



**ÇOK KRİTERLİ YER SEÇİMİ PROBLEMİNE
STOKASTİK AHP, BULANIK MOORA VE
BULANIK VIKOR YAKLAŞIMLARI
VE BİR UYGULAMA**

Şeyma EMEÇ

**Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yönelem Araştırması Bilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA
2016**

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇOK KRİTERLİ YER SEÇİMİ PROBLEMİNE STOKASTİK AHP,
BULANIK MOORA VE BULANIK VIKOR YAKLAŞIMLARI
VE BİR UYGULAMA**

Şeyma EMEÇ

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Yöneylem Araştırma Bilim Dalı**

**ERZURUM
2016**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ÇOK KRİTERLİ YER SEÇİMİ PROBLEMİNE STOKASTİK AHP, BULANIK MOORA VE BULANIK VIKOR YAKLAŞIMLARI VE BİR UYGULAMA

Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA danışmanlığında, Şeyma EMEÇ tarafından hazırlanan bu çalışma 14/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı – Yöneylem Araştırma Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (3./0.)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Elif Kılıç DELİCE

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 21/01/2016 tarih ve 4/34 nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇOK KRİTERLİ YER SEÇİMİ PROBLEMİNE STOKASTİK AHP, BULANIK MOORA VE BULANIK VIKOR YAKLAŞIMLARI VE BİR UYGULAMA

Şeyma EMEÇ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yöneylem Araştırma Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA

Lojistik maliyetlerine önemli etkisi olan depo yer seçimi problemi, birden fazla çelişen kriter altında en iyi alternatifin seçimine dayanan önemli bir karar problemidir. Çeşitli kriterleri içeren karar problemlerine çözüm yaklaşımı olarak çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, belirsiz durumları içinde barındıran stokastik bir ortamdaki depo yer seçimi probleminin çözümü için yeni stokastik ÇKKV yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımda kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için Stokastik Analitik Hiyerarşi Prosesi (SAHP) metodu kullanılmıştır ve Bulanık MOORA (Multi Objective Optimization by Ratio Analysis) ve Bulanık VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemleri ile de alternatif sıralaması ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada, Türkiye’de birçok bölgede bayisi olan bir süpermarketin depo yer seçimi problemi için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımda yer alan yöntemler literatürde daha önce birlikte kullanılmamıştır.

2016, 75 sayfa

Anahtar Kelimeler: Depo yer seçimi, Stokastik ÇKKV, Stokastik AHP, Bulanık MOORA, Bulanık VIKOR

ABSTRACT

MS Thesis

MULTICRITERIA LOCATION SELECTION PROBLEM STOCHASTIC AHP, FUZZY MOORA AND FUZZY VIKOR APPROACHS AND AN APPLICATION

Şeyma EMEÇ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering
Operations Research Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gökay AKKAYA

The warehouse location selection problem which have a significant impact on logistics costs is an important decision problem which base on the best choice of alternatives under multiple conflicting criteria. Multiple-criteria decision-making (MCDM) methods are used as solution approach to the decision problems including several criteria. In this study, a new stochastic multi-criteria decision-making approach has been developed to solve the warehouse location problem in the stochastic environment which contains uncertain situations. In developed approach, the stochastic analytic hierarchy process (AHP) method was used to calculate the weight of criteria, and the alternatives were ranked and evaluated by fuzzy MOORA (Multi Objective Optimization by Ratio Analysis) and fuzzy VIKOR (Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). In this study, a new approach has been developed for the warehouse location selection problem of a supermarket that has sellers in many regions in Turkey. The methods in the proposed approach has never been used together in the literature before.

2016, 75 pages

Keywords: The warehouse location selection, Stochastic ÇKKV, Stochastic AHP, Fuzzy MOORA, Fuzzy VIKOR

TEŞEKKÜR

Çalışmanın her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, yardımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam, tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA'a ve Endüstri Mühendisliği Bölümündeki diğer saygıdeğer hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma süresince değerli görüş ve önerilerinden yararlandığım, çalışmamda önemli katkı ve yardımları olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Muhammed YAYLA'ya, Sayın Arş. Gör. Erdem TOKTAY'a ve Sayın Arş. Gör. Şule Gül TOKTAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, sevgi ve güvenleriyle her zaman yanımda olan başta annem ve babam olmak üzere değerli aileme ve kıymetli eşim Aydoğan EMEÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şeyma EMEÇ

Ocak, 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1. Yer seçimi problemleri	7
3.1.2. Depo tanımı	8
3.1.2.a. Depolamanın faydaları genel olarak aşağıdaki şekilde sıralanabilir	8
3.1.3. Stokastik süreçler	10
3.1.3.a. Stokastik süreçlerin sınıflandırılması	11
3.1.4. Çok kriterli karar verme (ÇKKV)	13
3.1.4.a. Çok kriterli karar verme metodlarının genel amaçları şunlardır	14
3.1.4.b. Bazı ÇKKV yöntemleri	14
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Stokastik AHP	17
3.2.2. MOORA yöntemi	21
3.2.2.a. Oran metodu	21
3.2.2.b. Referans noktası yaklaşımı.....	22
3.2.2.c. Önem katsayısı	23
3.2.2.d. Tam çarpım formu.....	24
3.2.2.e. Multi-moora.....	24
3.2.3. Bulanık mantık	25
3.2.3.a. Bulanık küme teorisi ve üyelik fonksiyonları.....	25
3.2.3.b. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler.....	26

3.2.4. Bulanık MOORA	28
3.2.5. Vikor yöntemi.....	31
3.2.6. Bulanık vikor yöntemi.....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	36
4.1. Önerilen Stokastik AHP- Bulanık MOORA ve Stokastik AHP-Bulanık VIKOR Yöntemleri İçin Bir Uygulama	36
4.1.2. Bulanık çok kriterli karar verme hesaplamaları	39
4.1.2.a. Stokastik AHP-bulanık MOORA hesaplamaları	39
4.1.2.b. Stokastik AHP-bulanık VIKOR hesaplamaları	55
5. SONUÇ	59
KAYNAKLAR	61
EKLER	65
EK 1.....	65
EK 2.....	67
EK 3.....	69
EK 4.....	71
EK 5.....	73
EK 6.....	75
EK 7.....	77
EK 8.....	77
ÖZGEÇMİŞ	78

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

\tilde{M}	M bulanık Kümesi
$m(\tilde{\alpha}_{ij}, \tilde{\beta}_{ij})$	Beta Dağılımının Medyan Değeri
\tilde{a}_{ij}	Beta Rastgele Değişkeni
$E(\tilde{a}_{ij})$	Örnek Ortalaması
$\text{Var}(\tilde{a}_{ij})$	Örnek Varyansı
I	Parametre Kümesi
S	Durum Uzayı
S_i	Performans İndeksi
X	Bulanık Karar Matrisi
\underline{X}	Soyut Zamanlı Stokastik Süreç
X(t)	Rassal değişken

Kısaltmalar

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	Analitik Network Süreci
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DEMATEL	The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality
LO	Layout Optimizer – Yerleşim En iyilemesi
MOM	The Method of Moments
MOORA	Multi Obejective Optimization by Ratio Analysis
NLP	Non Lineer Programalama
PROMETHEE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation

PSLAP	Planar Storage Location Assignment Problem
RTLS	Real Time Location Systems
SMAA	Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kesikli zamanda yol izleyen bir stokastik süreç örneği.....	11
Şekil 2.2. Sürekli zamanda yol izleyen bir stokastik süreç örneği.....	11
Şekil 2.3. Karar hiyerarşisini genel yapısı	13
Şekil 3.1. Üçgensel bulanık sayı.....	26
Şekil 4.1. Depo yer seçimi karar hiyerarşisi	38



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Saaty'nin ikili karşılaştırma ölçüğü	17
Çizelge 3.2. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin kıyaslanması	28
Çizelge 3.3. Alternatifler değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler.....	29
Çizelge 4.1. Depo sorumlusuna ait stokastik ikili karşılaştırma matrisi.....	40
Çizelge 4.2. Depo sorumlusuna ait ikili karşılaştırma matrisinin Beta dağılımına dönüşürülmüş hali.....	42
Çizelge 4.3. Depo sorumlusuna ait Beta dağılımı halindeki ikili karşılaştırma matrisinin Net değere dönüştürülmüş hali	44
Çizelge 4.4. Birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi.....	46
Çizelge 4.5. Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi	48
Çizelge 4.6. Depo sorumlusuna ait bulanık karar matrisi.....	50
Çizelge 4.7. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi.....	51
Çizelge 4.8. Normalize bulanık karar matrisi	52
Çizelge 4.9. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi	53
Çizelge 4.10 Alternatiflerin performans sıralaması	54
Çizelge 4.11. Bulanık en iyi (\tilde{f}_j^*) ve bulanık en kötü (\tilde{f}_j^-) değerler	55
Çizelge 4.12. \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri.....	56
Çizelge 4.13: \tilde{S}_i^* , \tilde{S}_i^- , \tilde{R}_i^* ve \tilde{R}_i^-	56
Çizelge 4.14. Q_i , S_i ve R_i indeksleri ve alternatiflerin sırası	57
Çizelge 4.15. Karar vermede kabul edilebilir istikrar.....	57
Çizelge 4.16. Q_i , S_i ve R_i indeksleri ve alternatiflerin sırası (v=0)	58
Çizelge 4.17. Q_i , S_i ve R_i indeksleri ve alternatiflerin sırası (v=1)	58

1. GİRİŞ

Günümüzün hızla değişen ve gelişen hayat şartları firmaları doğru karar vermeye yöneltmektedir. Böyle bir ortamda firmaların ayakta kalabilmeleri ve rekabet avantajı sağlayabilmesi için karar değişkenlerini ve karar verme prosesini doğru şekilde tanımlayıp yürüterek sağlıklı ve geçerli bir karar vermeleri gerekmektedir.

Karar verme sürecini doğru şekilde yürütmek için birden fazla kriter altında en iyi alternatifi seçmemize yardımcı olan çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri kullanılmaktadır. ÇKKV, pek çok sayıda çelişen kriterler içeren değerlendirme ve sıralama problemleri çözümü için sık kullanılan bir yöntemler dizisidir.

Gerçek hayat problemlerinde, alternatiflerin kriter değerlerinin ve kriter ağırlıklarının kesin olarak bilinmediği durumlar olabilir. Belirsiz veya kesin olmayan alternatiflerin kriter değerleri stokastik olarak ifade edilip çözüm için Stokastik ÇKKV yaklaşımı geliştirilebilir.

Günümüz şartlarında, firmalar küreselleşen pazara ayak uydurmak için maliyetlerini sürekli olarak sorgulamaktadırlar ve maliyeti azaltmak için bu kapsamda verilmesi gereken birçok karar vardır. Depo yer seçimi problemi, lojistik maliyetlere etkisi olduğundan dolayı önemli bir karar problemidir. Bu tip problemleri çözmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemlerden biriside ÇKKV teknikleridir. Bu tezde yeni bir depo yer seçimi modeli, dağıtım ağı verimliliğine katkı sağlamak ve maliyetlerini minimize etmek amacıyla geliştirilmiştir.

Depo yer seçimi problemleri ile ilgili literatüre bakıldığında sıklıkla kullanılan yöntemler şu şekildedir; genellikle kriter ağırlıklandırmada kullanılan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi, genetik algoritma tabanlı matematiksel model, alternatif sıralama amacı ile kullanılan VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), MOORA (Multi Objective Optimization by Ratio Analysis), TOPSIS

(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) yöntemleridir. Bu çalışmada depo yer seçimi problemlerine çözüm yaklaşımı olarak stokastik AHP ve Bulanık MOORA yöntemlerinin bir arada kullanılması açısından literatürde yapılan ilk çalışma olması amaçlanmıştır.

Bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışmanın konusu, amacı ve çalışma ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. İkinci bölümde çalışma ile ilgili temel kavramlardan bahsedilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde uygulamada kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde önerilen model bir gerçek hayat problemine uygulanmıştır. Çalışmanın beşinci bölümünde, yani son bölümünde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Firmalar günümüz ekonomik şartlarında pazara ayak uydurmak için maliyetlerini sürekli olarak sorgulamaktadırlar ve maliyeti azaltmak için bu kapsamda verilmesi gereken pek çok karar vardır. Depo yer seçimi problemi, lojistik maliyetlere etkisi olduğundan dolayı önemli bir karar problemidir. Çalışmada yeni bir depo yer seçimi modeli, dağıtım ağı verimliliğine katkı sağlamak ve maliyetleri minimize etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu nedenle depo yer seçimi ve stokastik süreçler ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Gülsün vd (2009) yaptıkları çalışmada tesis yerleşim tasarım problemi için başarılı bir metot olan Genetik Algoritma'dan faydalanmışlar ve çözüm için Visual Studio C++ 6.0 ortamında LO (Layout Optimizer–Yerleşim En İyileyici) isimli bir yazılım geliştirmişlerdir.

Demirel *et al.* (2010)'ne göre depo yerleşimi çoğu nitel ve nicel faktörlerden etkilenen bir uzun dönem karardır. Depo yer seçiminde kullanılan geleneksel yaklaşımlar belirsiz faktörler ele alındığında daha az etkilidir. Choquet Integral'i bu belirsizliği ele alan uygun çok kriterli bir metottur. Yapılan bu çalışma, Türkiye'de bir lojistik firmasına uygulanan gerçek depo yerleşim probleminde Choquet Integrali'nin başarılı olduğunu göstermiştir.

Durmuş (2010) yaptığı çalışmada lojistik kavramını tanımlamış ve sektörün önemini vurgulamıştır. Yer seçimine etki eden faktörleri ve önem derecelerini ortaya koyacak bir model geliştirmiştir.

Park and Seo (2010) düzlemsel depo yer seçimi probleminin (PSLAP: Planar Storage Location Assignment Problem) çözümü için genetik algoritma tabanlı bir matematiksel model ve dinamik PSLAP sezgisel algoritma geliştirerek bu iki metodun performansını

karşılaştırmışlardır. Sonuçlar dinamik PSLAP sezgisel algoritma performansının daha iyi olduğunu göstermiştir.

Erden ve Coşkun (2011) çalışmalarında itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin saptanması problemini ele almışlardır ve AHP yöntemi ile her bir alternatif için önem derecesi belirlenerek sıralama işlemini yapmışlardır.

Yılmaz vd (2011) literatürde etkin ve verimli bir tedarik zinciri için oldukça temel, karmaşık, çözümü ve modellenmesi güç ve zaman aldığı için çok nadir incelenmiş bir tesis yer seçim problem tipi olan depo yeri seçimi problemini ele almışlardır. Probleme genetik algoritma yaklaşımı ile çözüm getirmişlerdir.

Özcan *et al.* (2011) yaptıkları çalışmada literatürde yaygın kullanılan ve iyi bilinen AHP, TOPSIS, ELECTRE ve Grey Theory metotlarını karşılaştırmışlardır. Bu metotların avantaj ve dezavantajlarını sunmuşlardır. Daha sonra bu metotları bir depo seçim problemine uygulamışlardır. TOPSIS VE ELECTRE ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Rahmani *et al.* (2012) tarafından yapılan çalışmada proje seçimi problemi ele alınmıştır. Makalede AHP kullanılarak proje seçimi kalite ve miktar kriterlerinin ağırlıkları hesaplanmıştır. Önerilen 99 proje ile ilgili veriler toplanmıştır. Stokastik model ile oluşturulan senaryo sonuçları ile deterministik model sonuçları karşılaştırılmış ve projelerin doğasında farklı senaryolar var olduğu için stokastik temelli model tercih edilmiştir.

Mousavi *et al.* (2013) çalışmalarında otoyol projesinde önemli risklerin seçim probleminde 3 kriter altında 5 alternatifi değerlendirirken bir bulanık stokastik çok kriterli karar verme yaklaşımını kullanmışlardır. Stokastik uzlaşık sıralama tekniği olarak bilinen VIKOR yöntemi ile alternatifler için olasılık dağılımları değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçları kullanılan tekniğin, gerçek hayat problemlerine uygulanabilirliğini ve uygunluğunu göstermiştir.

