	10	10	7	9	10	7	9	10	0	1	3	9	10	10	5	7	9
K14	3	5	7	0	0	1	9	10	10	3	5	7	1	3	5	3	5	7	9	10	10	0	1	3	0	1	3	0	0	1	9	10	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3	9	10	10	5	7	9
K15	0	1	3	0	0	1	0	1	3	7	9	10	0	1	3	0	0	1	0	0	1	3	5	7	0	1	3	0	0	1	0	0	1	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9
K16	3	5	7	0	1	3	0	0	1	5	7	9	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	3	0	0	1	0	0	1	0	1	3	7	9	10	0	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	1
K17	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10	1	3	5	9	10	10	0	1	3	9	10	10	3	5	7
K18	0	0	1	7	9	10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	0	1	3	9	10	10	5	7	9	9	10	10	0	1	3	9	10	10	0	1	3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7

Çizelge 6. 25 İkinci alternatif setin bulanık karar matrisi

	A1 (Kadıköy)			A2 (Ataşehir)			A3 (Üsküdar)			A4 (Ümraniye)		
KRİTERLER	1	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	9,00	10,00	10,00	7,50	9,13	9,88	7,25	8,88	9,63	2,88	4,38	6,13
K2	8,75	9,88	10,00	5,50	7,50	9,13	7,50	9,00	9,63	1,50	3,00	5,00
K3	8,75	9,88	10,00	3,25	5,25	7,25	7,00	8,75	9,63	3,00	4,63	6,50
K4	9,00	10,00	10,00	5,50	7,50	9,13	9,00	10,00	10,00	2,38	3,88	5,63
K5	8,75	9,88	10,00	7,00	9,00	10,00	7,25	9,13	10,00	4,00	6,00	7,75
K6	7,00	8,38	9,13	1,50	2,75	4,50	6,00	7,63	8,63	1,88	3,25	5,00
K7	7,25	8,63	9,25	2,25	3,75	5,50	5,50	7,38	8,63	1,63	2,75	4,38
K8	3,00	4,25	5,63	1,25	2,63	4,50	4,38	6,13	7,63	2,13	3,50	5,25
K9	5,25	7,00	8,25	4,25	6,00	7,63	2,25	3,75	5,63	0,38	1,38	3,00
K10	9,00	10,00	10,00	3,75	5,38	7,00	9,00	10,00	10,00	0,38	1,50	3,25
K11	5,25	7,25	8,75	4,00	6,00	7,88	3,63	5,38	7,00	3,75	5,75	7,63
K12	4,13	5,50	6,75	1,75	3,13	5,00	3,50	4,88	6,25	4,88	6,63	8,13
K13	5,25	6,75	7,88	2,00	3,38	5,25	9,00	10,00	10,00	2,88	4,50	6,38
K14	4,38	6,13	7,63	2,63	4,00	5,63	9,00	10,00	10,00	2,13	3,75	5,75
K15	3,88	5,50	7,00	4,13	5,25	6,38	2,88	3,88	5,13	4,38	6,25	7,88
K16	2,25	3,50	5,13	3,00	4,00	5,25	1,75	2,50	3,88	4,13	5,63	7,00
K17	8,50	9,75	10,00	4,13	6,00	7,75	9,00	10,00	10,00	2,00	3,75	5,75
K18	6,25	7,25	7,88	6,00	7,38	8,25	9,00	10,00	10,00	2,50	4,25	6,25

Çizelge 6. 26 İkinci alternatif setin normalize edilmiş bulanık karar matrisi

ALTERNATİFLER	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,9	1	1	0,88	0,99	1	0,88	0,99	1	0,90	1	1	0,88	0,99	1	0,32	0,27	0,25
A2 (ATAŞEHİR)	0,75	0,91	0,99	0,55	0,75	0,91	0,33	0,53	0,73	0,55	0,75	0,91	0,70	0,90	1	0,83	0,45	0,28
A3 (ÜSKÜDAR)	0,73	0,89	0,96	0,75	0,90	0,96	0,70	0,88	0,96	0,90	1	1	0,73	0,91	1	0,29	0,23	0,20
A4 (ÜMRANİYE)	0,35	0,54	0,75	0,18	0,37	0,62	0,37	0,57	0,80	0,29	0,48	0,69	0,49	0,74	0,95	0,20	0,12	0,08

ALTERNATİFLER	K7			K8			K9			K10			K11			K12		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,31	0,26	0,24	0,75	0,53	0,40	0,53	0,70	0,83	0,9	1	1	0,53	0,73	0,88	0,41	0,55	0,68
A2 (ATAŞEHİR)	0,56	0,33	0,23	1	0,48	0,28	0,43	0,60	0,76	0,38	0,54	0,70	0,40	0,60	0,79	0,18	0,31	0,50
A3 (ÜSKÜDAR)	0,32	0,24	0,20	0,40	0,29	0,23	0,23	0,38	0,56	0,9	1	1	0,36	0,54	0,70	0,35	0,49	0,63
A4 (ÜMRANİYE)	0,23	0,14	0,09	0,18	0,11	0,07	0,05	0,17	0,37	0,05	0,18	0,40	0,46	0,71	0,94	0,60	0,82	1

ALTERNATİFLER	K13			K14			K15			K16			K17			K18		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,43	0,33	0,29	0,51	0,37	0,30	0,39	0,55	0,70	1	0,64	0,44	0,26	0,23	0,23	0,63	0,73	0,79
A2 (ATAŞEHİR)	0,63	0,37	0,24	0,48	0,31	0,22	0,41	0,53	0,64	0	0,31	0,24	0,30	0,21	0,16	0,60	0,74	0,83
A3 (ÜSKÜDAR)	0,19	0,18	0,18	0,19	0,18	0,18	0,29	0,39	0,51	0	0,70	0,19	0,18	0,18	0,23	0,90	1	1
A4 (ÜMRANİYE)	0,13	0,08	0,06	0,18	0,10	0,07	0,54	0,77	0,97	0,09	0,07	0,05	0,19	0,10	0,07	0,31	0,52	0,77

Çizelge 6. 27 İkinci alternatif setin ağırlıklıklı normalize edilmiş bulanık

ALTERNATİFLER	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,23	0,41	0,59	0,66	0,90	0,99	0,74	0,96	1	0,70	0,91	0,96	0,65	0,85	0,91	0,26	0,26	25
A2 (ATAŞEHİR)	0,19	0,38	0,58	0,41	0,68	0,90	0,28	0,51	0,73	0,43	0,68	0,88	0,52	0,78	0,91	0,67	0,43	0,28
A3 (ÜSKÜDAR)	0,18	0,37	0,57	0,56	0,82	0,95	0,60	0,85	0,96	0,70	0,91	0,96	0,53	0,79	0,91	0,23	0,22	0,20
A4 (ÜMRANİYE)	0,09	0,22	0,44	0,14	0,34	0,61	0,31	0,56	0,80	0,23	0,44	0,67	0,36	0,64	0,87	0,16	0,11	0,08