Uludağ ve Deveci (2013) yaptıkları çalışmada Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin havalimanı kuruluş yeri seçimi probleminde uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma, Ankara da ikinci bir havalimanına ihtiyaç duyulduğu için ikinci bir pistin açılması durumunda yer seçimi için 5 alternatif bölge 9 ana kriter ve 34 alt kriter altında değerlendirilmiştir. Yöntemler gereği; karar vericilerin değerlendirmelerinin, çözüm sürecine dahil edilebilmesi amacıyla yamuk bulanık sayılar kullanılmış; problem her iki yöntemle göre çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemle ulaşılan sonuçlar, alternatifler arasındaki sıralamada bir değişiklik olmadığını göstermiştir.

Ömürbek vd (2013) tarafından yapılan çalışmada kuruluş yeri seçiminde AHP yöntemi kullanılarak Isparta ilinde hayvancılık yapılabilecek alanların belirlenmesine çalışılmıştır. Çalışmada Isparta ilindeki 7 ilçe 5 farklı kritere göre karşılaştırılarak optimum kuruluş yerine karar verilmiştir.

Aktepe ve Ersöz (2014) ürünlerin dağıtım ağı verimliliğine katkı sağlamak ve lojistik maliyetlerini minimize etmek amacıyla depo yer seçimi modeli geliştirmişlerdir. Çalışmalarında depo yer seçimi probleminin çözümü için 3 farklı yöntem incelemişler; AHP, VIKOR, MOORA. AHP metodunu kriter ağırlıklandırılmasında kullanırken, VIKOR ve MOORA metodunu alternatif sıralamada kullanmışlardır.

Sarıkaya vd (2014) yaptıkları çalışmada, piyasa taleplerinin belirsiz olduğu bütünleşik bir tedarik zinciri ağındaki birden fazla ölçülemeyen amacı gerçekleştirmek için çok ürünlü, çok aşamalı ve çok dönemli planlama modeli önermişlerdir. Model çözümünde GAMS optimizasyon programını kullanmışlardır. Çalışmadaki uygulama sonuçları, bulanık modelleme ve çözüm yaklaşımlarının daha gerçekçi tedarik zinciri modelleri oluşturulmasında kullanılabilceğini göstermiştir.

Jalao *et al.* (2014) çalışmalarında belirsiz kriterler için bir stokastik AHP yaklaşımı ele almışlardır. Çalışmada tek bir amaç için (G), 4 kriter (1,2,3,4) altında 4 alternatif (A,B,C,D) değerlendirilmiştir. Stokastik ikili karşılaştırma matrisi (İKM) bir algoritma

yardımıyla beta dağılımlı İKM'ye dönüştürülmüştür ve bu matrisin ağırlıkları Non Lineer Programlama (NLP) metodolojisi ile hesaplanmıştır ve en büyük ağırlık değerine sahip olduğu için D alternatifi en iyi seçenek olarak seçilmiştir.

Jato-Espino *et al.* (2014) geçirgen asfalt seçim problemi için birkaç mevcut karar verme araçlarının birleşimine dayalı yeni birçok kriterli modeli önermişler ve doğrulamışlardır. Bu model Monte Carlo Simülasyonu, Bulanık kümeler ve AHP metodunu içerir.

Sawicki and Sawicka (2014) yaptıkları çalışmada, tam zamanında üretim sistemini temel alan bir araç üretim şirketi için parça ve bileşenlerin dağıtım sürecinin iyileştirilmesine odaklanmışlardır. Mevcut lojistik sürecindeki değişimleri temsil eden varyans kümeleri simülasyon yardımıyla oluşturulmuş ve bu değişkenleri stokastik Electre III metodu ile sıralayarak uygun varyans seçimi yapılmıştır.

Sargın ve Okudum (2014) çalışmalarında Isparta'da elmanın bol bulunmasından dolayı yoğun miktarda bulunan soğuk hava deposu kavramı üzerinde durmuşlardır. Geçmişten günümüze kadar geçen sürede soğuk hava depolarının gelişimi, soğuk hava depolarının il içerisinde dağılımı ve bu dağılışa etki eden faktörler hakkında bilgi vermişlerdir.

Budak and Ustundag (2015) farklı sektörlerde faaliyet gösteren şirketler için uygun gerçek zamanlı yerleşim sistemi (RTLS: Real Time Location Systems) seçmek için bir karar verme modeli geliştirmişlerdir. Ve uygun RTLS seçimi için bulanık AHP metodunu önermişlerdir.

Yukarıda öncede bahsedildiği gibi depo yer seçimi problemleri ile ilgili literatürde sık kullanılan yöntemler şunlardır; AHP yöntemi, genetik algoritma tabanlı matematiksel model, VIKOR ve MOORA metodu, TOPSIS ve ELECTRE yöntemidir. Bu çalışmada depo yer seçimi problemlerine çözüm yaklaşımı olarak önerilen stokastik AHP ve Bulanık MOORA yöntemlerinin bir arada kullanması literatürde yapılan ilk çalışma olarak önem taşımaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Yer seçimi problemleri

Alfred Weber, antik dönemlere ait yerleşim teorisi ile ilgili çağdaş yazıların rehberidir (Reid 1966). Weber'in 1909 yılında depo yer seçimi ile ilgili yaptığı çalışma ile yer seçimi çalışmaları başlamış ve günümüzde de devam etmektedir (Ballı 2014).

Yer seçimi kararları şirketlerin ve kurumların geleceğine önemli etkisi olan kararlardır. Günümüzün hızla değişen hayat şartlarında alınan ekonomik kararların önemi giderek artmakta bundan dolayı yer seçimi kararlarının önemi de giderek artmaktadır.

Gerek özel sektörde gerekse kamu sektöründe yer seçimi problemleri büyük yatırımlar gerektirdiği için detaylı incelemeler ve değerlendirmeler sonucu verilmesi gereken kararlardır. Sektörlere göre hedeflenen amaçlar farklılık gösterebilir. Örneğin kamu sektöründe amaç hizmet verilen kişilere adil bir şekilde mümkün olan en kısa sürede en iyi hizmeti sunmaktır. Özel sektörde ise amaç kârı maksimize etmektir.

Yer seçimi problemlerinin literatürde yaygın olarak kullanılan uygulamaları aşağıdaki gibidir:

- ✓ Depo yer seçimi problemleri,
- ✓ Tesis yer seçimi problemleri,
- ✓ Atık depo yer seçim problemleri,
- ✓ Okul, hastane ve itfaiye gibi kamu hizmet binalarının seçimi problemleri ve
- ✓ Operatörler için baz istasyon yer seçimi problemleridir (Ballı, 2014).

3.1.2. Depo tanımı

En basit ifade ile deponun tanımı malların ihtiyaç anına kadar saklandığı yerlerdir.

Diğer bir ifade ile depo; katma değer üreten ve sevk zamanlarının kısaltılması, müşteri sipariş süresinin azaltılmasına katkı sağlayan yerlerdir (Kara 2014).

Deponun kapsamlı tanımı ise ürünlerin hammadde tedarik aşamasından üretim süreci, daha sonra tüketim merkezlerine ve dağıtımına kadar olan bütün faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde rol oynayan ara noktalardır (Kara 2014).

3.1.2.a. Depolamanın faydaları

- ✓ Depolama ile mallar güvenli bir şekilde saklanabilir ve muhafaza edilebilir.
- ✓ Kısa bir sürede teslim edilme imkanı sağlar.
- ✓ Bir ürünün “kalite ve fiyat” dışında önem taşıyan “fayda ve bulunabilme” gibi iki özelliği vardır.
- ✓ Depolama faaliyetleri müşterilere istenen hizmeti zamanında verir
- ✓ Üretim maliyetlerinin etkin bir şekilde azaltılmasını sağlar (Lojistik Defteri 2011).

3.1.2.b. Depo yer seçimi

Ürünleri depolamanın geçmişi çok eski tarihe dayanmaktadır. Depoların eski Mısırda açıktan korunmak amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. İnsanoğlu elde ettiği tarımsal ürünler ile hem kendi besin ihtiyaçlarını karşılamak hem de geçim kaynağı olarak değerlendirebilmek için ürünlerin depolanmasına ve korunmasına çok önem vermiştir. Ürünlerin depolanması, eskiden basit bir şekilde hazırlanmış kapların, kuyuların içerisinde, herhangi bir ısı kontrol yapılmadan gerçekleştirilirken günümüzde ise bu işlem bilim ve teknoloji sayesinde çok hızlı bir gelişim göstermektedir. Artık ürünlerin uzun süreli muhafazası modern tesislerde, makineler yardımıyla, soğutma ortamının ısı

ve nem bileşimi kontrol edilerek üründeki bozulma ve çürümeler en aza indirilerek yapılmaktadır. Bu gelişmeler sayesinde artık ürünler daha uzun süre depolanabilmekte, depolamadan kaynaklanan kalite kaybı azalmakta, depolanan ürünün ticari getirisi daha da yükselmekte, her mevsim uygun fiyata taze meyve ve sebze bulmak mümkün olmakta ve bu faaliyet paketlemeden nakliyeye kadar pek çok sektörde istihdam yaratmaktadır (Sargın ve Okudum 2014).

Depo yeri seçimini ilgilendiren karar, işlerin bugünkü ve gelecekteki durumu da göz önüne alındığında, çok önemli bir konudur ve büyük oranda yatırım içermektedir. Günümüzde depolar yalnızca malların saklanması ve korunması amacının dışında birtakım katma değerli hizmetlerin verildiği, müşteriye hızlı ulaşımın sağlandığı merkezler haline gelmiştir. Literatür incelendiğinde depo yerlerinin belirlenmesinde dikkate alınabilecek kriterler aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Ulaşım çeşitliliği, imkanları ve maliyetleri,
- Tedarikçilere yakınlığı,
- Bölgedeki müşteri taleplerinin miktarı,
- Bölgelerin gelişmişlik oranı,
- Bölgelerin doğal kaynaklara yakınlığı,
- Deponun kapasitesi,
- Müşterilere yakınlık,
- İş gücü maliyetleri,
- Bölgenin depreme dayanıklı olması,
- Arsa maliyeti,
- İklim şartları,
- Elde tutma maliyetleri,
- İletişim sistemleri,
- Elektrik, su, telefon alt yapısı.

Depo yeri seçimi, depo işletimi, depolar arası taşımalar, artan ve değişim halinde olan müşteri beklentilerinden dolayı firmalar açısından büyük önem taşımaktadır. Bu

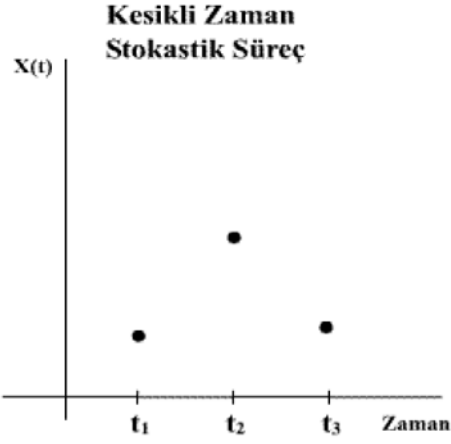
beklentiyi karşılayacak depoların edinilmesi ve işletilmesi firmalar açısından önemli bir yatırım ve maliyet unsurudur. Dolayısıyla depo yer seçimi kararı uzun vadeli ve stratejik kararlar olup şirket kârlılığı üzerindeki etkileri yıllar boyu sürecektir (Can vd 2006).

3.1.3. Stokastik süreçler

Bir stokastik süreç, zamana göre rassal bir şekilde değişen bir fenomen (olay) için matematiksel modeldir. Diğer bir deyişle zamanla olasılık kurallarına göre değişim gösteren süreçtir.

Stokastik süreçler teorisi, temel bilimlerden finans ve sosyal bilimlere kadar çok değişik alanlarda ortaya çıkan ve zaman içerisinde olasılık kurallarına göre değişen sistemleri modellemek için kullanılır.

Tanım: Bir stokastik süreç $\underline{X} = \{X(t) \in T\}$ rassal değişkenlerin toplamıdır. Bunun anlamı T dizisinde her bir t için X(t) bir rassal değişkendir. t genellikle zaman olarak değerlendirilir ve X(t), t zamandaki sürecin durumu olarak adlandırılır. Eğer T dizisi hesaplanabilir bir dizi ise, \underline{X} soyut zamanlı bir stokastik süreç olarak adlandırılır ve eğer T bölünmemişse (kesikli değilse) o zaman sürekli bir zaman süreci olarak adlandırılır (Önalın 2010). Şekil 2.1'de ve Şekil 2.2'de sırasıyla kesikli zamanda yol izleyen bir stokastik süreç örneği ve sürekli zamanda yol izleyen bir stokastik süreç örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Kesikli zamanda yol izleyen bir stokastik süreç örneği



Şekil 2.2. Sürekli zamanda yol izleyen bir stokastik süreç örneği

3.1.3.a. Stokastik süreçlerin sınıflandırılması

Stokastik süreçler, sürecin olasılık dağılımı üzerine konan belirli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Sınıflandırmaya temel oluşturan kriterler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

1. Olasılık yapısı
2. Özel süreçler

3. Metodlar ve problemler

4. Uygulamalar

Bu kriterlerin her biri için parametre kümesi (I) ve durum uzayı (S)'nin kesikli ve sürekli olmasına göre tekrar bir sınıflandırma yapılır.

a. Kriterine göre temel stokastik süreçler: Markov süreçleri, Martingaleler, Nokta süreçleri, Durağan süreçler ve Bağımsız artmalı süreçlerdir.

Bir stokastik sürecin bulunduğu durumu bilindiğinde sürecin geleceği, geçmişten bağımsız olarak sadece duruma bağımlı ise sürece **Markov süreci** denir.

Martingaller, geleceğin beklenen değerinin, sürecin bugünkü bilinen değerine eşit olması özelliğine dayanarak tanımlanan bir stokastik süreçtir.

Nokta süreçleri: Nokta süreçleri nadir gerçekleşen olayları sayan özel stokastik süreçlerdir. Sayım süreçleri olarak da adlandırılır. Sayım süreçlerinin en temel örneği, Poisson sürecidir.

Durağan süreç: Sürecin sonlu boyutlu dağılımlarının tümü sadece zaman arklarına bağımlıdır. Burada durağanlık olasılıksal anlamda kullanılmaktadır. Yani o bireysel örneklem fonksiyonlarının zamanla değişmediğini söyler.

b. Kriterlerine göre: Yukarıda ifade edilen beş temel tip sürecin yanında, bazı özel kriterlerle karakterize edilen stokastik süreçlerde mevcuttur. Bunlardan bazıları; Difüzyonlar, Semi-Markov Süreçler, Martingalelerin çeşitli genişlemeleri, Basel Süreçler, Kararlı Süreçler, Levy Süreçleri vb.

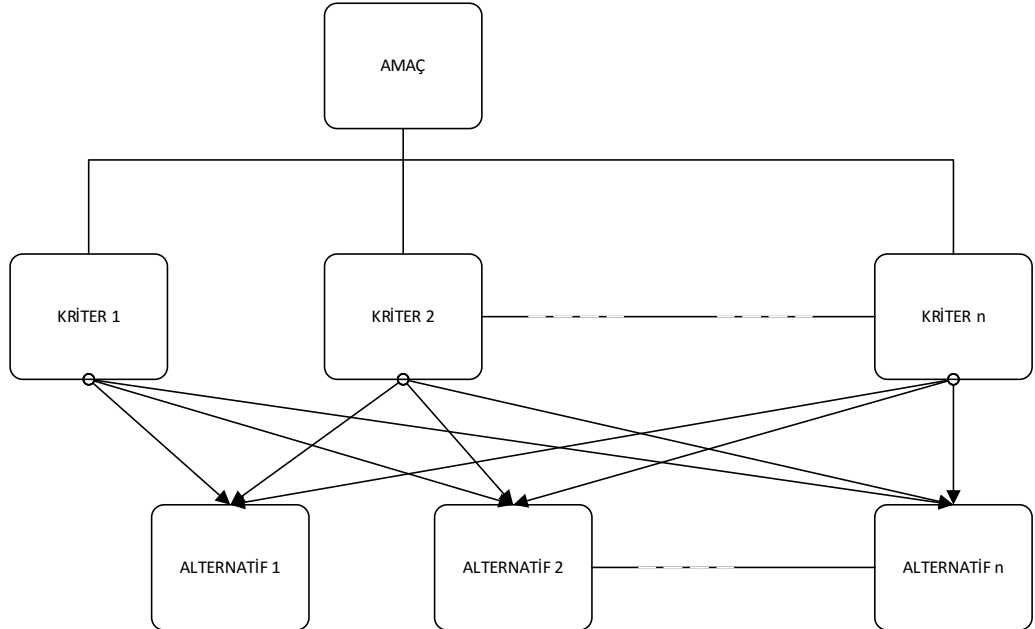
c. Metotlarına ve Problemin Yapısına göre: Stokastik süreçler ilgilenilen problemlere ve çalışmada kullanılan metotlara göre de sınıflandırılabilirler. Örneğin

yakınsama problemleri, örneklem fonksiyonlarının davranışının analizi, sürecin dönüşümleri, stokastik integraller, Ito analizi, Weiner-Hopf tekniği, soyut değerli rassal değişken çalışmaları, stokastik optimizasyon vb. (Önalın 2010).

3.1.4. Çok kriterli karar verme (ÇKKV)

Çok kriterli karar verme, karar sürecini kriterlere göre modelleme ve analiz etme sürecine dayanır. İnsanların çeşitli ve farklı kaynaklardan gelen verileri etkin ve verimli bir şekilde değerlendiremediği düşünülerek geliştirilmiştir (Ayhan ve Hepcan 2009).

Karar verme hesaplama süreci önceleri birbirleriyle çelişen kriterler, önem ağırlıkları, girdi sayılarının artması gibi nedenlerden dolayı kolay değildi. İnsan aklının karmaşık problemleri çözmeye sınırlı bir limite sahip olduğu düşünülüyordu. Bu nedenle, çok kriterli karar verme metodlarının gelişimi başladı. Şekil 2.3'te karar hiyerarşisini genel gösterimi verilmiştir (Ömürbek *et al.* 2013).



Şekil 2.3. Karar hiyerarşisini genel yapısı

Çok kriterli karar verme yöntemleri; daha açık, rasyonel ve etkili karar süreçleri yaratarak daha kaliteli kararların alınmasının gelişimine yardımcı olmuştur. Bu metotlar, birbirleriyle çelişen kriterler, farklı bakış açıları ve perspektifler, yüksek oranda belirsizlik ve kesin olmama durumlarına sahip karmaşık problemlerin çözümünde çok yaygın olarak kullanılan güçlü metotlardır.

Çok kriterli karar verme, son yirmi yıl içerisinde en hızlı şekilde gelişen problem sahalarından birisidir.

Çok kriterli karar verme bilim, iş, devlet, mühendislik dünyası alanları gibi birçok yerde yaygın olarak kullanılan en önemli karar verme metodolojileridir

3.1.4.a. Çok kriterli karar verme metotlarının genel amaçları

- Birçok karmaşık bilgiyi değerlendirmek,
- Sistematik olarak karar prosesi gerçekleştirmek,
- Karar vericilerin subjektif değerlendirmelerini uzman görüşleriyle bir araya getirmek,
- Anlaması bütünüyle zor olan karmaşık konuları analiz etmek,
- Çok sayıda karar vericinin olduğu yerde, iletişim ve tartışmayı mümkün kılacak ortamı yaratacak genel bir platform hazırlayarak karar vericiler arasındaki iletişimi kolaylaştırmak. (Kocamustafaoğulları 2007).

3.1.4.b. Bazı ÇKKV yöntemleri

- AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi)
- ANP (Analitik Ağ Süreci)
- PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation)
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
- ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality)

- DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)
- MOORA (Multi Objective Optimization by Ratio Analysis)
- VIKOR (Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
- SMAA (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis)

AHP: Thomas L. Saaty tarafından 1970’li yılların ortasında geliştirilen AHP ölçme ve karar verme için kullanılan bir matematiksel teoridir. Bu yöntem, çok kriterli karar verme, planlama ve kaynak dağıtım ve anlaşmazlıkların çözülmesinde kullanılan en geniş uygulamadır (Vatansever ve Uluköy 2013).

ANP: ANP, AHP’nin çok genel bir formudur. AHP birimlerin tek yönlü ilişkilerine, ANP ise karar seviyeleri ve özellikleri için karmaşık ilişkilere izin vermektedir. Yaygın olarak kullanılan AHP, ANP’nin özel bir halidir (Ömürbek ve Tunca 2013).

PROMETHEE: Jean-Pierre Brans tarafından 1982 yılında geliştirilen bu yöntem çok kriterli bir öncelik belirleme yöntemidir. PROMETHEE, karar verici için çok kolay anlaşılabilen bir yaklaşımdır (Çelik ve Ustasüleyman 2014).

TOPSIS: 1981 yılında Hwang ve Yoon TOPSIS yöntemini, çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşturmuşlardır. Daha sonraları bu düşünce 1982 yılında Zeleny ve 1989 yılında Hall tarafından da uygulanmış ve 1995 yılında Hwang Lai ve Liu tarafından geliştirilmiştir (Yoon and Hwang 1995).

ELECTRE: ELECTRE yöntemi Roy, Beneyoun ve arkadaşları tarafından ilk kez 1966 yılında ortaya atılmıştır. Yöntem, her bir değerlendirme faktörü için alternatif karar noktaları arasında ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanmaktadır. İşletme problemlerindeki sıralama yöntemleri kullanımı nedeniyle ELECTRE metodu en çok kullanılan ÇKKV modellerinden biri haline gelmiştir. ELECTRE yönteminin birden çok versiyonu (I, II, III, IV, V, IS, A) mevcuttur (Çelik ve Ustasüleyman 2014).

DEMATEL: DEMATEL Metodu; araştırmada karmaşık ve birbirine girmiş problem gruplarının çözümlünde kullanılması amacıyla 1972 ve 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programı tarafından geliştirilmiştir. DEMATEL, birbirine geçmiş problem kümelerini ve hiyerarşık yapıda uygulanabilir çözümlerin tanımlanmasına katkıda bulunmak için uygun bilimsel araştırma yöntemlerinin kullanılmasına öncülük etme amacıyla geliştirilmiştir. DEMATEL metodu nedensel ilişkiyi daha iyi anlamamızı sağlayacak ilgili faktörleri sebep ve sonuç gruplarına bölerek, problemleri taslak olarak planlama ve çözüme imkânı verir (Aksakal ve Dağdeviren 2010).

MOORA: Oransal analize dayalı çok amaçlı optimizasyon tekniği olan MOORA yöntemi ilk olarak 2006 yılında Brauers and Zavadskas tarafından ortaya çıkarılmıştır. AHP, TOPSIS, Electre, VIKOR vb. gibi diğer çok kriterli karar verme tekniklerine göre çok yeni bir tekniktir. (Vatansever ve Uluköy 2013).

VIKOR: Serafim Opricovic tarafından ilk olarak ortaya atılan VIKOR yöntemi, 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından yapılan çalışma ile birlikte çok kriterli karar verme problemlerinin çözümlünde kullanılmaya başlanmıştır. Yöntemin adı olan VIKOR; slav kökenli ifadenin baş harflerinin kısaltılmasıyla oluşturulmuştur. VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje. Dilimizdeki anlamı ise; çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözüm olarak ifade edilebilir (Görener 2011).

SMAA: Bir karar verme probleminin SMAA ile çözümü için öncelikle hangi metodun seçileceğine karar verilmelidir. Sınıflandırma yapılacaksa kullanılabilir tek metod SMAA-TRI'dir. Sıralama problemiye, tercih modeli çeşidinin seçilmesi gerekir. Model referans noktasına dayalıysa Ref-SMAA kullanılır. Ağırlığa dayalı bir model söz konusuysa, birleştirme çeşidinin seçilmesi gerekir: fayda fonksiyonu ya da daha üstün/önemli olma metodu. Tüm bu bilgilere göre, sıralama problemi için SMAA-2, SMAA-3 ya da Ref-SMAA uygulaması seçilebilir (Eroğlu 2014).

3.2. Yöntem

3.2.1. Stokastik AHP

Çalışmada Jalao *et al.* 2014 yılındaki ve Cobuloglu ve Büyüktaktın 2015 yılındaki çalışmalarındaki stokastik analitik hiyerarşi prosesi (SAHP) modelinden yararlanılmıştır.

Çizelge 3.1. Saaty'nin ikili karşılaştırma ölçeği

Önem derecesi	Tanımı
1	Eşit derecede önem
3	Orta derecede önemli
5	Güçlü derecede önemli
7	Çok güçlü derecede önemli
9	Aşırı derecede önemli
2,4,6 ve 8 iki sınıflandırma arasındaki hafif farklılıklar için kullanılan ara değerlerdir.	

Uygun depo seçimi için önerilen metodun adımları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır (Cobuloglu and Büyüktaktın 2015);

Adım1: n kriter ve m alternatife sahip bir analitik hiyerarşi karar problemi yapılandırılmıştır. Örneğin Şekil 4.1'de görüldüğü gibi depo seçimi için 2 seviyeli AHP hiyerarşisi oluşturulmuştur.

Adım2: İkili karşılaştırmalar kullanılarak faktörlerin karşılaştırılması. İki faktörün karşılaştırılmasında net değer, düşük ve yüksek sınırlara sahip büyük ihtimalli değer (biraz belirsiz) veya düşük ve yüksek sınırlara sahip bir ara değer (tam belirsiz) uzmanların ihtiyacını karşılar. Çizelge 3.1 ikili karşılaştırma için yaygın kullanılan ölçeği göstermektedir.

Örneğin, bir uzmana göre depo yer seçiminde arsa maliyeti kriteri iş gücü maliyeti kriterine göre “aşırı önemli” ise buradan elde ettiğimiz sayısal değer $a_{ai}=9$, diğer yandan uzman arsa maliyeti kriteri ile rakiplere yakınlık kriterini karşılaştırırken; arsa maliyeti kriteri rakiplere yakınlık kriterine göre “çok güçlü önemli” veya “aşırı önemli” ya da ikisinin arasında bir değere karar verir. Bu durumda $a_{ar}=[7,8,9]$ olarak değerlendirilir. Uzman görüşüne göre, arsa maliyeti kriteri tedarikçilere yakınlık kriterine göre “çok güçlü önemli” veya güçlü önemli ile çok güçlü önemli arasında kalıyorsa o zaman $a_{at}=[6,7]$ olarak değerlendirilir.

Adım3: Uzmanların belirsiz tercihleri stokastik ikili karşılaştırmaya dönüştürülmüştür. Stokastik ikili karşılaştırma ve beta dağılımı için Jalao *et al.* 2014 yılındaki çalışmalarından faydalanılmıştır.

Bir stokastik ikili karşılaştırmada verilen a_{ij} 'nin net değerini elde etmek için, 0_{ij} parametrelili $f_{ij}(a_{ij} | 0_{ij})$ olasılık yoğunluk fonksiyonuna dönüştürülür. Daha önce bahsedilen örnekte, $a_{ai} \sim f_{ai} = 9$ ve $a_{ar}=[7,8,9]$, alt limit (LL), orta değer (ML) ve üst limit (UL)'e sahip bir üçgensel dağılım $a_{ar} \sim f_{ar}(LL, ML, UL) = T_{ar}(7,8,9)$ olarak modellenmiştir. Son olarak, $a_{at}=[6,7]$ gibi bir normal dağılım, $a_{at} \sim f_{at}(LL, UL) = U(1,3)$ olarak modellenmiştir. Bu varyans dağılımları için ağırlıkları hesaplamak zor olduğundan dolayı, stokastik ikili karşılaştırmalar beta dağılımlı ikili karşılaştırmaya (\tilde{a}_{ij}) dönüştürülmüştür. \tilde{a}_{ij} beta dağılımı $B(\tilde{a}_{ij} | \alpha, \beta, LL, UL)$ olarak gösterilir. Burada $LL \leq \tilde{a}_{ij} \leq UL$ ve $\alpha, \beta \geq 1$ dir.

Bütün a_{ij} modellerini \tilde{a}_{ij} beta rastgele değişkeni olarak tanımlamak için $(\alpha_{ij}, \beta_{ij})$ ve (LL_{ij}, UL_{ij}) parametrelerinin hesaplanması gerekir. Dağılım parametrelerini tahmin etmek için kullanılan metotlardan biri MOM (the method of moments) dir. Örnek ortalaması ve varyansı birinci ve ikinci unsur alınarak elde edilir.

$$E[\tilde{a}_{ij}] = LL + \frac{\alpha}{\alpha + \beta} (UL - LL) \quad (3.1)$$

$$\text{Var}(\tilde{a}_{ij}) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)} (UL - LL) \quad (3.2)$$

Eşitlik (3.1) ve (3.2) deki örnek ortalaması (\tilde{a}_{ij}) ve örnek varyansı (S_{ij}^2) eşitleyerek sırasıyla

$\hat{\alpha}_{ij}$, $\hat{\beta}_{ij}$ parametreleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$\hat{\alpha}_{ij} = \left(\frac{\bar{a}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left(\frac{\left(\frac{\bar{a}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left(1 - \left(\frac{\bar{a}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \right)}{\frac{s_{ij}^2}{(UL - LL)^2}} - 1 \right) \quad (3.3)$$

$$\hat{\beta}_{ij} = \left(1 - \frac{\bar{a}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left(\frac{\left(\frac{\bar{a}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left(1 - \left(\frac{\bar{a}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \right)}{\frac{s_{ij}^2}{(UL - LL)^2}} - 1 \right) \quad (3.4)$$

Stokastik ikili karşılaştırma matrisini beta dağılımına dönüştürmek için MOM uygulanmış ve nasıl yapıldığı aşağıda özetlenmiştir:

$$\text{Eğer } a_{ij} \text{ net değer ise } \tilde{a}_{ij} = a_{ij} \quad (3.5)$$

$$\text{Eğer } a_{ij} \sim U(LL_{ij}, UL_{ij}) \text{ ise } \tilde{a}_{ij} \sim B(\hat{\alpha}_{ij} = 1, \hat{\beta}_{ij} = 1, LL_{ij}, UL_{ij}) \quad (3.6)$$

$$\text{Eğer } a_{ij} \sim T(LL_{ij}, ML_{ij}, UL_{ij}) \text{ ise } \tilde{a}_{ij} \sim B(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}, LL_{ij}, UL_{ij}) \quad (3.7)$$

Burada eşitlik (3.7) teki $\hat{\alpha}_{ij}$ ve $\hat{\beta}_{ij}$ eşitlik (3.3) ten ve eşitlik (3.4) ten sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \bar{a}_{ij} &= (LL_{ij} + ML_{ij} + UL_{ij})/3 \text{ ve} \\ S_{ij}^2 &= (LL_{ij}^2 + ML_{ij}^2 + UL_{ij}^2 - LL_{ij}ML_{ij} - LL_{ij}UL_{ij} - ML_{ij}UL_{ij})/18 \end{aligned} \quad (3.8)$$

(Jaloo *et al.* 2014 yılında yapmış oldukları çalışmalarındaki standart ortalama ve varyans formülünden elde edilmiştir).

Adım4. Beta dağılımlı ikili karşılaştırma matrisini net değere dönüştürme. Her bir \tilde{a}_{ij} net değeri için beta dağılımının ortalama değeri kullanılmıştır. Beta dağılımının medyan değeri, $m(\tilde{\alpha}_{ij}, \tilde{\beta}_{ij})$ aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$m(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}) \approx \frac{\hat{\alpha}_{ij} - 1/3}{\hat{\alpha}_{ij} + \hat{\beta}_{ij} - 2/3} \quad (3.9)$$

Medyan, ortalama ve mod tarafından aşağıdaki gibi sınırlanmıştır:

$$\frac{\hat{\alpha}_{ij} - 1}{\hat{\alpha}_{ij} + \hat{\beta}_{ij} - 2} \leq m(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}) \leq \frac{\hat{\alpha}_{ij}}{\hat{\alpha}_{ij} + \hat{\beta}_{ij}} \quad (3.10)$$

Burada $\hat{\beta}_{ij} \leq \hat{\alpha}_{ij}$ olması durumunda eşitlik (3.10) tersine dönüştürülür. O zaman a_{ij} karşılaştırması medyan değerinin sayısal değeri, LL_{ij} ve UL_{ij} parametreleri dikkate alınarak hesaplanır.

$$a_{ij} = LL_{ij} + m(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}) * (UL_{ij} - LL_{ij}) \quad (3.11)$$

3.2.2. MOORA yöntemi

MOORA yöntemi ilk olarak 2006 yılında Brauers ve Zavadskars tarafından ortaya atılmıştır. MOORA yöntemi literatürde farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır; 1.Oran Metodu, 2.Referans Noktası Yaklaşımı, 3.Önem Katsayısı, 4.Multi-Moora ve 5.Tam Çarpım Formu.