ALTERNATİFLER	K7			K8			K9			K10			K11			K12		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,19	0,20	0,21	0,27	0,28	0,28	0,28	0,47	0,64	0,48	0,68	0,78	0,26	0,47	0,70	0,30	0,49	0,66
A2 (ATAŞEHİR)	0,34	0,25	0,19	0,36	0,26	0,19	0,23	0,41	0,59	0,20	0,36	0,54	0,20	0,39	0,63	0,13	0,28	0,49
A3 (ÜSKÜDAR)	0,19	0,18	0,17	0,15	0,15	0,16	0,12	0,25	0,44	0,48	0,68	0,78	0,18	0,35	0,56	0,25	0,43	0,61
A4 (ÜMRANİYE)	0,14	0,10	0,07	0,06	0,06	0,05	0,02	0,11	0,29	0,02	0,12	0,31	0,23	0,46	0,75	0,44	0,72	0,98

ALTERNATİFLER	K13			K14			K15			K16			K17			K18		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1 (KADIKÖY)	0,28	0,28	0,28	0,21	0,22	0,23	0,24	0,44	0,63	0,33	0,31	0,29	0,18	0,20	0,22	0,30	0,40	0,59
A2 (ATAŞEHİR)	0,41	0,31	0,23	0,20	0,19	0,17	0,26	0,42	0,57	0	0,15	0,16	0,20	0,18	0,16	0,29	0,46	0,62
A3 (ÜSKÜDAR)	0,13	0,15	0,17	0,08	0,11	0,13	0,18	0,31	0,46	0	0,34	0,30	0,13	0,15	0,17	0,43	0,63	0,75
A4 (ÜMRANİYE)	0,08	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,34	0,62	0,87	0,03	0,03	0,04	0,13	0,09	0,06	0,15	0,33	0,58

Çizelge 6. 28 İkinci alternatif set için bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

A+	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
d(A1, A*)	0,61	0,21	0,15	0,18	0,23	0,75	0,80	0,72	0,55	0,38	0,55	0,54	0,72	0,78	0,58	0,69	0,80	0,57
d(A2, A*)	0,64	0,39	0,53	0,38	0,31	0,56	0,74	0,73	0,61	0,65	0,62	0,72	0,69	0,82	0,60	0,90	0,82	0,56
d(A3, A*)	0,65	0,27	0,25	0,18	0,30	0,78	0,82	0,85	0,74	0,38	0,66	0,59	0,85	0,89	0,69	0,80	0,85	0,42
d(A4, A*)	0,76	0,67	0,49	0,59	0,43	0,89	0,89	0,94	0,87	0,86	0,56	0,36	0,93	0,94	0,45	0,97	0,91	0,67

A^-	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
d(A1, A^-)	0,43	0,86	0,91	0,87	0,81	0,25	0,20	0,28	0,49	0,66	0,51	0,50	0,28	0,22	0,47	0,31	0,20	0,46
d(A2, A^-)	0,41	0,70	0,54	0,69	0,75	0,49	0,27	0,28	0,43	0,39	0,44	0,33	0,33	0,18	0,44	0,13	0,18	0,47
d(A3, A^-)	0,40	0,79	0,82	0,87	0,76	0,22	0,18	0,15	0,30	0,66	0,39	0,46	0,15	0,11	0,34	0,26	0,15	0,62
d(A4, A^-)	0,29	0,41	0,59	0,48	0,66	0,12	0,11	0,06	0,18	0,19	0,52	0,74	0,07	0,06	0,65	0,03	0,10	0,39

Çizelge 6. 29 İkinci alternatif sete göre bulanık topsis alternatif sıralaması

ALTERNATİFLER	d_i^*	d_i^-	Yakınlık katsayıları	Değerleri	Sıralama
A1(Kadıköy)	9,81	8,7	CC_1	0,470	1
A2(Ataşehir)	11,27	7,46	CC_2	0,398	3
A3(Üsküdar)	10,97	7,63	CC_3	0,410	2
A4(Ümraniye)	13,17	5,65	CC_4	0,300	4

İkinci alternatif setine göre alternatif sıralaması, Kadıköy, Üsküdar, Ataşehir ve Ümraniye olarak gerçekleşmiştir. Birinci alternatif sete göre de 1. Sıralama da yer alan alternatif Kadıköy olmuştur. Bulanık Topsis metoduna göre Kadıköy alternatifine karşın bu hesaplama da farklı alternatifler çalışılsa da karar verici grup tarafından yapılan değerlendirmeler çerçevesinde Kadıköy ilçesi 2. bir hastane kurmak için en uygun yer olarak görülmüştür.

6.8 Bulanık Vikor Yöntemi ile 2.Alternatif Set Kullanılarak Problemin Çözülmesi

Bu bölümde problem farklı alternatif grubu ile, Vikor yöntemi açısından ele alınarak çözümlenmiştir. İlk adım olarak alternatiflerin kriterlere karşı dilsel değişkenlerce tanımlanması ve bulanık sayılara dönüştürülmesi ve ardından bulanık karar matrisinin oluşturulması bölüm 6.7'de detaylı olarak anlatılmıştır. Bu bölümde anlatıma, Topsis ve Vikor yönteminin birbirinden farklılaştığı noktadan itibaren başlanmıştır. Kriterlerin en iyi ve en kötü bulanık değerleri hesaplanmıştır, ardından alternatiflerin en iyi ve en kötü değerlere olan uzaklıkları S_i ve R_i değerleri hesaplanmıştır ve en son aşamada Q_i indeksi sıralaması yapılarak, en uygun alternatif belirlenmiştir.

Çizelge 6. 30 Kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri

Kriterler	f_j^* en iyi değer			f_j^- en kötü değer		
	l	m	u	l	m	u
K1	9,00	10,00	10,00	2,50	3,88	5,50
K2	8,25	9,63	10,00	1,63	2,88	4,63
K3	8,75	9,88	10,00	2,00	3,38	5,13
K4	8,25	9,63	10,00	2,38	3,88	5,63
K5	8,25	9,63	10,00	5,25	7,25	8,75
K6	8,50	9,63	9,88	1,25	2,63	4,50
K7	8,75	9,88	10,00	1,00	2,00	3,63
K8	4,75	6,63	8,13	2,13	3,13	4,50
K9	4,00	6,00	7,75	2,25	3,75	5,63
K10	2,75	4,38	6,13	0,25	1,38	3,25
K11	4,50	6,38	8,00	3,25	4,75	6,25
K12	5,63	7,38	8,75	1,63	2,88	4,63
K13	3,00	4,50	6,25	1,00	2,13	4,00
K14	2,88	4,75	6,63	0,75	1,75	3,50
K15	5,38	7,25	8,63	1,75	2,75	4,25
K16	3,50	4,88	6,38	0,00	0,50	2,00
K17	7,75	9,13	9,63	1,63	3,13	5,00
K18	5,00	6,25	7,38	1,13	2,00	3,63

Çizelge 6. 31 S^* S^- R^* R^- değerleri

	l	m	u
S*	2,16	2,64	2,94
S-	5,90	7,36	8,13
R*	5,43	6,69	7,38
R-	6,12	7,58	8,40

Çizelge 6. 32 Q_i değerinin ve Q_i S_i R_i indeks hesabı

	Q_i			Q_i		S_i		R_i	
ALTERNATİF	**l**	**m**	**u**	**İndeks**	**Sıra**	**İndeks**	**Sıra**	**İndeks**	**Sıra**
A1(KADIKÖY)	0,02	0,00	0,00	0,01	**1**	2,58	**1**	0,77	**1**
A2(ATAŞEHİR)	0,70	0,74	0,87	0,77	3	7,13	3	0,86	3
A3(ÜSKÜDAR)	0,41	0,44	0,47	0,44	2	6,50	2	0,78	2
A4(ÜMRANİYE)	1,00	1,00	1,00	1,00	4	7,37	4	0,94	4

Çizelge 6. 33 Değişen v değerlerine göre Qi sıralaması

	v=0 için					v=0.25 için					v=0.5 için					v=0.75 için					v=1 için				
	Q_i					Q_i					Q_i					Q_i					Q_i				
	l	**m**	**u**	**İndeks Qi**	**Sıralama**	**l**	**m**	**u**	**İndeks Qi**	**Sıralama**	**l**	**m**	**u**	**İndeks Qi**	**Sıralama**	**l**	**m**	**u**	**İndeks Qi**	**Sıralama**	**l**	**m**	**u**	**İndeks Qi**	**Sıralama**
A1 (KADIKÖY)	0,04	0,00	0,00	0,01	**1**	0,03	0	0	0,01	**1**	0,02	0	0	0,01	**1**	0,01	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
A2 (ATAŞEHİR)	0,44	0,53	0,78	0,58	3	0,55	0,62	0,82	0,66	3	0,65	0,71	0,85	0,74	3	0,76	0,80	0,89	0,82	3	0,86	0,89	0,93	1	3
A3 (ÜSKÜDAR)	0,00	0,06	0,12	0,06	2	0,20	0,25	0,30	0,25	2	0,40	0,43	0,47	0,43	2	0,59	0,62	0,65	0,62	2	0,79	0,80	0,83	0,81	2
A4 (ÜMRANİYE)	1,00	1,00	1,00	1	4	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	1	1	3

Çizelge 6. 34 Qi, Si ve Ri'ye göre alternatif sıralaması

Qi	A1>A3>A2>A4
Si	A1>A3>A2>A4
Ri	A1>A3>A2>A4

Çizelge 6.33'de yer alan Q_i indeks sırasına göre 2. sırada yer alan Üsküdar alternatifinin indeks değer ile 1. sırada yer alan Kadıköy alternatifinin indeks değeri farkı 0,42 çıkmıştır.

1. koşula göre; $Q\ (a'') = 0.43\ ,\ Q\ (a') = 0.01$

0,43-0,01 = 0,42> 0,25 olduğu için 1. koşul sağlanmıştır. Kadıköy alternatifi kabul edilebilir avantaja sahiptir.

2. koşula göre Q_i alternatif sıralaması R_i ve S_i alternatif sıralaması ile aynıdır. İkinci koşul karşılanmıştır. Böylece Kadıköy alternatifi kabul edilebilir istikrar koşulunu da sağlamaktadır.

Değişen v değerlerine göre de ilçeler analiz edildiğinde Q_i sıralamasında 1.sırada yer alan ilçe Kadıköy'dür.

Farklı alternatif setleri ile problem ele alınmıştır. Her iki settede ortak olan tek ilçe Kadıköydür. Kadıköy ilçesinin kriterlere verilen puanlarla birlikte, diğer ilçelere göre değerlendirme puan üstünlüğüne sahip olduğu için hem bulanık topsis hem de bulanık vikor yönteminde 1. Sırada yer almıştır. Hastane kurulum yeri için, önemli derecede diğer ilçelere göre avantajlı olan bir bölgedir.

6.9 Duyarlılık Analizi ile Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Duyarlılık analizi, sistem parametrelerindeki değişimin, sistem üzerindeki etkisini ölçümlemek için kullanılan bir analiz yöntemidir. Duyarlılık analizinin amacı ise, sistem üzerinde oluşabilecek risklere etki eden değişkenleri ve faktörleri belirlemektir.

Bu parametreler ve faktörler belirlendikten sonra ise, duyarlılık analizi sadece en önemli olan yada kritik önem derecesine sahip bir veya birden fazla parametrenin değerlerini değiştirirerek, net bugünkü değer tahmininin, söz konusu parametre de

meydana gelen farklılıklara karşı ne derece de duyarlı olduğunu göstermektedir[64]. Sistemin ise yapılan değişime verdiği tepkiyi duyarlılık analizi sayesinde anlayabiliriz.

Bu çalışmada kriter ağırlık değerlerinin ortalaması alınarak en yüksek değere sahip 4 kriter ele alınmıştır. Bu kriterlerin dilsel değişken değerleri Ek-2 ve Ek-3'de değiştirilerek, sonuç üzerindeki etkisi her iki alternatif set içinde gözlemlenmiştir. Kriter ağırlıklarının ortalamasını gösteren Çizelge 6.37'e göre en yüksek 4 kriter;

- K2: İş gücü potansiyeli
- K3: Nüfus sayısının artma potansiyeli
- K4: Bölgeye yeni yapılacak yatırım potansiyeli
- K6: Potansiyel rakiplerdir

Çizelge 6. 35 Kriter ağırlıklarının ortalaması

Kriterler	**Kriter Ağırlıkları Ortalaması**
K1	0,42
K2	0,88
K3	0,94
K4	0,88
K5	0,84
K6	0,92
K7	0,74
K8	0,53
K9	0,66
K10	0,66
K11	0,65
K12	0,86
K13	0,83
K14	0,59
K15	0,78
K16	0,49
K17	0,84
K18	0,62