3.2.2.a. Oran metodu

Çok amaçlı optimizasyon, belirli kısıtlar altında aynı anda iki veya daha fazla çelişen kriterleri (amaçları) optimize eden süreçtir. Bir ürünün maliyetinin minimize ve karının maksimize edilmesi, bir aracın performansının maksimizasyonu ve yakıt tüketiminin minimizasyonu, özel bir mühendislik bileşeninin gücünü maksimize ederken ağırlığın minimizasyonu gibi örnekler çok amaçlı optimizasyon probleminin tipik örnekleridir.

Gerçek zamanlı bir üretim ortamında, değişen ilgi alanları ve değerlere sahip farklı karar vericilerin olması, karar verme sürecini çok daha zor hale getirir. Karar verme problemlerinde, amaçlar (kriterler) ölçülebilir olmalı ve her bir alternatif için kriterlerin sonucu ölçülebilmeli. Çelişen kriterler (amaçlar) arasında, bazıları faydadır (burada maksimum değerler istenir) ve bazıları maliyettir (burada daima minimizasyon değerler istenir). Oransal analize dayalı çok amaçlı optimizasyon (MOORA) metodu, mevcut seçenekler kümesinden bir veya daha fazla alternatif seçimi ya da sıralamasında hem fayda hem de maliyet kriterleri (amaçları) dikkate alınır.

Oran metodunda karar matrisi normalize edilir. Normalizasyon prosedürü, kriter bazında alternatif performansı, o kriter ile ilgili bütün alternatiflerin bir temsili olan bir payda ile karşılaştırıldığı bir oran sistemidir. Bu metot da aşağıdaki eşitlik benimsenmiştir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.12)$$

Eşitlik (3.12) teki x_{ij} ; i. kriter bazında j. alternatif değeri, n kriterlerin sayısı, m alternatiflerin sayısını temsil etmektedir. x_{ij}^* ; i kriteri için j alternatifinin normalize değerini temsil etmektedir.

Oran sistemi yaklaşımına ait normalize edilmiş değerler eşitlik (3.13)'de gösterildiği gibi kriter fayda ise eklenir, maliyet ise çıkartılır;

$$y_j^* = \sum_{i=1}^g x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} x_{ij}^* \quad (3.13)$$

Eşitlik (3.13)'te $i = 1, 2, \dots, g$, fayda kriterleridir ve $i = g + 1, g + 2, \dots, n$ ise maliyet kriterleridir. y_j^* tüm kriterler açısından i. alternatifin değeridir. Alternatif değerleri azalan şekilde sıralandığı zaman en yüksek değere (en büyük y_j^*) sahip olan alternatif en iyi alternatiftir (Özçelik ve Atmaca 2014).

3.2.2.b. Referans noktası yaklaşımı

Bu yaklaşımda, en iyi (maksimal) kriter referans noktası seçilir, referans noktası yaklaşımı daha gerçekçi ve objektiftir, her bir kriter için aday alternatif en iyi skorları belirlenerek (r_i) referans seri oluşturulur. Karar matrisindeki normalize değerlerin referans seriden sapmaları eşitlik (3.14)'deki gibi hesaplanır.

$$d_{ij} = |r_i - x_{ij}^*| \quad (3.14)$$

Bir alternatif fayda kriterlerinin hepsi maksimum ve maliyet kriterlerinin hepsi minimum değere sahip olduğu zaman en iyi alternatif olabilecektir. Ancak bütün fayda kriterlerinin hepsinin maksimum değere sahip olması ve bütün maliyet kriterlerinin minimum değere sahip olması imkansızdır. Bu yüzden maksimum değere sahip olmayan fayda kriterleri ve minimum değere sahip olmayan maliyet kriterleri için sapmalar olabilecektir.

Referans noktası yaklaşımı P_i performans indeksi, i . alternatif için bütün fayda ve maliyet kriterleri dikkate alınarak toplam sapmayı gösterir. Eşitlik (3.15)'te P_i performans indeksinin nasıl hesaplandığı gösterilmiştir.

$$P_i = \text{Min}_{(i)} (\text{Max}_{(j)} |r_i - x_{ij}^*|) \quad (3.15)$$

En iyi alternatif, bütün fayda ve maliyet kriterleri dikkate alındığında minimum sapmaya sahip olan alternatiftir. Diğer bir ifade ile en iyi alternatif minimum P_i değerine sahip olan alternatiftir (Özçelik ve Atmaca 2014).

3.2.2.c. Önem katsayısı

Bazı kriterler bazı durumlarda diğer kriterlere göre daha önemli olabilir o zaman kriterler önem katsayısı ile çarpılarak kriterlere daha çok önem verilebilir.

$$y_j^* = \sum_{i=1}^g w_i x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} w_i x_{ij}^* \quad (3.16)$$

w_i i. kriterin ağırlığıdır, AHP ya da entropi yöntemi ile hesaplanabilir. Referans noktası yaklaşımındaki eşitlik (3.14)'e önem ağırlıklarının eklenmesi ile geliştirilen yeni eşitlik (3.17) aşağıdaki gibidir (Özçelik ve Atmaca, 2014).

$$d_{ij} = w_i \left| r_i - x_{ij}^* \right| \quad (3.17)$$

3.2.2.d. Tam çarpım formu

Brauers ve Zavadskas tarafından tam çarpım formu eşitlik (3.18) geliştirilmiştir.

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (3.18)$$

Burada $A_i = \prod_{j=1}^g x_{ij}^*$, $B_i = \prod_{j=g+1}^n x_{ij}^*$ şeklinde gösterilmiştir, U_i ise i. alternatifin fayda derecesidir. Eşitlik 3.18'de pay olarak fayda (maksimize edilecek) kriterleri ve payda olarak maliyet (minimize edilecek) kriterleri ele alınarak hesaplamalar yapılmıştır (Özçelik ve Atmaca 2014).

3.2.2.e. Multi-moora

Multi-Moora Brauers ve Zavadskas tarafından ilk olarak 2010 yılı başlarında ortaya çıkarılmıştır. Multi-Moora, Moora yöntemlerinin ve çok amaçlı tam çarpım formlarının bir dizisi şeklindedir. Asıl amaç, baskın alternatifleri belirleyerek karar vericiye yön vermektir (Özçelik ve Atmaca 2014).

3.2.3. Bulanık mantık

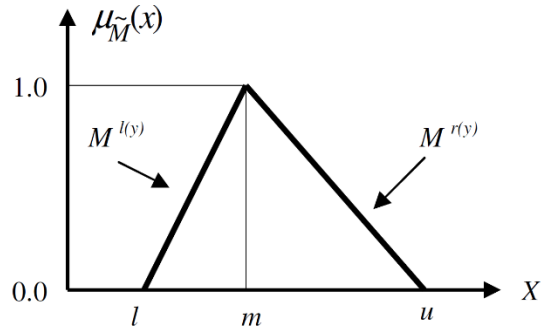
Bulanık mantık doğal dildeki belirsizliği modellemek için ilk kez 1965 yılında California Üniversitesi'nden Dr. L. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Ve 1973 yılında Londra'da H. Mamdani tarafından bir buhar makinesine uygulanmıştır.

Gerçek hayatta olaylar genellikle belirsizlikler ve doğrusal olmama özellikleri taşıdıkları için olayları açıklamak için her zaman kesin yargılar kullanılamaz. Bundan dolayı olaylar bulanıklık açısından dikkate alındığı zaman çok daha doğru ve verimli sonuçlara ulaşabilir.

Terimler ya da ölçüler tam kesin olarak tanımlanıp ölçülemediğinden insanlar çoğu zaman belirsiz ifadeler kullanırlar. Bulanık mantık sorulara evet hayır cevabı verilemeyen durumları içerir. Bulanıklığın ve bulanık mantığın temeli budur.

3.2.3.a. Bulanık küme teorisi ve üyelik fonksiyonları

Bulanık mantık ilk kez 1965 yılında Zadeh tarafından kullanılmıştır. Bulanık mantık ilkeleri belirsizliği açıklama yeteneği açısından üstünlüğü ile dikkat çekmektedir. Bir bulanık küme, bütün elemanları 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır. Bu üyelik dereceleri, bir bulanık küme için süreklilik arz eder. Bir bulanık kümenin temsili sembolün üstünün çizilmesi ile temsil edilir. Üçgensel bir bulanık sayı Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Bir bulanık üçgensel sayı, $(l/m, m/u)$ veya (l,m,u) şeklinde gösterilir. l, m, u ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı temsil eder (Akman ve Alkan 2006).



Şekil 3.1. Üçgensel bulanık sayı

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre lineer gösterimi şu şekildedir.

$$\mu(x \in \tilde{M}) = \begin{cases} 0 & x < l, \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u, \\ 0 & x > u. \end{cases} \quad (3.19)$$

Bulanık bir sayı her zaman her bir üyelik derecesine karşılık geldiği sağ ve sol gösterimlerle verilebilir.

$$\tilde{M} = (M^{l(y)}, M^{r(y)}) = (l + (m-l)y, u + (m-u)y), \quad y \in [0,1] \quad (3.20)$$

Eşitlik (3.20)'de gösterilen $l(y)$ ve $r(y)$ sırası ile bir bulanık sayının sol ve sağ tarafını temsil eder (Seçme ve Özdemir, 2008).

3.2.3.b. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayıyı temsil etmek üzere, bulanık sayılar arasında yapılacak olan dört işlem aşağıdaki gibidir (Akman ve Alkan 2006):

$$\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (3.21)$$

$$\tilde{M}_1 \ominus \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (3.22)$$

$$\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad (3.23)$$

$$\tilde{M}_1 \oslash \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oslash (l_2, m_2, u_2) = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2) \quad (3.24)$$



3.2.4. Bulanık MOORA

Oransal analize dayalı çok amaçlı optimizasyon tekniği olan MOORA yöntemi 2006 yılında Brauers and Zavadskas tarafından ortaya çıkarılmıştır. MOORA yöntemi, AHP, TOPSIS, Electre, VIKOR gibi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre çok yenidir. Çizelge 3.2’de MOORA yönteminin bazı özellikleri bakımından farklı ÇKKV yöntemleri ile kıyaslanmasını göstermektedir.

Çizelge 3.2. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin kıyaslanması

ÇKKV Teknikleri	Hesaplama Zamanı	Basitlik	Matematik İşlemleri	Güvenilirlik	Veri Türü
MOORA	Çok az	Çok basit	Minimum	İyi	Nicel
AHP	Çok fazla	Çok kritik	Maksimum	Zayıf	Karışık
TOPSIS	Orta	Orta Kritik	Orta	Orta	Nicel
VIKOR	Az	Basit	Orta	Orta	Nicel
ELECTRE	Fazla	Orta	Kritik Orta	Orta	Karışık
PROMETHEE	Fazla	Orta Kritik	Orta	Orta	Karışık

Bu tezde alternatifler değerlendirilirken kullanılan bulanık MOORA yönteminin işlem adımları aşağıdaki gibidir;

1. Adım: Üçgensel bulanık sayılar kullanılarak bulanık karar matrisinin oluşturulması.

$$X = \begin{bmatrix} [x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^n] & [x_{12}^l, x_{12}^m, x_{12}^n] & \dots & [x_{1n}^l, x_{1n}^m, x_{1n}^n] \\ [x_{21}^l, x_{21}^m, x_{21}^n] & [x_{22}^l, x_{22}^m, x_{22}^n] & \dots & [x_{2n}^l, x_{2n}^m, x_{2n}^n] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ [x_{m1}^l, x_{m1}^m, x_{m1}^n] & [x_{m2}^l, x_{m2}^m, x_{m2}^n] & \dots & [x_{mn}^l, x_{mn}^m, x_{mn}^n] \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

Bulanık karar matrisindeki $x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^n$ değerleri; j. kriter açısından i. alternatif için üçgensel bulanık sayıdaki sırasıyla küçük, orta ve büyük değerleri temsil etmektedir. Bu çalışmada, karar vericiler bulanık karar matrisini oluştururken Çizelge 3.3'deki ölçekten faydalanmışlardır.

Çizelge 3.3. Alternatifler değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler

Dilsel Değişken	Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok Zayıf	(0, 0, 1)
Zayıf	(0, 1, 3)
Orta Zayıf	(1, 3, 5)
Orta	(3, 5, 7)
Orta İyi	(5, 7, 9)
İyi	(7, 9, 10)
Çok İyi	(9, 10, 10)

2. Adım: Vektör normalizasyonu ve normalize bulanık karar matrisi hesaplanır.

$$r_{ij}^l = \frac{x_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2]}} \quad (3.26)$$

$$r_{ij}^m = \frac{x_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2]}} \quad (3.27)$$

$$r_{ij}^n = \frac{x_{ij}^n}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2]}} \quad (3.28)$$

3. Adım: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi hesaplanır.

$$v_{ij}^l = w_j r_{ij}^l \quad (3.29)$$

$$v_{ij}^m = w_j r_{ij}^m \quad (3.30)$$

$$v_{ij}^n = w_j r_{ij}^n \quad (3.31)$$

4. Adım: Fayda ve maliyet kriterleri bakımından bütün alternatifler için sıralama hesaplanır.

Fayda kriteri için;

$$s_i^{+l} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \mid j \in j^{max} \quad (3.32)$$

$$s_i^{+m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \mid j \in j^{max} \quad (3.33)$$

$$s_i^{+n} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \mid j \in j^{max} \quad (3.34)$$

Maliyet kriteri için;

$$s_i^{-l} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \mid j \in j^{min} \quad (3.35)$$

$$s_i^{-m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \mid j \in j^{min} \quad (3.36)$$

$$s_i^{-n} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \mid j \in j^{min} \quad (3.37)$$

5. Adım: Bütün alternatifler için performans puanları hesaplanır. Performans puanları için, vertex metodu yardımıyla alternatifler için fayda ve maliyet kriter değerleri durulaştırılır.

$$S_i(s_i^+, s_i^-) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[(s_i^{+l} - s_i^{-l})^2 + (s_i^{+m} - s_i^{-m})^2 + (s_i^{+n} - s_i^{-n})^2 \right]} \quad (3.38)$$

6. Adım: Performans puanlarına göre alternatifler sıralanır. En yüksek performans puanına sahip olan alternatif tercih edilir (Karande and Chakraborty 2012).

3.2.5. VIKOR yöntemi

Opricovic tarafından ilk olarak 1998 yılında önerilen VIKOR tekniği, birbiri ile çelişen kriterler altında alternatifleri sıralayarak en uygun alternatif seçiminde kullanılmıştır. Tekniğin amacı, sıralamada ve seçimde uzlaştırıcı çözüm bulabilmektir. İdeal çözüme yakınlık derecesinin ölçümüne dayanan uzlaştırıcı çözüm kavramı, ilk kez Yu tarafından önerilmiştir.

3.2.6. Bulanık VIKOR yöntemi

Bulanık VIKOR tekniği, bulanık mantığın VIKOR tekniğine uygulanmasıdır. Yöntem dilsel ifadeleri ele alarak, en iyi çözümü ve uzlaştırıcı çözüm bulmada rasyonel ve sistematik süreçler sunmaktadır. Bu süreçte uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:

Aşama 1: İlk olarak problemin çözümü için n tane karar verici, m tane alternatif ve k tane kriter belirlenir.