Hastane kuruluş yer seçiminde kritik öneme sahip olan dört kriterin değerindeki değişimler, her iki alternatif set için hem bulanık topsis hem de bulanık vikor

yönteminde uygulanmıştır. Bulanık topsis için birinci alternatif sette yer alan sıralama; Sultanbeyli, Şile, Pendik, Adalar, Kadıköy ilçeleri olmuştur. İş gücü potansiyeli, nüfus sayısının artma potansiyeli, bölgeye yapılacak yeni yatırım potansiyeli ve potansiyel rakip kriterlerinin, bölge seçiminde önemli bir ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Yer seçimi, bu kriterlerin değişiminden etkilenmektedir ve bu etkileşim alternatif seçiminin, kriterlerdeki değişime karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Bir başka ifade ile, kriter değerlerindeki artış yada azalış, kuruluş yer seçimindeki riski artırmaktadır. Bu doğrultuda, birinci alternatif sette yer alan ilçeler arasında, derin farklılıkların olduğu duyarlılık analizinde görülmüştür. Seçilen dört kriter, beş ilçe arasındaki farklılığı detaylı bir şekilde göstermektedir. Bu kriterlerin etkisini minimize ederek, daha sağlıklı bir tercih yapılabilinir. Bulanık vikor yönteminde ise, birinci alternatif set için, kriterlerin değerleri değiştirildiğinde 1. Sırada yer alan Kadıköy ilçesinin sıralaması değişmemiştir. Bu durum, Vikor yönteminin kriter değerlerindeki değişiklikten, topsis yöntemine göre daha az etkilendiğini göstermektedir. Bulanık vikor yöntemi için, yeni sıralama ise; Kadıköy, Sultanbeyli, Şile, Adalar ve Pendik ilçeleridir.

İkinci alternatif set için de, belirlenen dört kriterin değerleri değiştirilip, hesaplama yapılmıştır. Bu alternatif set, karar verici grup tarafından tanımlanan en iyi küme setidir. Bu sette yer alan ilçeler benzer özellikler taşımaktadır. Dolayısıyla belirlenen dört kriterin değişimi 1. sırada yer alan alternatifin sıralamasını değiştirmemiştir. Bulanık topsis metodu için sıralama; Kadıköy, Ataşehir, Üsküdar ve Ümraniye ilçeleri, bulanık vikor yönteminde ise sıralama; Kadıköy, Üsküdar, Ataşehir ve Ümraniye ilçeleri olmuştur. Bulanık vikor ve topsis'den çıkan sonuç, 1. Sırada yer alan alternatif her iki yöntem için de aynıdır. Bu durum, birbirine benzer özellik gösteren ilçelerin, en kritik düzeydeki kriterlerin değerlerindeki değişime karşı bile herhangi bir etki altında olmadığını göstermektedir. Bunun nedeni ise, bu grupta yer alan ilçelerin birbirlerine karşı benzer özellikleri olan bölgeler olmasıdır. 2. Grupta yer alan alternatifler aynı kümede benzer özelliklere sahip olan ilçeler olduğu için, kriter ağırlıkları değişse bile, alternatif sıralamasında 1.sırada yer alan alternatif değişmemiştir. Duyarlılık analizinden çıkan sonuç Çizelge6.36'da özetlenmiştir.

Çizelge 6. 36 Bulanık topsis ve vikor alternatif sıralaması

	Bulanık Topsis		**Bulanık Vikor**	
	1.Alternatif set	**2. Alternatif set**	**1. Alternatif Set**	**2.Alternatif Set**
Duyarlılık Analizi Öncesi Alternatif Sıralaması	Kadıköy-Sultanbeyli-Pendik-Şile-Adalar	Kadıköy-Üsküdar-Ataşehir-Ümraniye	Kadıköy-Sultanbeyli-Pendik-Adalar- Şile	Kadıköy-Üsküdar-Ataşehir-Ümraniye
Duyarlılık Analizi Sonrası Alternatif Sıralaması	Sultanbeyli-Şile-Pendik-Adalar-Kadıköy	Kadıköy-Ataşehir-Üsküdar-Ümraniye	Kadıköy-Sultanbeyli-Şile-Adalar-Pendik	Kadıköy-Üsküdar-Ataşehir-Ümraniye

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık topsis ve bulanık vikor yöntemleri hastane kuruluş yer seçimi problemi için ele alındı. İlk olarak, karar verici grup tarafından ikinci bir hastaneyi kurmak için, İstanbul anadolu yakasındaki bütün ilçeler ele alındı. Bu ilçelerin alternatif olarak belirlenebilmesi için, literatürde geçen ve karar verici grup tarafından belirlenen kriterler tanımlandı. Bu kriterler ve alternatifler kümeleme analizi mantığı çerçevesinde, Oracle Data miner 12c paket programı yardımı ile analiz edilmiştir. Kümeleme analizi sonucu birbiri ile benzer özellikler gösteren ilçeler kümelere ayrılmıştır. Daha sağlıklı bir alternatif tercihi yapabilmek için iki seçim metodu benimsenmiştir. Bunlardan ilki, her bir kümeden bir ilçe seçerek 1. alternatif seti oluşturmaktır. İkinci seçim metodu ise, karar verici grup tarafından hastanenin hedef kitlesine daha uygun olan tek bir küme seçilerek, o kümedeki bütün ilçeler 2. alternatif set olarak tanımlanmıştır. İki farklı alternatif set oluşturulmasının amacı ise, daha hassas bir sonuç elde etmek ve elde edilen sonuçları karşılaştırabilmektir.

Oluşturulan iki farklı alternatif set bulanık topsis ve vikor yöntemlerinde kullanılmıştır. Kuruluş yer seçimine etki eden kriterlerin bulanık olması sebebi ile problem bulanık mantık çerçevesinde ele alınmıştır. Öncelikli olarak, bulanık kriterler karar verici grup tarafından belirlenerek ve literatürde yapılan benzer çalışmalardan yararlanılarak oluşturulmuştur. Her iki yöntemde bulanık karar matrisi oluşturma aşamasına kadar aynı adımları izlemektedir. Önce kriterler dilsel değişkenler yardımı ile karar verici grup tarafından tanımlanır. Sonrasında ise dilsel değişkenler bulanık üçgen sayılar yardımı ile sayısal değerlere dönüştürülür ve kriterlerin ağırlıkları hesaplanır. Benzer şekilde

alternatifler de dilsel değişkenler vasıtası ile tanımlanır ve üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek, bulanık karar matrisi elde edilir. Bu noktadan sonra, her iki yöntem farklı adımlar ile ilerlemektedir. Bulanık topsis yönteminde bulanık karar matrisi normalize edilir, ve bu matrisde kriterlerler fayda ve maliyet kriteri olarak ikiye ayrılır. Kriterler gruplandıktan sonra ise ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur. Son adım olarak, bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlere karşı alternatiflerin uzaklıkları belirlenir ve bu uzaklıklara göre yakınlık katsayıları oluşturularak alternatif sıralaması yapılmıştır. Bulanık vikor yönteminde ise, bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonraki ilk adım olarak kriterler için en iyi ve en kötü değerler belirlenmiştir ve ardından maksimum grup faydası ve minimum bireysel pişmanlık değerleri hesaplanmıştır, son adım olarak ise grup kararı olarak konsensüs değeri alınarak, sıralama indeksi oluşturulmuş ve alternatif sıralaması belirlenmiştir.

Bulanık vikor yönteminde alternatif sıralaması, ideal çözüme olan yakınlık ölçüsünü temel alırken, maksimum grup faydasını ve minimum bireysel pişmanlık değerlerini de göz önünde bulundurarak çok kriterli sıralamayı oluşturmaktadır. Bulanık topsis yönteminde ise seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın olan ve negatif ideal çözüme de en uzak olan alternatif olması amaçlanmıştır. İki farklı alternatif set ile problem çözümlenmiştir. Her iki alternatif set içinde ortak olan tek ilçe Kadıköydür. Kadıköy ilçesi, her iki alternatif sette ve hem bulanık topsis hem de bulanık vikor yöntemlerinin sonucunda da 1. Sırada yer alan ilçe olmuştur. Hem iki farklı çözüm metodunda hem de iki farklı alternatif sette Kadıköy ilçesinin 1.sırada yer alması, diğer ilçelere göre avantajlı bir üstünlük sağladığını göstermektedir. Vikor yönteminde, alternatif sıralaması sonrasında, yapılan koşul testlerinde de Kadıköy ilçesi kabul edilebilir avantaj ve karar vermede kabul edilebilir istikrar koşulunu sağlamıştır. İkinci bir hastanenin Kadıköy'de açılması, avantajlı bir tercih olacağını göstermektedir.

Sistem parametrelerindeki değişimin, sonuç üzerindeki etkisini ölçümlemek için duyarlılık analizi ile alternatifler değerlendirilmiştir. Öncelikle ağırlık değeri en yüksek olan dört adet kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriter değerleri, değiştirilerek sistem üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Bulanık topsis metodunda, birinci alternatif grubu için, kriter değerleri değiştirildiğinde alternatif sıralaması değişmiştir. Bu durum, birinci alternatif grubunda yer alan ilçelerin kriterlerdeki değişimi ile sisteme verdiği tepkiyi

göstermektedir. 1. grup alternatif set için; İş gücü potansiyeli, nüfus sayısının artma potansiyeli, bölgeye yapılacak yeni yatırım potansiyeli ve potansiyel rakip kriterleri, kuruluş yer seçimindeki riski artırmaktadır. Topsis yönteminin, kriterlerdeki değişime karşı verdiği tepki, bu yöntemin değişimlere karşı duyarlı olduğunu göstermiştir. Bulanık vikor yönteminde 1.alternatif set için, kriterlerin değerindeki değişim, alternatif sıralamasını değiştirmiştir fakat 1.sırada yer alan alternatifin sırasını değiştirmemiştir. Bu durum, vikor yönteminin topsis yöntemine göre değişimlere karşı daha az etkilendiğini göstermektedir. 2. grup alternatif set için, duyarlılık analizi yapıldığında, bulanık topsis yönteminde 1.sıradaki alternatifin sırası değişmemiştir fakat 2. ve 3. alternatiflerin sıralaması değişmiştir. Bu yöntemde, 1.sıradaki alternatifin yerinin değişmemesinin sebebi, bu grupta yer alan alternatiflerin birbirleri ile benzerlikleri 1.grupta yer alan alternatiflerin benzerliğine göre daha yüksek olmasıdır. Bulanık vikor yönteminde ise, duyarlılık analizi öncesi ve sonrasında alternatif sıralaması hiç değişmemiştir.

Topsis ve vikor yöntemlerindeki temel farklılıklar normalizasyon ve toplam fonksiyonunda ortaya çıkmaktadır. Vikor yönteminde lineer normalizasyon tekniği kullanılırken, topsis yönteminde vektörel normalizasyon tekniği kullanılmıştır. Vikor ve topsis yöntemleri, referans noktalarına olan yakınlığını, fonksiyonu toplayarak ifade etmektedir. Vikor yönteminde Q_i toplam fonksiyonu baz alınırken, topsis yönteminde C_i^* toplam fonksiyonu baz alınmıştır. Bulanık topsis ve bulanık vikor yöntemleri arasındaki temel fark, vikor yöntemi sıralama indeksinde grup faydası ve minimum pişmanlığı da ele alarak ideal çözüme olan yakınlığı temel alırken, topsis yöntemi ise seçilen alternatifin ideal çözüme olan kısa mesafesini ve negatif ideal çözüme olan uzak mesafesini temel alır. Bulanık topsis yöntemine göre en yüksek çıkan sonuç her zaman ideale en yakın çözüm demek değildir. Bu sıralamaya ek olarak Vikor yöntemi ise avantajlı bir oranla uzlaştırıcı çözüm metodu olarak önerilir. Bulanık vikor tabanlı yöntem temel alınarak oluşturulan seçim modeli; belirsizliği dikkate alabilmesi, alternatiflerin üstünlük durumunu ifade edebilmesi, sistem parametrelerindeki değişime karşı daha az etkileşim göstermesi ve uzlaşık çözüm oluşturabilmesi açısından avantajları ile ön plana çıkmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada bütünsel bir sistem yaklaşımı benimsenmiştir. Yer seçimine etki eden kriter değerlerinin belirsiz olması nedeni ile sistem bulanık mantık çerçevesinde ele alınmıştır. İstatistik tekniklerinden kümeleme analizi kullanılarak oluşan çıktı, bulanık sistem için girdi oluşturmuştur. Çok kriterli karar verme metodu olarak da bulanık topsis ve bulanık vikor yöntemleri ele alınmıştır. Sistemin her iki metodda ve her iki farklı alternatif gruptaki davranışlarını gözlemleyerek, sistemdeki risk oluşturabilecek kriterlerin değişimleri ve sistem üzerindeki etkileri duyarlılık analizi yardımı ile gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın sonunda ÇKKV metotları, kümeleme analizi ve duyarlılık analizinin kullanılması, hastane kuruluş yer seçimi problemini çözmekte oldukça faydalı olmuştur. Karar verici bir grup ile bulanık ortamda çalışarak gerçeği yansıtan çözümler elde edilmiştir. Her iki yöntemde de aynı sonucun çıkması yöntemlerin birbirleri ile tutarlılığı olduğunu göstermektedir. Bu çalışmadan çıkan sonuç, karar verici gruba yol gösterici niteliğinde olmaktadır. Daha hassas bir analiz için alternatiflerin belirlenmesi aşamasındaki kriter sayıları ve seçim aşamasında belirlenen bulanık kriter sayıları artırılabilir.