Aşama 2: Dilsel değişkenler ve bu değişkenlere ilişkin bulanık sayılar tanımlanır. Dilsel değişkenler kriterlerin ağırlığını belirlemek ve alternatifleri derecelendirmek için kullanılır. Ancak yapılan bu çalışmada kriter ağırlıkları belirlenirken stokastik AHP kullanılmıştır.

Aşama 3: Karar vericilerin değerlendirme sonuçları birleştirilir ve her bir kriterin bütünleştirilmiş bulanık ağırlığı eşitlik (3.39) yardımı ile hesaplanır. Denklemden n karar verici sayısını göstermektedir.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{n} \left[\sum_{e=1}^n \tilde{w}_j^e \right] \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.39)$$

i. alternatifin j. Kriterine göre önem ağırlığı ise eşitlik (3.40) yardımıyla hesaplanır;

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{n} \left[\sum_{e=1}^n \tilde{x}_{ij}^e \right] \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.40)$$

Aşama 4: Bulanık karar matrisi oluşturulur;

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mk} \end{bmatrix} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j= 1, 2, \dots, k \quad (3.41)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1; \tilde{w}_2; \dots; \tilde{w}_k], \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3.42)$$

Burada \tilde{x}_{ij} , C_j kriterine göre A_i alternatifinin derecesi \tilde{w}_{ij} , j. kriterin önem ağırlığıdır.

Aşama 5: Bulanık en iyi değer (\tilde{f}_j^*) ve bulanık en kötü değer (\tilde{f}_j^-) belirlenir.

$$(\tilde{f}_j^*) = \max_i \tilde{x}_{ij}, \quad (\tilde{f}_j^-) = \min_i \tilde{x}_{ij} \quad (3.43)$$

Aşama 6. \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri hesaplanır

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^k \tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \quad (3.44)$$

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

\tilde{S}_i , A_i alternatifinde, kriter değerlerinin bulanık en iyi değere olan uzaklıkları toplamıdır. \tilde{R}_i ise j. kritere göre A_i alternatifinin bulanık en kötü değere olan maksimum uzaklığıdır. Diğer bir ifade ile \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri A_i alternatifinin ortalama ve en kötü skorlarını temsil etmektedir.

Aşama 7: \tilde{S}^* , \tilde{S}^- , \tilde{R}^* , \tilde{R}^- ve \tilde{Q}_i değerlerinin hesaplanması

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i, \quad (3.45)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i, \quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i, \quad (3.46)$$

$$\tilde{Q}_i = v(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*) / (\tilde{S}^- - \tilde{S}^*) + (1-v)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*) / (\tilde{R}^- - \tilde{R}^*) \quad (3.47)$$

Burada \tilde{S}^* maksimum grup faydasını, \tilde{R}^* karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını temsil etmektedir. \tilde{Q}_i indeksi grup faydasının ve minimum pişmanlığın birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanır. v değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını temsil eder. Uzlaşma ‘çoğunluk oyu’ ($v > 0.5$) ile, ‘uzlaşma’ ($v = 0.5$) veya ‘red’ ($v < 0.5$) ile sağlanabilir.

Aşama 8: Bulanık sayı \tilde{Q}_i eşitlik (3.48) yardımıyla durulaştırılarak Q_i indeksi elde edilir. Literatürde farklı durulaştırma yöntemleri bulunmaktadır. Bu tezde durulaştırma aşamasında 2004 yılında Hsieh vd tarafından önerilen BNP (Best Nonfuzzy

Performance Value) yöntemi kullanılmıştır. Denklemdaki u_i üçgen bulanık sayının üst değerini, m_i orta değerini, l_i ise alt değerini ifade etmektedir.

$$BNP = [(u_i - l_i) + (m_i - l_i)] / 3 + l_i \quad \forall_i \quad (3.48)$$

Q_i indeksleri artan şekilde sıralanır. En küçük Q_i değeri alan alternatif en iyi alternatiftir.

Aşama 9: Bu aşamada uzlaştırıcı çözüm belirlenir. Aşağıdaki iki koşulun sağlanması halinde Q_i indeksi kullanılarak belirlenen çözüm, uzlaştırıcı çözümdür (a').

1. Koşul: Kabul edilebilir avantaj: Koşul 1 sayesinde en iyi ve en yakın seçenek arasında açık bir fark olup olmadığı kanıtlanır.

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (3.49)$$

Eşitlikteki a'' değeri, Q değerleri sıralandığında ikinci sırada olan alternatiftir.

$$DQ = \frac{1}{m-1} \text{ (eğer } m \leq 5 \text{ ise } DQ = 0.25) \quad (3.50)$$

2. Koşul: Kabul edilebilirlik istikrar: a' alternatifi, S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamada da en iyi alternatif olmalıdır.

Eğer $Q(a^{(m)}) - Q(a') < DQ$ ise 1. koşul sağlanmazsa $a^{(m)}$ ve a' aynı uzlaştırıcı çözümlerdir. Uzlaştırıcı çözümler $(a', a'', \dots, a^{(m)})$ benzer olduğundan, a' 'in karşılaştırmalı bir üstünlüğe yoktur. Eğer 2. koşul sağlanamaz ise, a' karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olmasına rağmen karar vermede istikrar yoktur. Bundan dolayı a' ve a'' nin uzlaştırıcı çözümü benzerdir.

Aşama 10: Son olarak en iyi alternatif seçimi yapılır. Minimum Q değerine sahip olan alternatif en iyi çözüm olarak seçilir (Akyüz 2012).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde tez çalışması kapsamında geliştirilmiş olan Stokastik AHP- Bulanık MOORA ve Stokastik AHP-Bulanık VIKOR yöntemlerinin uygulamalarını göstermek ve elde edilen sonuçların doğruluğunu ve geçerliliğini kanıtlamak amacıyla yürütülmüş gerçek bir problem yer almaktadır. Uygulama çalışmasında bir süper markete ait depo yer seçimi problemi etkin bir şekilde çözülmüştür. Uygulama verilerinin ait olduğu süpermarketin adı ve hakkında diğer bilgiler süpermarket sahibinin gizlilik politikasından dolayı çalışmada kullanılmamıştır.

4.1. Önerilen Stokastik AHP- Bulanık MOORA ve Stokastik AHP-Bulanık VIKOR Yöntemleri İçin Bir Uygulama

Uygulamanın ilk aşamasında depo sorumlusu, satın alma müdürü ve depo müdüründen oluşan karar verme ekibi oluşturulmuştur. Ekip yardımı ile depo yer seçimi problemi çözüm yaklaşımında kullanılacak kriterler ve alternatifler belirlenmiştir. Karar ekibi tarafından belirlenen 17 kriter şu şekildedir (Durmuş, 2010):

- Ulaşım çeşitliliği,
- Tedarikçilere yakınlığı,
- Gelişmişlik oranı,
- Deponun kapasitesi,
- Müşterilere yakınlık,
- Rakiplere yakınlık,
- İş gücü maliyetleri,
- Taşıma maliyetleri,
- Depreme dayanıklı olması,
- Arsa maliyeti,
- İklim şartları,
- Elde tutma maliyetleri,

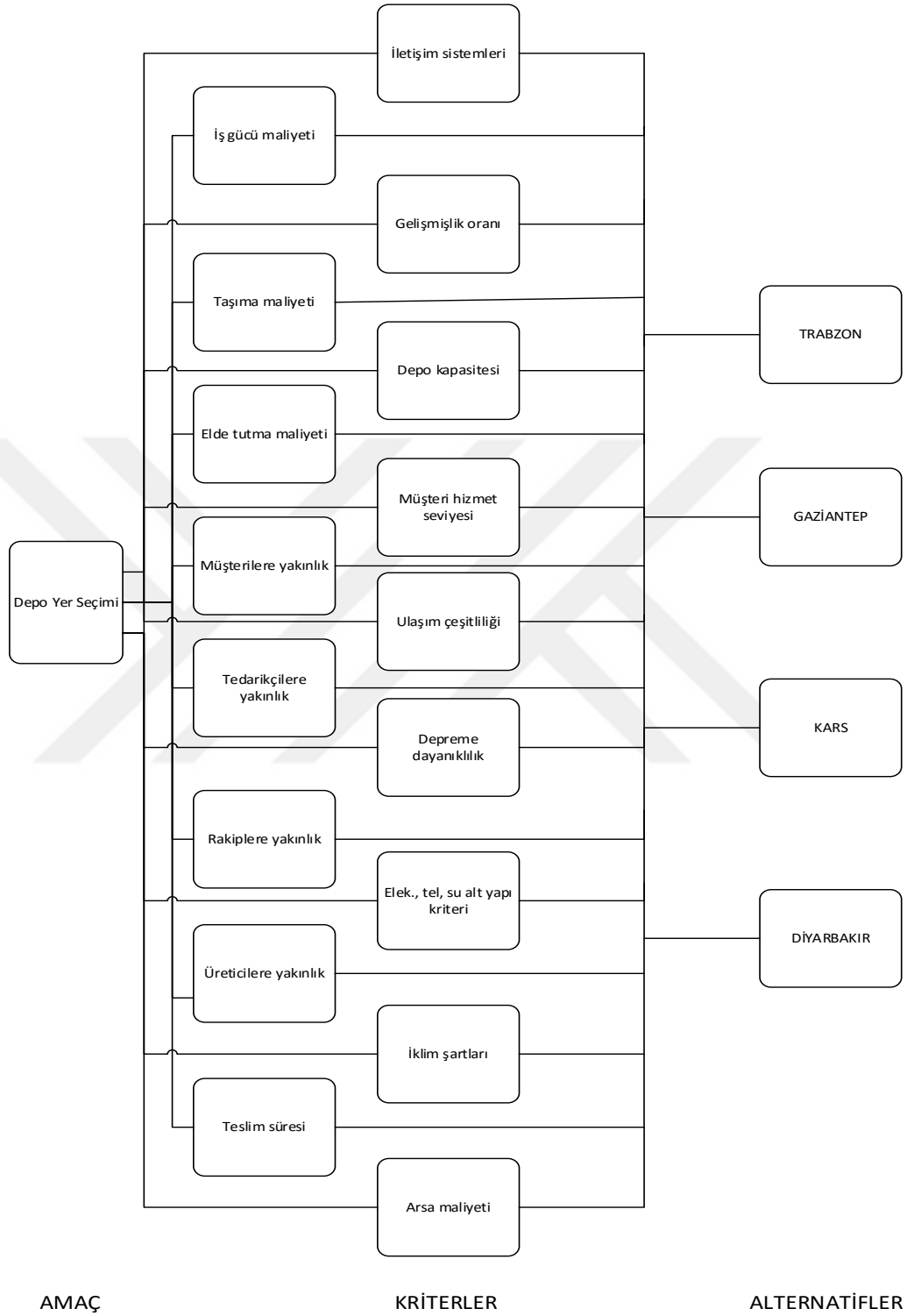
- İletişim sistemleri,
- Elektrik, su, telefon alt yapısı,
- Müşteri hizmet seviyesi,
- Teslim süresi ve
- Üreticilere yakınlık kriteridir.

Belirlenen 4 alternatif şehir ise şu şekildedir;

- Trabzon,
- Gaziantep,
- Kars ve
- Diyarbakır.

Karar ekibi, kriterleri değerlendirirken gerçek hayata daha uygun olması için değerlendirme işlemini stokastik olarak yapmıştır. Stokastik olarak değerlendirme deterministik olarak ifade edemediğimiz durumlarda bize kolaylık sağlar. Alternatifler değerlendirilirken dilsel değişkenlerden yararlanılmıştır.

Depo yer seçimi problemi için gerekli kriter ve alternatiflerin belirlenmesinden sonra problemin hiyerarşik yapısı Şekil 4.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1. Depo yer seçimi karar hiyerarşisi

4.1.2. Bulanık çok kriterli karar verme hesaplamaları

4.1.2.a. Stokastik AHP-bulanık MOORA hesaplamaları

İncelenen depo yer seçimi probleminde belirsizlikten doğabilecek sorunları aşabilmek için veri toplama aşamasında kriterler değerlendirilirken stokastik değerlerden ve alternatifler değerlendirilirken ise dilsel ifadelerden yararlanılmıştır.

Çalışmada ağırlıklandırma işlemi için stokastik çok kriterli karar verme hesaplamaları Jalao *et al.* 2014 yılındaki çalışmalarında önerildiği gibi yapılmıştır. Tüm hesaplamalar ve işlemler, Bölüm 3.1’de anlatıldığı gibi uygulanmıştır.

Stokastik ÇKKV analizinde kriterler değerlendirilirken daha önce bahsedilen Çizelge 3.1’deki Saaty’nin ikili karşılaştırma ölçeği kullanılmıştır. Karar ekibinde bulunan her bir karar verici bu ölçeği kullanarak değerlendirme işlemlerini yapmıştır. Çizelge 4.1, depo sorumlusu tarafından yapılan değerlendirme sonucu elde edilen stokastik ikili karşılaştırma matrisini göstermektedir. Diğer karar vericilere ait stokastik ikili karşılaştırma matrisleri **EK 1** ve **EK 2**’dedir.

Stokastik olarak verilen ikili karşılaştırma matrisine eşitlik (3.5) – (3.7) deki işlemler uygulanarak matristeki değerler beta dağılımına dönüştürülmüştür ve Çizelge 4.2’de depo sorumlusuna ait stokastik ikili karşılaştırma matrisinin Beta dağılımına dönüştürülmüş hali gösterilmiştir. Diğer karar vericilere ait stokastik ikili karşılaştırma matrisinin Beta dağılımına dönüştürülmüş hali **EK 3** ve **EK 4**’dedir.

Beta dağılımı şeklinde gösterilen matris değerleri, eşitlik (3.9) ve (3.10) yardımı ile net değere dönüştürülmüştür. Çizelge 4.3 depo sorumlusuna ait Beta dağılımı halindeki ikili karşılaştırma matrisinin net değere dönüştürülmüş halini göstermektedir. Diğer karar vericilere Beta dağılımı halindeki ikili karşılaştırma matrisinin net değere dönüştürülmüş hali **EK 5** ve **EK 6**’dadır.