Bundan sonraki çalışmalarda, değerlendirme kriterlerinin, karar vericilerin ve alternatiflerin sayısı arttırılarak daha hassas bir analiz yapılabileceği gibi, diğer bulanık çok kriterli karar verme metotları ile de problem irdelenerek kurulan modeller ve sonuçları karşılaştırılabilir. İleride, kriterlerin ağırlık değerleri hesaplanırken AHP metodundan yararlanılarak hibrit bir ÇKKV yaklaşımı sunulabilir. ÇKKV yöntemleri hastane kuruluş yer seçimi probleminin yanı sıra tedarikçi seçimi, personel seçimi, yatırım projesi seçimi, performans değerlendirmesi ve fizibilite analizlerinin çözümünde de kullanılarak literatüre katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

[1] Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., Tal A.-G. ve Shemuel, B., (1995). "The location of a hospital in a rural region: The case of the Negev", Location Science, 3(4):255–266.

[2] Wu, C.-R., Lin, C.-T. ve Chen, H.-C., (2007). "Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis", Building and Environment, 42(:3):1431–1444.

[3] Önüt, S., Tuzkaya, U. ve Kemer, B., (2007). "An Analytical Network Process Approach to the Choice of Hospital Location", Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 25(sayı:4):367-379.

[4] Aydın, D., Öznehir, S. ve Akçalı, E., (2009). "Ankara için Optimal Hastane Yer Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2): 69-86.

[5] Zıngıl, T., (2009). Supplier Selection Using Topsis and Vikor under Fuzzy Environment, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] Şimşek, K., (2011). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Hastane Yer Seçimi ve Örnek bir Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

[7] Opricovic, S., Tzeng, G.-H., (2004). "Compromise solution by MCDM methods:A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", European Journal of Operational Research, 156(2):445–455.

[8] Tzeng, G.-H., Lin, C.-W., ve Opricovic, S., (2005). "Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation", Energy Policy, 33(11):1373–1383.

[9] Zhang, N., Wei, G., (2013). "Extension of VIKOR method for decision making problem based on hesitant fuzzy set", Applied Mathematical Modelling, 37(7):4938–4947.

[10] Göztepe, K., Boran, S., ve Yazgan, H. R., (2011). "Muharebe Alanında Hedeflerle İlgili Bulanık Mantık Esaslı Karar Verme Süreci", Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 31. Ulusal Kongresi, 6 Temmuz 2011, Sakarya.

[11] Yel, İ., (2009). Lojistik Sektöründe Bulanık Mantık Karar Sürecinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[12] Özcan, G., (2011). Portföy Yöneticilerinin Performanslarının Değerlendirilmesinde Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[13] Dokuz Eylül Üniversitesi, Bulanık Mantık, www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu /dosyalar/bul_man.doc, 16 Şubat 2013.

[14] Işıklı, Ş., (2013), Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler, http://dergiler. ankara. edu.tr/dergiler/34/923/11510.pdf, 17 Şubat 2013

[15] Boran, S., (1996). Hata Şekli ve Etkileri Analizi'nin Bulanık Küme Yaklaşımıyla Çözümlenmesi Olanağı, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[16] Esin, B., (2007). Bulanık Kümelerin Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Esntitüsü, Tokat.

[17] Ecer, F., (2006). "Bulanık Ortamlarda Grup Kararı Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy Topsis ve Bir Uygulama", İşletme Fakültesi Dergisi, 7(2):77-96.

[18] Karahan, Ç., (2007). Bulanık Küme Teorisi ile Yüksek Seviyede Buzlanma Potansiyelini Tahmin Eden Program Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[19] Güler, N., (2006). Bulanık Kümeleme Analizi ve Bulanık Modelleme Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

[20] Güleryüz, S., (2010). Geri Dönüşüm Tesislerinde Lisans Verme Probleminin Bulanık ANP ve AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[21] Ecer, F., (2007). "Üyelik Fonksiyonu Olarak Üçgen Bulanık Sayılar mı Yamuk Bulanık Sayılar mı?", Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(2):161-180.

[22] Altaş, İ., (1999)."Bulanık Mantık:Bulanıklılık Kavramı", Aylık 3e(enerji, elektrik, Elektromekanik) Dergisi, (62):80-85.

[23] Kıyak, E., Kahvecioğlu, A., (2003). "Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1(2):63-72.

[24] Yetkin, Ç., (2004). Çok Nitelikli Karar Verme ve Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Ensitütüsü, Ankara.

[25] Çitli, N., (2006). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[26] Karakaşoğlu, N., (2008). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

[27] Can, C. İ., (2006). Çok Kriterli Karar Verme Süreci için Bir Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi ve Savunma Sanayinde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

[28] Yılmaz, E., (1999) "Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü", DOA(Doğu Akdeniz) Dergisi, 5:95-122.

[29] Liao, C.-N., (2013). "An Evaluation Model Using Fuzzy Topsis and Goal Programming for TQM Consultant Selection", Journal of Testing and Evaluation, 41(1):1-9.

[30] Demir, H. H., (2010). İmalat Sektöründe Bulanık TOPSİS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[31] Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N., (2008). "Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi", Endüstri Mühendisliği Dergisi, 20(1):19-28.

[32] Akyüz, G., (2012). "Bulanık Vikor Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(1):197-210.

[33] Yılancı, V., (2010). "Bulanık Kümeleme Analizi ile Türkiye'deki İllerin Sosyoekonomik Açıdan Sınıflandırılması", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(3):453-470.

[34] Atal, S., (2015). Bulanık Kümeleme Analizi ve OECD Ülkelerinin Gelişmişlik Bakımından Kümelendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

[35] Kavılı, H., (2016). Bulanık Kümeleme Analizi ve Gençlerde Sigara İçme Eğilimi Üzerine bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[36] Kılıç, İ., (2011). "Sosyo-ekonomik göstergeler bakımından illerin bölgesel bazda benzerliklerinin çok değişkenli analizler ile incelenmesi", İstatistikçiler Dergisi, 4(2):57-68.

[37] Erişoğlu, M., (2011). Uzaklık Ölçülerinin Kümeleme Analizine Olan Etkilerinin İncelenmesi ve Geliştirilmesi Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

[38] Çam, S., Bircan, H., (2016)." Veri Madenciliğinde Kümeleme Analizi ve Sağlık Sektöründe bir Uygulaması", Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 17(2):85-95.

[39] Koltan Yılmaz, Ş., Patır, S., (2011)."Kümeleme Analizi ve Pazarlamada Kullanımı", Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 2(1):91-111.

[40] Çelik, Ş., (2013). "Kümeleme Analizi ile Sağlık Göstergelerine göre Türkiye'deki İllerin Sınıflandırılması", Doğuş Üniversitesi Dergisi, 14(2):175-194.

[41] Vatansever, M., Büyüklü, A.H., (2009)."Görsel Veri Madenciliği Tekniklerinin Kümeleme Analizlerinde Kullanımı ve Uygulanması" Sigma:Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 27(2):83-104

[42] Çakmak, Z., Uzgören, N. ve Keçek, G., (2005), Kümeleme Analizi Teknikleri ile İllerin Kültürel Yapılarına Göre Sınıflandırılması ve Değişimlerin İncelenmesi, http://dergipark.gov.tr/download/article-file/55323, 11 Kasım 2016.

[43] Böcker, A., Derksen, S., Schmidt, E., ve Schneider, G., Hierarchical k-means clustering, http://gecco.org.chemie.uni-frankfurt.de/hkmeans/H-k-means.pdf, 20 Kasım 2016

[44] Olson, D. L., (2004). "Comparison of Weights in TOPSIS Models", Mathematical and Computer Modelling, 40(7, 8):721-727.

[45] Wang, Y.-M., Elhag, T. M., (2006). "Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment", Expert Systems with Applications 31(2):309–319.

[46] Çelik, M., Cebi, S., Kahraman, C., ve Er, D., (2009)."Application of axiomatic design and TOPSIS methodologies under fuzzy environment for proposing competitive strategies on Turkish container ports in maritime transportation network", Expert Systems with Applications, 36(3):4541–4557.

[47] Dağdeviren, M., Yavuz, S. ve Kılınç, N., (2009). "Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment", Expert Systems with Applications, 36(4):8143–8151.

[48] Seçme, N. Y., Bayrakdaroğlu, A. ve Kahraman, C., (2009). "Fuzzy performance evaluation in Turkish Banking Sector using Analytic Hierarchy Process and TOPSIS", Expert Systems with Applications, 36(9):11699–11709.

[49] Tavana, M., Zandi, F. Ve Katehakis. M. N., (2013). "A hybrid fuzzy group ANP–TOPSIS framework for assessment of e-government readiness from a CiRM perspective", Information & Management, 50(7):383–397.

[50] Bas, E., (2013). "The integrated framework for analysis of electricity supply chain using an integrated SWOT-fuzzy TOPSIS methodology combined with AHP: The case of Turkey", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 44(1):897–907.

[51] Opricovic, S., (2009). "A Compromise Solution in Water Resources Planning", Water Resources Management, 23(8):1549-1561.

[52] Sanayei, A., Mousavi, S. F. ve Yazdankhah, A., (2010). "Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment", Expert Systems with Applications, 37(1):24–30.

[53] Muladvic, E., (2005)."Multi-criteria Optimization of Construction Technology of Residential Building Upon The Principles of Sustainable Development", Thermal Science, 9(3):39-52.

[54] Yücenur, G. N., Demirel, N. Ç., (2012). "Group decision making process for insurance company selection problem with extended VIKOR method under fuzzy environment", Expert Systems with Applications, 39(3):3702–3707.

[55] Kim, Y., Chung, E.-S., (2013). "Fuzzy VIKOR approach for assessing the vulnerability of the water supply to climate change and variability in South Korea", Applied Mathematical Modelling, 37(22):9419–9430.

[56] Yılmaz, E., (2012). “Bulanık AHP-VIKOR Bütünleşik Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi”, Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 33(2):331-354.

[57] Zandi, A., Roghanian, E., (2013). “Extension of Fuzzy ELECTRE based on VIKOR method”, Computers & Industrial Engineering, 66(2):258–263.

[58] Opricovic, S., Tzeng, G.-H., (2007). “Extended VIKOR method in comparison with outranking methods”, European Journal of Operational Research, 178(2):514–529.

[59] Wu, H.-Y., Tzeng, G.-H., ve Chen, Y.-H., (2009). “A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard”, Expert Systems with Applications, 36(6):10135–10147.

[60] Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A. ve Alimohammadi, A., (2009). “Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives”, Journal of Environmental Management, 90(10):3048–3056.

[61] Aydın, D., Öznehir, S. ve Akçalı, E., (2009). “Ankara için Optimal Hastane Yer Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2):69-86.

[62] Yavuz, S., ve Deveci, M., “Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleriyle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama”, Ege Akademik Bakış Dergisi, 14(3):463-479.

[63] Özdağoğlu, A., (2013). “Farklı Normalizasyon Yöntemlerinin TOPSIS’te Karar Verme Sürecine Etkisi”, Ege Akademik Bakış Dergisi, 13(2):245-257.

[64] Kaytanlıoğlu, B., (2001). Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler ve Duyarlılık Analizinin Kullanımına İlişkin bir Örnek Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya

.

EK-A

KÜMELEME ANALİZİ SONUÇLARI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
İlçeler	Adalar	Ataşehir	Beykoz	Çekmeköy	Kadıköy	Kartal	Maltepe	Pendik	Sancaktepe	Sultanbeyli	Şile	Tuzla	Ümraniye	Üsküdar
Toplam nüfus	15.263	419.368	249.727	231.818	465.954	457.552	487.337	681.736	354.882	321.730	33.477	234.372	688.347	540.617
Nüfus yoğunluğu	1,3812	16,6415	0,8046	1,5653	18,571	11,8721	9,2002	3,7876	5,6853	11,056	0,0428	1,8957	15,1919	15,3019
Ortalama hane halkı büyüklüğü	2,64	3,37	3,45	3,67	2,6	3,33	3,14	3,67	4,03	4,67	2,78	3,57	3,58	3,18
Faaliyette olan kayıtlı firma sayısı	436	21330	7330	6765	33166	14247	14078	15721	7896	5333	610	11059	24907	15927
Satılık ticari alan m2 birim fiyatı	6664	7219	6664	6664	8207	5142	5413	6664	6664	6664	6664	6664	6664	9594
Kiralık ticari alan m2 birim fiyatı	20	27	19	20	31	22	21	16	14	14	12	16	18	29
Ulaşım tipinin çeşitliliği	1	2	3	2	4	4	3	3	2	2	1	2	2	4
Hava kalite endeksi	30	40	25	45	57	54	55	52	35	29	25	60	83	38
Belediyelerin çevresel harcamaları	9.747.987	31.273.974	30.129.933	9.363.328	45.674.213	30.546.659	31.966.631	40.434.399	22.504.857	13.299.795	13.321.348	16.343.280	29.976.226	44.048.129
Banka şube sayısı	6	85	37	27	297	70	73	89	25	22	8	58	144	102
Eczane sayısı	17	163	90	49	452	149	214	193	60	78	9	52	205	233
Kara alanı km2	11,05	25,2	310,36	148,09	25,09	38,54	52,97	179,99	62,42	29,1	781,72	123,63	45,31	35,33
Eğitim kurum sayısı	14	194	128	127	223	162	176	215	120	116	30	117	214	260
Hastane sayıları	1	7	2	0	12	8	8	9	2	3	1	3	7	14
Devlet hastane sayısı	1	2	1	0	3	4	4	2	0	1	1	1	1	6
Özel hastane sayısı	0	5	1	0	9	4	4	7	2	2	0	2	6	8
Kişi başına düşen yeşil alan	15,3	0,18	8,11	3	1,18	0,26	0,57	9,72	0,23	2,22	2,82	2,15	1,6	7,15
Önlisans ve lisans mezun oranı	0,1523	0,2145	0,1201	0,1783	0,2873	0,1293	0,1535	0,1146	0,1256	0,1278	0,1598	0,1465	0,1604	0,1677
Deprem durumunda tahmini ölüm oranı	%5-%10	%0-%0,5	%0-%0,5	%0-%0,5	%0-%0,5	%0,5-%1	%0,5-%1	%0,5-%1	%0-%0,5	%0-%0,5	%0-%0,5	%1-%2	%0-%0,5	%0-%0,5
Nüfus artış oranı	-0,0156	0,1263	0,0269	0,1023	0,0116	0,053	0,0316	0,0734	0,2036	0,2154	0,0118	0,0358	0,087	0,0237
Sağlık ocak sayısı	4	23	20	12	36	26	36	35	20	21	2	17	36	42