Çizelge 4.1. Depo sorumlusuna ait stokastik ikili karşılaştırma matrisi

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakilere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
iş gücü maliyeti kriteri	1	1/9	1/9	7	T(1/7, 1/6, 1/5)	5	U(1/6, 1/5)	1/9	1/2
taşıma maliyeti kriteri	9	1	T(1/8, 1/7, 1/6)	U(8, 9)	U(1/2, 1)	7	U(7, 8)	U(1/7, 1/6)	U(8, 9)
elde tutma maliyeti kriteri	9	T(6, 7, 8)	1	T(7, 8, 9)	U(1/2, 1)	U(6, 7)	T(7, 8, 9)	T(1/9, 1/8, 1/7)	U(8, 9)
müşterilere yakınlık kriteri	1/7	U(1/9, 1/8)	T(1/9, 1/8, 1/7)	1	6	T(4, 5, 6)	U(1/7, 1/6)	U(1/8, 1/7)	U(7, 8)
tedarikçilere yakınlık kriteri	T(5, 6, 7)	U(1,2)	U(1,2)	1/6	1	8	U(1/2,1)	U(1/8, 1/7)	7
rakilere yakınlık kriteri	1/5	1/7	U(1/7, 1/6)	T(1/6, 1/5, 1/4)	1/8	1	U(1/7, 1/6)	T(1/9, 1/8, 1/7)	U(7, 8)
üreticilere yakınlık kriteri	U(5, 6)	U(1/8, 1/7)	T(1/9, 1/8, 1/7)	U(6, 7)	U(1, 2)	U(6, 7)	1	T(1/9, 1/8, 1/7)	T(7, 8, 9)
teslim süresi kriteri	9	U(6,7)	T(7, 8,9)	U(7, 8)	U(7, 8)	T(7, 8, 9)	T(7, 8, 9)	1	9
iletişim sistemleri kriteri	2	U(1/9, 1/8)	U(1/9, 1/8)	U(1/8, 1/7)	1/7	U(1/8, 1/7)	T(1/9, 1/8, 1/7)	1/9	1
gelişmişlik oranı kriteri	U(6, 7)	T(1/9, 1/8, 1/7)	U(1/9, 1/8)	U(1/9, 1/8)	1/9	U(1/8, 1/7)	1/6	1/6	1/6
depo kapasitesi kriteri	9	U(1/9, 1/8)	T(1/9, 1/8, 1/7)	T(6, 7, 8)	U(1/9, 1/8)	T(7, 8, 9)	U(8, 9)	U(1, 2)	9
müşteri hizmet seviyesi kriteri	U(1/9, 1/8)	U(1/7, 1/6)	T(7, 8, 9)	U(8, 9)	T(6, 7, 8)	U(7, 8)	U(1/7, 1/6)	1/9	8
ulaşım çeşitliliği kriteri	1/5	U(1/9, 1/8)	U(1/9, 1/8)	U(1/8, 1/7)	1/8	U(1/8, 1/7)	U(1/5, 1/4)	U(1/8, 1/7)	U(7, 8)
depreme dayanıklılık kriteri	1/9	1/9	U(1/8, 1/7)	U(1/9, 1/8)	1/9	1/9	U(1/8, 1/7)	1/9	1/5
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	1/9	1/8	U(1/9, 1/8)	U(1/8, 1/7)	1/9	U(1/9, 1/8)	U(1/9, 1/8)	1/9	1/6
iklim şartları	9	1/2	U(1,2)	U(1, 2)	8	U(8, 9)	U(6, 7)	1/9	1/7
arsa maliyeti	9	U(1/9, 1/8)	U(1, 2)	U(8, 9)	U(6, 7)	T(7, 8, 9)	U(7, 8)	U(1,2)	9

Çizelge 4.1. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	depreme dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
iş gücü maliyeti kriteri	U(1/7, 1/6)	1/9	U(8, 9)	5	9	9	1/9	1/9
taşıma maliyeti kriteri	T(7, 8, 9)	U(8, 9)	U(6, 7)	U(8, 9)	9	8	2	U(8, 9)
elde tutma maliyeti kriteri	U(8, 9)	T(7, 8, 9)	T(1/9, 1/8, 1/7)	U(8, 9)	U(7, 8)	U(8, 9)	U(1/2, 1)	U(1/2, 1)
müşterilere yakınlık kriteri	U(8, 9)	T(1/8, 1/7, 1/6)	U(1/9, 1/8)	U(7, 8)	U(8, 9)	U(7, 8)	U(1/2, 1)	U(1/9, 1/8)
tedarikçilere yakınlık kriteri	9	U(8, 9)	T(1/8, 1/7, 1/6)	8	9	9	1/8	U(1/7, 1/6)
rakilere yakınlık kriteri	U(7, 8)	T(1/9, 1/8, 1/7)	U(1/8, 1/7)	U(7, 8)	9	U(8, 9)	U(1/9, 1/8)	T(1/9, 1/8, 1/7)
üreticilere yakınlık kriteri	6	U(1/9, 1/8)	U(6, 7)	(4, 5)	U(7, 8)	U(8, 9)	U(1/7, 1/6)	U(1/8, 1/7)
teslim süresi kriteri	6	U(1/2, 1)	9	U(7, 8)	9	9	9	U(1/2, 1)
iletişim sistemleri kriteri	6	1/9	1/8	U(1/8, 1/7)	5	6	7	1/9
gelişmişlik oranı kriteri	1	1/9	U(1/8, 1/7)	U(1/7, 1/6)	U(1/2, 1)	U(1/2, 1)	1/7, 1/6	1/8
depo kapasitesi kriteri	9	1	9	9	9	8	9	U(1/7, 1/6)
müşteri hizmet seviyesi kriteri	U(7, 8)	1/9	1	9	8	9	9	1/8
ulaşım çeşitliliği kriteri	U(6, 7)	1/9	1/9	1	8	9	U(8, 9)	U(1/9, 1/8)
depreme dayanıklılık kriteri	U(1, 2)	1/9	1/8	1/8	1	U(1/2, 1)	U(1/2, 1)	T(1/9, 1/8, 1/7)
elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	U(1, 2)	1/8	1/9	1/9	U(1, 2)	1	1/9	1/9
iklim şartları	U(6, 7)	1/9	1/9	U(1/9, 1/8)	U(1, 2)	9	1	1/8
arsa maliyeti	8	6, 7	8	U(8, 9)	T(7, 8, 9)	9	8	1

Çizelge 4.2. Depo sorumlusuna ait ikili karşılaştırma matrisinin Beta dağılımına dönüştürülmüş hali

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakiplere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
iş gücü maliyeti kriteri	1	1/9	1/9	7	B(3.3, 3.7, 1/7, 1/5)	5	B(1, 1, 1/6, 1/5)	1/9	1/2
taşıma maliyeti kriteri	9	1	B(1.96, 0.37, 1/8, 1/6)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 1/2, 1)	7	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 1/7, 1/6)	B(1, 1, 8, 9)
elde tutma maliyeti kriteri	9	B(2.49, 2.49, 6, 8)	1	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(1, 1, 1/2, 1)	B(1, 1, 6, 7)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(1, 1, 8, 9)
müşterilere yakınlık kriteri	1/7	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	1	6	B(2.49, 2.49, 4, 6)	B(1, 1, 1/7, 1/6)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(1, 1, 7, 8)
tedarikçilere yakınlık kriteri	B(2.49, 2.49, 5, 7)	B(1, 1, 1, 2)	B(1, 1, 1, 2)	1/6	1	8	B(1, 1, 1/2, 1)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	7
rakiplere yakınlık kriteri	1/5	1/7	B(1, 1, 1/7, 1/6)	B(2.2, 2.5, 1/6, 1/4)	1/8	1	B(1, 1, 1/7, 1/6)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(1, 1, 7, 8)
üreticilere yakınlık kriteri	B(1, 1, 5, 6)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(1, 1, 6, 7)	B(1, 1, 1, 2)	B(1, 1, 6, 7)	1	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(2.49, 2.49, 7, 9)
teslim süresi kriteri	9	B(1, 1, 6, 7)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 7, 8)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	1	9
iletişim sistemleri kriteri	2	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	1/7	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	1/9	1
gelişmişlik oranı kriteri	B(1, 1, 6, 7)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	1/9	B(1, 1, 1/8, 1/7)	1/6	1/6	1/6
depo kapasitesi kriteri	9	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(2.49, 2.49, 6, 8)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 1, 2)	9
müşteri hizmet seviyesi kriteri	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/7, 1/6)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(1, 1, 8, 9)	B(2.49, 2.49, 6, 8)	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 1/7, 1/6)	1/9	8
ulaşım çeşitliliği kriteri	1/5	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	1/8	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(1, 1, 1/5, 1/4)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(1, 1, 7, 8)
depreme dayanıklılık kriteri	1/9	1/9	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	1/9	1/9	B(1, 1, 1/8, 1/7)	1/9	1/5
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	1/9	1/8	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	1/9	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	1/9	1/6
iklim şartları	9	1/2	B(1, 1, 1, 2)	B(1, 1, 1, 2)	8	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 6, 7)	1/9	1/7
arsa maliyeti	9	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1, 2)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 6, 7)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 1, 2)	9

Çizelge 4.2. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	depreme dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
iş gücü maliyeti kriteri	B(1, 1, 1/7, 1/6)	1/9	B(1, 1, 8, 9)	5	9	9	1/9	1/9
taşıma maliyeti kriteri	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 6, 7)	B(1, 1, 8, 9)	9	8	2	B(1, 1, 8, 9)
elde tutma maliyeti kriteri	B(1, 1, 8, 9)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 1/2, 1)	B(1, 1, 1/2, 1)
müşterilere yakınlık kriteri	B(1, 1, 8, 9)	B(1.96, 0.37, 1/8, 1/6)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 1/2, 1)	B(1, 1, 1/9, 1/8)
tedarikçilere yakınlık kriteri	9	B(1, 1, 8, 9)	B(1.96, 0.37, 1/8, 1/6)	8	9	9	1/8	B(1, 1, 1/7, 1/6)
rakiplere yakınlık kriteri	B(1, 1, 7, 8)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(1, 1, 7, 8)	9	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)
üreticilere yakınlık kriteri	6	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 6, 7)	B(1, 1, 4, 5)	B(1, 1, 7, 8)	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 1/7, 1/6)	B(1, 1, 1/8, 1/7)
teslim süresi kriteri	6	B(1, 1, 1/2, 1)	9	B(1, 1, 7, 8)	9	9	9	B(1, 1, 1/2, 1)
iletişim sistemleri kriteri	6	1/9	1/8	B(1, 1, 1/8, 1/7)	5	6	7	1/9
gelişmişlik oranı kriteri	1	1/9	B(1, 1, 1/8, 1/7)	B(1, 1, 1/7, 1/6)	B(1, 1, 1/2, 1)	B(1, 1, 1/2, 1)	B(1, 1, 1/7, 1/6)	1/8
depo kapasitesi kriteri	9	1	9	9	9	8	9	B(1, 1, 1/7, 1/6)
müşteri hizmet seviyesi kriteri	B(1, 1, 7, 8)	1/9	1	9	8	9	9	1/8
ulaşım çeşitliliği kriteri	B(1, 1, 6, 7)	1/9	1/9	1	8	9	B(1, 1, 8, 9)	B(1, 1, 1/9, 1/8)
depreme dayanıklılık kriteri	B(1, 1, 1, 2)	1/9	1/8	1/8	1	B(1, 1, 1/2, 1)	B(1, 1, 1/2, 1)	B(2.78, 3.01, 1/9, 1/7)
elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	B(1, 1, 1, 2)	1/8	1/9	1/9	B(1, 1, 1, 2)	1	1/9	1/9
iklim şartları	B(1, 1, 6, 7)	1/9	1/9	B(1, 1, 1/9, 1/8)	B(1, 1, 1, 2)	9	1	1/8
arsa maliyeti	8	B(1, 1, 6, 7)	8	B(1, 1, 8, 9)	B(2.49, 2.49, 7, 9)	9	8	1

Çizelge 4.3. Depo sorumlusuna ait Beta dağılımı halindeki ikili karşılaştırma matrisinin Net değere dönüştürülmüş hali

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakiplere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
iş gücü maliyeti kriteri	1	1/9	1/9	7	0,17	5	0,18	1/9	1/2
taşıma maliyeti kriteri	9	1	0,16	8,50	0,75	7	7,50	0,15	8,50
elde tutma maliyeti kriteri	9	7	1	8	0,75	6,50	8	0,13	8,50
müşterilere yakınlık kriteri	1/7	0,12	0,13	1	6	5	0,15	0,13	7,50
tedarikçilere yakınlık kriteri	6	1,50	1,50	1/6	1	8	0,75	0,13	7
rakiplere yakınlık kriteri	1/5	1/7	0,15	0,21	1/8	1	0,15	0,13	7,50
üreticilere yakınlık kriteri	5,50	0,13	0,13	6,50	1,50	6,50	1	0,13	8
teslim süresi kriteri	9	6,50	8	7,50	7,50	8	8	1	9
iletişim sistemleri kriteri	2	0,12	0,12	0,13	1/7	0,13	0,13	1/9	1
gelişmişlik oranı kriteri	6,50	0,13	0,12	0,12	1/9	0,13	1/6	1/6	1/6
depo kapasitesi kriteri	9	0,12	0,13	7	0,12	8	8,50	1,50	9
müşteri hizmet seviyesi kriteri	0,12	0,15	8	8,50	7	7,50	0,15	1/9	8
ulaşım çeşitliliği kriteri	1/5	0,12	0,12	0,13	1/8	0,13	0,23	0,13	7,50
depreme dayanıklılık kriteri	1/9	1/9	0,13	0,12	1/9	1/9	0,13	1/9	1/5
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	1/9	1/8	0,12	0,13	1/9	0,13	0,12	1/9	1/6
iklim şartları	9	1/2	1,50	1,50	8	8,50	6,50	1/9	1/7
arsa maliyeti	9	0,12	1,50	8,50	6,50	8	7,50	1,50	9

Çizelge 4.3. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	depreme dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
iş gücü maliyeti kriteri	0,15	1/9	8,50	5	9	9	1/9	1/9
taşıma maliyeti kriteri	8	8,50	6,50	8,50	9	8	2	8,50
elde tutma maliyeti kriteri	8,50	8	0,13	8,50	7,50	8,50	0,75	0,75
müşterilere yakınlık kriteri	8,50	0,16	0,12	7,50	8,50	7,50	0,75	0,12
tedarikçilere yakınlık kriteri	9	8,50	0,16	8	9	9	1/8	0,15
rakiplere yakınlık kriteri	7,50	0,13	0,13	7,50	9	8,50	0,12	0,13
üreticilere yakınlık kriteri	6	0,12	6,50	4,50	7,50	8,50	0,15	0,13
teslim süresi kriteri	6	0,75	9	7,50	9	9	9	0,75
iletişim sistemleri kriteri	6	1/9	1/8	0,13	5	6	7	1/9
gelişmişlik oranı kriteri	1	1/9	0,13	0,15	0,75	0,75	0,15	1/8
depo kapasitesi kriteri	9	1	9	9	9	8	9	0,15
müşteri hizmet seviyesi kriteri	7,50	1/9	1	9	8	9	9	1/8
ulaşım çeşitliliği kriteri	6,50	1/9	1/9	1	8	9	8,50	0,12
depreme dayanıklılık kriteri	1/5	1/9	1/8	1/8	1	0,75	0,75	0,13
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	1/5	1/8	1/9	1/9	1,50	1	1/9	1/9
iklim şartları	6,50	1/9	1/9	0,12	1,50	9	1	1/8
arsa maliyeti	8	6,50	8	8,50	8	9	8	1

Karar ekibine ait net değere dönüştürülmüş ikili karşılaştırma matrisleri geometrik ortalama yöntemi ile birleştirilmiştir. Çizelge 4.4’de birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakilere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
iş gücü maliyeti kriteri	1,00	0,12	0,12	5,81	2,07	6,68	2,30	0,11	2,97
taşıma maliyeti kriteri	8,14	1,00	0,15	8,12	3,23	7,65	7,11	0,53	8,83
elde tutma maliyeti kriteri	8,31	6,80	1,00	8,00	3,71	6,99	7,06	0,45	8,49
müşterilere yakınlık kriteri	0,17	0,12	0,13	1,00	1,57	1,71	0,40	0,12	6,96
tedarikçilere yakınlık kriteri	0,48	0,32	0,28	0,64	1,00	2,00	0,57	0,12	6,65
rakilere yakınlık kriteri	0,15	0,13	0,14	0,59	0,50	1,00	0,19	0,12	2,36
üreticilere yakınlık kriteri	0,44	0,14	0,14	2,48	1,82	5,15	1,00	0,12	7,32
teslim süresi kriteri	8,83	1,87	2,26	7,97	8,14	8,49	8,65	1,00	9,00
iletişim sistemleri kriteri	0,33	0,11	0,12	0,14	0,15	0,42	0,14	0,11	1,00
gelişmişlik oranı kriteri	1,87	0,13	0,12	0,47	0,15	0,44	0,15	0,13	0,49
depo kapasitesi kriteri	8,83	0,49	0,62	1,91	2,05	8,33	8,50	0,91	9,00
müşteri hizmet seviyesi kriteri	0,50	0,15	0,47	2,13	1,58	5,53	0,15	0,12	7,06
ulaşım çeşitliliği kriteri	0,58	0,45	0,47	0,48	0,45	1,85	0,49	0,13	7,15
depreme dayanıklılık kriteri	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,13	0,14	0,11	0,41
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	0,14	0,12	0,11	0,13	0,12	0,15	0,13	0,11	0,37
iklim şartları	8,14	1,74	1,14	4,67	4,58	7,97	1,87	0,46	2,09
arsa maliyeti	8,83	0,50	2,73	7,81	5,49	8,65	7,66	1,20	8,83