EK-B

DEĞİŞEN KRİTERLERİN DİLSEL TANIMLARI

KRİTERLER	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3	Karar Verici 4	Karar Verici 5	Karar Verici 6	Karar Verici 7	Karar Verici 8
K1	O	OD	D	O	O	Y	O	ÇD
K2	ÇD	D	ÇD	ÇD	ÇD	D	D	D
K3	ÇD	D	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD
K4	ÇD	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD
K5	ÇY	D	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y
K6	ÇD	D	D	D	ÇD	ÇD	D	ÇD
K7	Y	ÇD	O	Y	ÇY	Y	ÇY	Y
K8	OY	O	OD	Y	ÇY	O	OD	D
K9	ÇY	ÇY	Y	O	O	O	ÇY	ÇD
K10	ÇY	ÇY	Y	O	O	O	ÇY	ÇD
K11	OY	ÇY	ÇD	OY	OY	O	OY	Y
K12	Y	Y	OY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	OY
K13	Y	Y	OY	Y	OY	Y	Y	Y
K14	Y	Y	OD	D	Y	O	OY	O
K15	Y	ÇY	O	OD	Y	ÇY	Y	Y
K16	OY	O	D	D	O	O	O	ÇY
K17	Y	Y	Y	OY	OY	Y	Y	ÇY
K18	Y	Y	ÇD	D	ÇY	OY	Y	O

EK-C

DEĞİŞEN KRİTER DEĞERLERİ

KRİTERLER		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18
Karar Verici 1	l	0,3	0	0	0	0,9	0	0,7	0,5	0,9	0,9	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7
	m	0,5	0	0	0	1	0	0,9	0,7	1	1	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9
	u	0,7	0,1	0,1	0,1	1	0,1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	1	1	0,9	1	1
Karar Verici 2	l	0,1	0	0	0,9	0	0	0	0,3	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,9	0,3	0,7	0,7
	m	0,3	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0	0,5	1	1	1	0,9	0,9	0,9	1	0,5	0,9	0,9
	u	0,5	0,3	0,3	1	0,3	0,3	0,1	0,7	1	1	1	1	1	1	1	0,7	1	1
Karar Verici 3	l	0	0	0	0	0,7	0	0,3	0,1	0,7	0,7	0	0,5	0,5	0,1	0,3	0	0,7	0
	m	0,1	0	0	0	0,9	0,1	0,5	0,3	0,9	0,9	0	0,7	0,7	0,3	0,5	0,1	0,9	0
	u	0,3	0,1	0,1	0,1	1	0,3	0,7	0,5	1	1	0,1	0,9	0,9	0,5	0,7	0,3	1	0,1
Karar Verici 4	l	0,3	0	0	0	0,9	0	0,7	0,7	0,3	0,3	0,5	0,7	0,7	0	0,1	0	0,5	0
	m	0,5	0	0	0	1	0,1	0,9	0,9	0,5	0,5	0,7	0,9	0,9	0,1	0,3	0,1	0,7	0,1
	u	0,7	0,1	0,1	0,1	1	0,3	1	1	0,7	0,7	0,9	1	1	0,3	0,5	0,3	0,9	0,3
Karar Verici 5	l	0,3	0	0	0	0,9	0	0,9	0,9	0,3	0,3	0,5	0,9	0,5	0,7	0,7	0,3	0,5	0,9
	m	0,5	0	0	0	1	0	1	1	0,5	0,5	0,7	1	0,7	0,9	0,9	0,5	0,7	1
	u	0,7	0,1	0,1	0,1	1	0,1	1	1	0,7	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1
Karar Verici 6	l	0,7	0	0	0	0,9	0	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,9	0,7	0,3	0,9	0,3	0,7	0,5
	m	0,9	0,1	0	0	1	0	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,9	0,5	1	0,5	0,9	0,7
	u	1	0,3	0,1	0,1	1	0,1	1	0,7	0,7	0,7	0,7	1	1	0,7	1	0,7	1	0,9
Karar Verici 7	l	0,3	0	0	0	0,9	0	0,9	0,1	0,9	0,9	0,5	0,9	0,7	0,5	0,7	0,3	0,7	0,7
	m	0,5	0,1	0,1	0	1	0,1	1	0,3	1	1	0,7	1	0,9	0,7	0,9	0,5	0,9	0,9
	u	0,7	0,3	0,3	0,1	1	0,3	1	0,5	1	1	0,9	1	1	0,9	1	0,7	1	1
Karar Verici 8	l	0	0	0	0	0,7	0	0,7	0	0	0	0,7	0,5	0,7	0,3	0,7	0,9	0,9	0,3
	m	0	0,1	0	0	0,9	0	0,9	0,1	0	0	0,9	0,7	0,9	0,5	0,9	1	1	0,5
	u	0,1	0,3	0,1	0,1	1	0,1	1	0,3	0,1	0,1	1	0,9	1	0,7	1	1	1	0,7

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Çiler Özgür

Doğum Tarihi ve Yeri : 05.11.1985, Denizli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : cilerozgur@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Endüstri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2010
Lise	Fen	Türk Eğitim Vakfı Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma	Görevi
2013 - Devam Ediyor	Toyota Pazarlama ve Satış A.Ş.	Kıdemli Uzman
06/2011-06/2012	Garanti Emeklilik	Sistem Analisti