Çizelge 4.4. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	depreme dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
iş gücü maliyeti kriteri	0,55	0,11	1,98	1,71	7,79	7,23	0,12	0,11
taşıma maliyeti kriteri	7,32	2,04	7,43	2,12	8,83	8,65	0,57	1,92
elde tutma maliyeti kriteri	8,12	1,65	2,15	2,12	8,31	8,83	0,91	0,40
müşterilere yakınlık kriteri	2,15	0,54	0,47	2,05	7,81	7,83	0,23	0,12
tedarikçilere yakınlık kriteri	6,80	0,49	0,67	2,24	8,65	8,28	0,23	0,18
rakilere yakınlık kriteri	2,27	0,12	0,18	0,53	7,56	6,98	0,13	0,12
üreticilere yakınlık kriteri	6,60	0,12	6,83	2,08	7,16	7,81	0,53	0,13
teslim süresi kriteri	7,56	1,14	8,65	7,83	9,00	9,00	2,17	0,87
iletişim sistemleri kriteri	2,03	0,11	0,14	0,14	2,47	2,82	0,48	0,11
gelişmişlik oranı kriteri	1,00	0,11	0,13	0,15	0,94	3,46	0,14	0,13
depo kapasitesi kriteri	8,83	1,00	8,65	8,83	9,00	8,65	7,61	0,84
müşteri hizmet seviyesi kriteri	7,49	0,12	1,00	2,25	8,00	8,12	0,51	0,13
ulaşım çeşitliliği kriteri	6,50	0,11	0,44	1,00	7,47	7,11	0,53	0,13
depreme dayanıklılık kriteri	0,58	0,11	0,13	0,13	1,00	0,62	0,22	0,14
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	0,15	0,12	0,12	0,14	1,78	1,00	0,13	0,12
iklim şartları	7,15	0,13	1,96	1,88	4,66	7,92	1,00	0,12
arsa maliyeti	8,00	1,18	7,56	7,71	7,81	8,65	8,16	1,00

Çizelge 4.4'deki birleştirilmiş ikili karşılaştırma yöntemi AHP metoduna göre normalize edilmiştir. Çizelge 4.5'te normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakiplere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
iş gücü maliyeti kriteri	0,02	0,01	0,01	0,11	0,06	0,09	0,05	0,02	0,03
taşıma maliyeti kriteri	0,14	0,07	0,01	0,15	0,09	0,10	0,15	0,09	0,10
elde tutma maliyeti kriteri	0,15	0,47	0,10	0,15	0,10	0,10	0,15	0,08	0,10
müşterilere yakınlık kriteri	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	0,08
tedarikçilere yakınlık kriteri	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02	0,07
rakiplere yakınlık kriteri	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,03
üreticilere yakınlık kriteri	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,07	0,02	0,02	0,08
teslim süresi kriteri	0,16	0,13	0,22	0,15	0,22	0,12	0,19	0,17	0,10
iletişim sistemleri kriteri	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01
gelişmişlik oranı kriteri	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01
depo kapasitesi kriteri	0,16	0,03	0,06	0,04	0,06	0,11	0,18	0,16	0,10
müşteri hizmet seviyesi kriteri	0,01	0,01	0,05	0,04	0,04	0,08	0,00	0,02	0,08
ulaşım çeşitliliği kriteri	0,01	0,03	0,05	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,08
deprome dayanıklılık kriteri	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
iklim şartları	0,14	0,12	0,11	0,09	0,12	0,11	0,04	0,08	0,02
arsa maliyeti	0,16	0,03	0,27	0,15	0,15	0,12	0,16	0,20	0,10

Çizelge 4.5. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	depreme dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
iş gücü maliyeti kriteri	0,01	0,01	0,04	0,04	0,07	0,06	0,01	0,02
taşıma maliyeti kriteri	0,09	0,22	0,15	0,05	0,08	0,08	0,02	0,29
elde tutma maliyeti kriteri	0,10	0,18	0,04	0,05	0,08	0,08	0,04	0,06
müşterilere yakınlık kriteri	0,03	0,06	0,01	0,05	0,07	0,07	0,01	0,02
tedarikçilere yakınlık kriteri	0,08	0,05	0,01	0,05	0,08	0,07	0,01	0,03
rakilere yakınlık kriteri	0,03	0,01	0,00	0,01	0,07	0,06	0,01	0,02
üreticilere yakınlık kriteri	0,08	0,01	0,14	0,05	0,07	0,07	0,02	0,02
teslim süresi kriteri	0,09	0,12	0,18	0,18	0,08	0,08	0,09	0,13
iletişim sistemleri kriteri	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02
gelişmişlik oranı kriteri	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,02
depo kapasitesi kriteri	0,11	0,11	0,18	0,21	0,08	0,08	0,32	0,13
müşteri hizmet seviyesi kriteri	0,09	0,01	0,02	0,05	0,07	0,07	0,02	0,02
ulaşım çeşitliliği kriteri	0,08	0,01	0,01	0,02	0,07	0,06	0,02	0,02
depreme dayanıklılık kriteri	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02
iklim şartları	0,09	0,01	0,04	0,04	0,04	0,07	0,04	0,02
arsa maliyeti	0,10	0,13	0,16	0,18	0,07	0,08	0,34	0,15

Normalize edilmiş ikili matrise AHP metodundaki ağırlıklandırma hesaplamaları uygulanarak her bir kritere ait ağırlık değeri aritmetik ortalama ile hesaplanmıştır.

Her bir kriterin ağırlık değeri aynı şekilde hesaplanmış ve kriterlere ait ağırlık değerleri bulunmuştur. Kriterlerin hesaplama sonucu bulunan ağırlık değerleri şu şekildedir:

arsa maliyeti	0.15
teslim süresi	0.14
elde tutma maliyeti	0.12
depo kapasitesi	0.12
taşıma maliyeti	0.11
iklim şartları	0.07
üreticilere yakınlık	0.05
tedarikçilere yakınlık	0.04
iş gücü maliyeti	= 0.04
müşteri hizmet seviyesi	0.04
müşterilere yakınlık	0.03
ulaşım çeşitliliği	0.03
rakilere yakınlık	0.02
iletişim sistemleri	0.01
gelişmişlik oranı	0.01
depreme dayanıklılık	0.01
elektrik, telefon, su altyapı	0.01

Bu bulunan değerler bulanık MOORA hesaplamalarında kriter ağırlıklarında kullanılmıştır.

Karar ekibi tarafından dilsel değişkenler kullanılarak alternatifler değerlendirilmiş ve bulanık karar matrisleri oluşturulmuştur. Karar ekibine ait bulanık karar matrisleri **EK 7** ve **EK 8**'de verilmiştir. Depo sorumlusuna ait bulanık karar matrisi ise Çizelge 4.6'deki gibidir.

Çizelge 4.6. Depo sorumlusuna ait bulanık karar matrisi

N0	Kriterler	Trabzon	Gaziantep	Kars	Diyarbakır
1	iş gücü maliyeti kriteri	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
2	taşıma maliyeti kriteri	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
3	elde tutma maliyeti kriteri	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
4	müşterilere yakınlık kriteri	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
5	tedarikçilere yakınlık kriteri	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)

6	rakilere yakınlık kriteri	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
7	üreticilere yakınlık kriteri	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
8	teslim süresi kriteri	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
9	iletişim sistemleri kriteri	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
10	gelişmişlik oranı kriteri	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
11	depo kapasitesi kriteri	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)
12	müşteri hizmet seviyesi kriteri	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
13	ulaşım çeşitliliği kriteri	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
14	deprome dayanıklılık kriteri	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
15	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
16	iklim şartları	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
17	arsa maliyeti	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)

Karar ekibine ait bulanık karar matrisleri birleştirilmiştir. Çizelge 4.7’de birleştirilmiş bulanık karar matrisleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakilere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
Trabzon	(3, 6.8, 10)	(5, 7.6, 10)	(3, 7.4, 10)	(3, 7.7, 10)	(3, 7.7, 10)	(0, 0, 10)	(0, 0, 10)	(1, 6.2, 10)	(3, 7.4, 10)
Gaziantep	(3, 7.7, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9.3, 10)	(7, 9.3, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9.6, 10)
Kars	(3, 5, 7)	(0, 0, 3)	(0, 0, 7)	(0, 0, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1.7, 7)	(0, 1.7, 7)	(0, 1, 3)	(0, 4.3, 10)
Diyarbakır	(3, 6.1, 10)	(7, 9, 10)	(3, 7.4, 10)	(3, 7.4, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(7, 9.3, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)

Çizelge 4.7. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	depreme dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
Trabzon	(7, 9, 10)	(3, 6.1, 10)	(3, 7.4, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 6.1, 10)	(3, 6.3, 10)	(0, 4.3, 10)
Gaziantep	(9, 10, 10)	(7, 9.6, 10)	(7, 9.3, 10)	(7, 9.3, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9.6, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Kars	(0, 0, 3)	(0, 0, 7)	(0, 0, 3)	(0, 0, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
Diyarbakır	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(0, 1.7, 7)	(3, 5, 7)	(3, 7.4, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)

Bulanık MOORA hesaplamaları Vatansver ve Uluköy 2013 yılındaki çalışmalarında önerildiği gibi yapılmıştır. Bulanık karar matrisi eşitlik (3.26), (3.27), (3.28) kullanılarak normalize edilmiştir. Çizelge 4.8’de normalize bulanık karar matrisini göstermektedir.

Örnek olarak Trabzon alternatifi iş gücü maliyet kriteri için eşitlik (3.26), (3.27), (3.28) kullanılarak normalize işlemi hesaplamaları gösterilmiştir;

$$r_{Ti}^l = \frac{3}{\sqrt{3^2 + 6.8^2 + 10^2 + 3^2 + 7.7^2 + 10^2 + 3^2 + 5^2 + 7^2 + 3^2 + 6.1^2 + 10^2}} = 0.128$$

$$r_{Ti}^m = \frac{6.8}{\sqrt{3^2 + 6.8^2 + 10^2 + 3^2 + 7.7^2 + 10^2 + 3^2 + 5^2 + 7^2 + 3^2 + 6.1^2 + 10^2}} = 0.289$$

$$r_{Ti}^u = \frac{10}{\sqrt{3^2 + 6.8^2 + 10^2 + 3^2 + 7.7^2 + 10^2 + 3^2 + 5^2 + 7^2 + 3^2 + 6.1^2 + 10^2}} = 0.425$$

Çizelge 4.8. Normalize bulanık karar matrisi

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakilere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
Trabzon	(0.128, 0.289, 0.425)	(0.189, 0.288, 0.377)	(0.117, 0.289, 0.390)	(0.125, 0.321, 0.417)	(0.147, 0.377, 0.490)	(0, 0, 0.389)	(0, 0.387)	(0.039, 0.241, 0.389)	(0.130, 0.320, 0.433)
Gaziantep	(0.128, 0.328, 0.425)	(0.340, 0.377, 0.377)	(0.351, 0.391, 0.391)	(0.292, 0.387, 0.417)	(0.343, 0.456, 0.490)	(0.350, 0.389, 0.389)	(0.349, 0.387, 0.387)	(0.350, 0.389, 0.389)	(0.303, 0.415, 0.433)
Kars	(0.128, 0.213, 0.298)	(0, 0, 0.113)	(0, 0, 0.273)	(0, 0, 0.125)	(0, 0.049, 0.147)	(0, 0.066, 0.272)	(0, 0.066, 0.271)	(0, 0.039, 0.117)	(0, 0.186, 0.433)
Diyarbakır	(0.128, 0.259, 0.340)	(0.264, 0.340, 0.391)	(0.118, 0.289, 0.391)	(0.125, 0.308, 0.391)	(0, 0, 0.049)	(0.272, 0.350, 0.350)	(0.271, 0.360, 0.360)	(0.272, 0.350, 0.350)	(0, 0.043, 0.130)

	0.425)	0.377)		0.417)		0.389)	0.387)	0.389)	
--	--------	--------	--	--------	--	--------	--------	--------	--

Çizelge 4.8. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	depreme dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
Trabzon	(0.304, 0.391, 0.434)	(0.142, 0.289, 0.474)	(0.118, 0.292, 0.395)	(0.375, 0.417, 0.417)	0.420, 0.467, 0.467)	(0.126, 0.257, 0.422)	0.116, 0.243, 0.386	(0, 0.194, 0.450)
Gaziantep	(0.391, 0.434, 0.434)	(0.332, 0.455, 0.474)	(0.277, 0.367, 0.395)	(0.292, 0.387, 0.417)	0.140, 0.233, 0.327)	(0.295, 0.405, 0.422)	0.374, 0.386, 0.386	0.405, 0.450, 0.450
Kars	0, 0, 0.130	0, 0, 0.334	0, 0, 0.118	0, 0, 0.125	(0, 0.047, 0.140)	0, 0.042, 0.126	(0, 0.039, 0.116)	(0, 0.045, 0.135)
Diyarbakır	(0, 0.043, 0.130)	(0, 0.047, 0.142)	(0.277, 0.356, 0.395)	(0, 0.071, 0.292)	0.140, 0.233, 0.327)	(0.126, 0.312, 0.422)	0.270, 0.347, 0.386	0.135, 0.225, 0.315

Normalize bulanık karar matrisinin elemanları, stokastik AHP yaklaşımı ile elde ettiğimiz kriter ağırlıkları, eşitlik (3.29), (3.30), (3.31) yardımıyla hesaplanarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Çizelge 4.9'da ağırlıklı normalize bulanık karar matrisini ifade etmektedir.

Örnek olarak Trabzon alternatifi iş gücü maliyet kriteri için eşitlik (3.29), (3.30), (3.31) yardımıyla ağırlıklı normalize bulanık değerleri hesaplanması aşağıda gösterilmiştir;

$$v_{Ti}^l = 0.04 * 0.128 = 0.005$$

$$v_{Ti}^m = 0.04 * 0.289 = 0.012$$

$$v_{Ti}^u = 0.04 * 0.425 = 0.017$$

Çizelge 4.9. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi

	iş gücü maliyeti kriteri	taşıma maliyeti kriteri	elde tutma maliyeti kriteri	müşterilere yakınlık kriteri	tedarikçilere yakınlık kriteri	rakiplere yakınlık kriteri	üreticilere yakınlık kriteri	teslim süresi kriteri	iletişim sistemleri kriteri
Trabzon	(0.005, 0.012, 0.017)	(0.021, 0.032, 0.041)	(0.014, 0.035, 0.047)	(0.004, 0.01 0.013)	(0.006, 0.015, 0.02)	(0, 0, 0.008)	(0, 0, 0.019)	(0.005, 0.034, 0.054)	(0.001, 0.003, 0.004)
Gaziantep	(0.005, 0.013, 0.017)	(0.037, 0.041, 0.041)	(0.042, 0.047, 0.047)	(0.009, 0.012, 0.013)	(0.014, 0.018, 0.02)	(0.007, 0.008, 0.008)	(0.017, 0.019, 0.019)	(0.049, 0.054, 0.054)	(0.003, 0.004, 0.004)
Kars	(0.005, 0.008, 0.012)	(0, 0, 0.012)	(0, 0, 0.033)	(0, 0, 0.004)	(0, 0.002, 0.006)	(0, 0.001, 0.005)	(0, 0.003, 0.014)	(0, 0.005, 0.016)	(0, 0.001, 0.004)

Diyarbakır	(0.005, 0.01, 0.017)	(0.029, 0.037, 0.041)	(0.014, 0.035, 0.047)	(0.004, 0.009, 0.012)	(0, 0, 0.002)	(0.005, 0.007, 0.008)	(0.014, 0.018, 0.019)	(0.038, 0.049, 0.054)	(0, 0, 0.001)
------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------

Çizelge 4.9. (devam)

	gelişmişlik oranı kriteri	depo kapasitesi kriteri	müşteri hizmet seviyesi kriteri	ulaşım çeşitliliği kriteri	deprome dayanıklılık kriteri	elektrik, telefon, su alt yapı kriteri	iklim şartları	arsa maliyeti
Trabzon	(0.003, 0.004, 0.004)	(0.017, 0.035, 0.057)	(0.005, 0.012, 0.016)	(0.011, 0.013, 0.013)	(0.004, 0.005, 0.005)	(0.001, 0.003, 0.004)	(0.008, 0.017, 0.027)	(0, 0.029, 0.068)
Gaziantep	(0.004, 0.004, 0.004)	(0.04, 0.055, 0.057)	(0.011, 0.015, 0.016)	(0.009, 0.012, 0.013)	(0.001, 0.002, 0.003)	(0.003, 0.004, 0.005)	(0.026, 0.027, 0.027)	(0.061, 0.068, 0.068)
Kars	(0, 0, 0.001)	(0, 0, 0.04)	(0, 0, 0.005)	(0, 0, 0.004)	(0, 0, 0.001)	(0, 0, 0.001)	(0, 0.003, 0.008)	(0, 0.007, 0.020)
Diyarbakır	(0, 0, 0.001)	(0, 0.006, 0.017)	(0.011, 0.014, 0.016)	(0, 0.002, 0.009)	(0.001, 0.002, 0.003)	(0.001, 0.003, 0.004)	(0.019, 0.024, 0.027)	(0.020, 0.034, 0.047)

Son olarak eşitlik (3.32)- (3.37) ile fayda ve maliyet kriterleri açısından her bir alternatif sıralamaları elde edilip, eşitlik (3.38) yardımıyla da her bir alternatifin performans puanları elde edilmiştir. Trabzon alternatifi için performans sıralama puanı (S_T) hesaplamaları aşağıdaki gibidir. Çizelge 4.10 bütün alternatiflerin performans sıralama puanlarını (S) ve alternatif sıralamasını göstermektedir.

$$S_T = \sqrt{\frac{1}{3}((0.065 - 0.04)^2 + (0.151 - 0.108)^2 + (0.236 - 0.181)^2)} = 0.043$$

Çizelge 4.10 Alternatiflerin performans sıralaması

Alternatifler	S^+	S^-	S	sıralama
Trabzon	(0.065, 0.151, 0.236)	(0.04, 0.108, 0.181)	0.043	2
Gaziantep	(0.186, 0.226, 0.235)	(0.152, 0.177, 0.181)	0.046	1
Kars	(0, 0.014, 0.104)	(0.005, 0.016, 0.082)	0.013	3
Diyarbakır	(0.088, 0.127, 0.165)	(0.073, 0.123, 0.16)	0.009	4

Çizelge 4.10'da da görüldüğü gibi 4 farklı alternatif bölge sıralamasında en yüksek sıralama puanına sahip olan seçenek Gaziantep ilidir. Onu Tranzon, Kars, Diyarbakır seçenekleri takip etmektedir. Süpermarket sahibi, Bulanık MOORA yöntemi ile elde edilen sonuca göre depo yer seçimi için Gaziantep bölgesini seçmelidir.

4.1.2.b. Stokastik AHP-bulanık VIKOR hesaplamaları

Uygulamadaki VIKOR hesaplamaları, Akyüz (2012) tarafından önerildiği gibi yapılmıştır. Çalışmadaki depo yer seçimi problemine çözüm yaklaşımında daha önce bahsedildiği gibi 17 kriter ve 4 alternatif bölge dikkate alınarak çözüm yapılmıştır. Çizelge 4.7 deki bulanık karar matrisi incelenerek eşitlik (3.43) yardımı ile bulanık en iyi (\tilde{f}_j^*) ve bulanık en kötü (\tilde{f}_j^-) değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Bulanık en iyi (\tilde{f}_j^*) ve bulanık en kötü (\tilde{f}_j^-) değerler

Kriterler	(\tilde{f}_j^*)	(\tilde{f}_j^-)
iş gücü maliyeti kriteri	(3, 7.7, 10)	(3, 5, 7)
taşıma maliyeti kriteri	(9, 10, 10)	(0, 0, 3)
elde tutma maliyeti kriteri	(9, 10, 10)	(0, 0, 7)
müşterilere yakınlık kriteri	(7, 9.3, 10)	(0, 0, 3)
tedarikçilere yakınlık kriteri	(7, 9.3, 10)	(0, 0, 1)
rakilere yakınlık kriteri	(9, 10, 10)	(0, 0, 7)
üreticilere yakınlık kriteri	(9, 10, 10)	(0, 0, 7)
teslim süresi kriteri	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)
iletişim sistemleri kriteri	(7, 9.6, 10)	(0, 1, 3)
gelişmişlik oranı kriteri	(9, 10, 10)	(0, 0, 3)
depo kapasitesi kriteri	(7, 9.6, 10)	(0, 0, 3)
müşteri hizmet seviyesi kriteri	(7, 9.3, 10)	(0, 0, 3)
ulaşım çeşitliliği kriteri	(9, 10, 10)	(0, 0, 3)
depreme dayanıklılık kriteri	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)
elektrik,telefon,su alt yapı kriteri	(7, 9.6, 10)	(0, 1, 3)
iklim şartları	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)
arsa maliyeti	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)

Daha sonra eşitlik (3.44) yardımı ile alternatiflerin en iyi değere olan uzaklık değeri \tilde{S}_i ile en kötü değere olan uzaklık değeri \tilde{R}_i hesaplanmıştır. Çizelge 4.12'de \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri

Alternatifler	\tilde{S}_i	\tilde{R}_i
Trabzon	(0.705, 0.389, 0.00)	(0.15, 0.095, 0.00)
Gaziantep	(0.054, 0.007, 0.00)	(0.04, 0.005, 0.00)
Kars	(1, 0.98, 0.912)	(0.15, 0.15, 0.15)
Diyarbakır	(0.545, 0.382, 0.203)	(0.12, 0.107, 0.12)

Eşitlik (3.45) ve (3.46) yardımıyla hesaplanan \tilde{S}_i^* , \tilde{S}_i^- , \tilde{R}_i^* ve \tilde{R}_i^- değerleri çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13: \tilde{S}_i^* , \tilde{S}_i^- , \tilde{R}_i^* ve \tilde{R}_i^-

\tilde{S}_i^*	(0.054, 0.007, 0.00)
\tilde{S}_i^-	(1, 0.98, 0.912)
\tilde{R}_i^*	(0.04, 0.005, 0.00)
\tilde{R}_i^-	(0.15, 0.15, 0.15)

Aşama 7 de bulunan \tilde{S}_i^* , \tilde{S}_i^- , \tilde{R}_i^* ve \tilde{R}_i^- değerleri eşitlik (3.47)'de yerine konularak \tilde{Q}_i değerleri hesaplanmıştır. Denklemdaki v değeri uzlaşmayı yansıtmak için 0.5 olarak alınmıştır. Elde edilen bulanık sayıları durulaştırmak için eşitlik (3.48) deki denklem kullanılmış ve Q_i, S_i ve R_i indeks değerleri hesaplanmıştır. Bu indeks değerlerine göre alternatifler sıralanmıştır. Çizelge 4.14'te Q_i, S_i ve R_i indeksleri ve alternatiflerin sırası gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Q_i, S_i ve R_i indeksleri ve alternatiflerin sırası

Alternatifler	\tilde{Q}_i	Q_i	sıra	S_i	sıra	R_i	sıra
Trabzon	(0.84, 0.506, 0)	0.449	2	0.365	2	0.0817	2
Gaziantep	(0, 0, 0)	0	1	0.020	1	0.015	1
Kars	(1, 1, 1)	1	4	0.964	4	0.15	4
Diyarbakır	(0.786, 0.545, 0.511)	0.614	3	0.	3	0.116	3

Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi aşamasında Q_i indeksine göre yapılan sıralamada iki koşulun sağlanıp sağlanmadığı araştırılmıştır.

1.Koşul: Kabul edilebilir avantaj: eşitlik (3.49)'e göre $Q(a'') - Q(a') = 0.449 - 0 \geq 0.25$, $Q(a''') - Q(a') = 0.614 - 0 \geq 0.25$ ve $Q(a''''') - Q(a') = 1 - 0 \geq 0.25$ olduğundan dolayı 1. koşul sağlanmıştır.

2.Koşul: Karar vermede kabul edilebilir istikrar: a' alternatifi, Q_i indeksine göre yapılan sıralamada en iyi alternatif, S_i ve /veya R_i değerlerine göre yapılan sıralamada da en iyi alternatif ise bu uzlaştırıcı çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır. Çizelge 4.15'e baktığımızda Gaziantep alternatifi Q_i, S_i ve R_i indekslerine göre yapılan sıralamada hepsinde en iyi alternatif olmuştur. Dolayısıyla 2. koşul sağlanmıştır.

Çizelge 4.15. Karar vermede kabul edilebilir istikrar

Q_i	Gaziantep> Trabzon> Diyarbakır> Kars
S_i	Gaziantep> Trabzon> Diyarbakır> Kars
R_i	Gaziantep> Trabzon> Diyarbakır> Kars

\tilde{Q}_i değeri hesaplanırken denklemdeki v değeri uzlaşmayı yansıtmak için 0.5 olarak alınmıştır. Çalışmada diğer v değerleri ($v=0$, $v=1$) için tekrar \tilde{Q}_i değerleri hesaplanmıştır ve elde edilen sonuçlara bakıldığında alternatif sıralaması aynı çıkmıştır. $V=0$ için sonuçlar Çizelge 4.16’da gösterilmiştir ve $v=1$ değeri için hesaplanan sonuçlar Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Q_i, S_i ve R_i indeksleri ve alternatiflerin sırası ($v=0$)

	\tilde{Q}_i	Q_i	sıra	S_i	sıra	R_i	sıra
Trabzon	(1, 0.621, 0)	0.540	2	0.365	2	0.0817	2
Gaziantep	(0, 0, 0)	0	1	0.020	1	0.015	1
Kars	(1, 1, 1)	1	4	0.964	4	0.15	4
Diyarbakır	(0.727, 0.703, 0.8)	0.743	3	0.377	3	0.116	3

Çizelge 4.17. Q_i, S_i ve R_i indeksleri ve alternatiflerin sırası ($v=1$)

	\tilde{Q}_i	Q_i	sıra	S_i	sıra	R_i	sıra
Trabzon	(0.688, 0.393, 0)	0.360	2	0.365	2	0.0817	2
Gaziantep	(0, 0, 0)	0	1	0.020	1	0.015	1
Kars	(1, 1, 1)	1	4	0.964	4	0.15	4
Diyarbakır	(0.519, 0.385, 0.22)	0.375	3	0.377	3	0.116	3

VIKOR metodu hesaplama sonuçlarına bakıldığında en iyi alternatif olarak Gaziantep bölgesi gözükmektedir. Gaziantep bölgesini şu sıra ile diğer alternatifler takip etmektedir, Trabzon, Diyarbakır ve Kars.

5. SONUÇ

Günümüz şartlarında firmalar, küreselleşen dünya da ayakta kalabilmek için karar verirken daha dikkatli olmak ve maliyetlerini sürekli sorgulamak zorundadırlar. Dolayısıyla alınacak kararlar için etkin yöntemler kullanılmalı ve karar verme süreci dikkatli bir şekilde yürütülmelidir.

Depo yer seçimi kararının firma lojistik maliyetlerine etkisi olduğundan dolayı depo yer seçimi sürecinin etkili bir şekilde yürütülmesi gerekir. Depo yer seçimi problemi pek çok farklı ve belirsiz kriter içermektedir. Bu tür problemlere çözüm bulabilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada daha önce depo yer seçimi problemlerinin çözümü için yeni bir model geliştirilmiştir.

Geliştirilen model stokastik AHP ve Bulanık MOORA metodunun hibritlenmesini içerir. Literatürde daha önce yapılan çalışmalarda stokastik AHP çok nadir kullanılmış olup Bulanık MOORA metodu ile bir arada herhangi bir uygulamada kullanılmamıştır. Bu açıdan literatürde yapılan ilk çalışma olması amaçlanmıştır.

Uygulamada bir süper markete ait depo yer seçimi probleminin etkin bir şekilde çözülmesi sağlanmıştır. Depo müdürü, satın alma müdürü ve depo sorumlusundan oluşan karar ekibi görüşlerine göre kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılmasında stokastik AHP tekniği kullanılırken, alternatiflerin sıralamasında ise bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden Bulanık MOORA ve Bulanık VIKOR teknikleri kullanılmıştır.

Çalışmada gerçek hayat problemine çözüm yaklaşımı olarak alternatif depo yerleri için iki farklı model kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında iki modelin sonuçlarının benzer olduğu görülmüştür. Karar ekibinin görüşlerine göre belirlenen kriterlere göre her iki model ile yapılan alternatif sıralamasında en iyi depo yeri Gaziantep ili olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak bu çalışmada önerilen stokastik AHP ve Bulanık MOORA yaklaşımının, gerçek hayat problemine uygulanması ile elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, belirsiz ve kesin olmayan durumları ifade edilebildiği için bu tip depo yer seçimi problemleri için daha etkin bir yöntem olduğu söylenebilir.

Önerilen yaklaşım bu tezde spesifik bir depo yer seçimi karar verme problemine uygulanmıştır. Ancak gelecek çalışmalarda diğer yer seçimi problemlerine ve farklı karar verme problemlerine de uygulanabilir. Aynı zamanda gelecek çalışmalarda stokastik AHP ile diğer çok kriterli karar verme yöntemleri hibritlenerek farklı yaklaşımlar geliştirilebilir ve farklı problem tipleri için geliştirilen bu yaklaşımlar kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Akman, G., Alkan, A., 2006. Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(9), 23-46.
- Aksakal, E., Dağdeviren, M., 2010. ANP ve DEMATEL Yöntemleri İle Personel Seçimi Problemlerine Bütünleşik Bir Yaklaşım. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 25(4), 905-913.
- Aktepe, A., Ersöz, S., 2014. AHP-VIKOR VE MOORA Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması. Endüstri Mühendisliği, 25(1-2), 2-15.
- Akyüz, G., 2012. Bulanık VIKOR Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(1), 197-215.
- Aydın, Ö., Öznehir, S., Akçalı, E., 2009. Ankara İçin Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2), 69-86.
- Ayhan, Ç.K., Hepcan, Ş., 2009. Özgün Peyzaj Karakteristiklerine Sahip Mekanlara Yönelik Bir Peyzaj Planlama Yönteminin Ortaya Konulması; Bozcaada Örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1).
- Ballı, H., 2014. Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi. Y. Lisans Tezi, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Budak, A., Ustundag, A., 2015. Fuzzy Decision Making Model For Selection Of Real Time Systems. Applied Soft Computing.
- Can, T., Çilingirtürk, M., Koçak, H., 2006. Dışbükey Programlama İle Lojistik Merkezi Tespiti. Yönetim, (54), 17-25.
- Çelik, P., Ustasüleyman, T., 2014. Electre I ve Pronethee Yöntemleri İle GSM Operatörlerinin Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi. International Journal of Economic and Administrative Studies, 6(12), 1307-9832.
- Çobanoğlu, B., 2000. Bulanık mantık ve bulanık küme teorisi. <https://cobanoğlu.wikispaces.com/file/view/bulanikmantik.pdf> (12.08.2015)
- Cobuloglu, H. I., Buyuktahtakin, I.E., 2015. A stochastic multi-criteria decision analysis for sustainable biomass crop selection. Expert Systems with Applications, 42(15-16), 6065-6074.
- Demirel, T., Demirel, N. C., Kahraman, C., 2010. Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral. Expert Systems with Applications, 37(5), 3943-3952.
- Durmuş, A., 2010. Lojistikte Depo Yer Seçimine Etki Eden Faktörlerin Modellenmesi: İstanbul Örneği. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
- Erden, T., Coşkun, M.Z., 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisler Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Eroğlu, Ö., 2014. Bakım/Onarım Alternatiflerinin Bulanık Dematel ve Smaa-2 Yöntemleriyle Değerlendirilmesi. Savunma Bilimleri Enstitüsü. Y.Lisan Tezi, Ankara.

- Görener, A., 2011. Bütünleşik ANP-VIKOR Yaklaşımı İle ERP Yazılımı Seçimi. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 5(97-110).
- Gülsün, B. , Tuzkaya, G., Duman, C., 2009. Genetik Algoritmalar İle Tesis Yerleşimi Tasarımı ve Bir Uygulama. Doğuş Üniversitesi Dergisi, 10(1), 73-87.
- Hahn, E. D., 2006. Link function selection in stochastic multicriteria decision making models. European Journal of Operational Research, 172(1), 86-100.
- Jalao, E.R., Wu T., Shunk, D., 2014. A stochastic AHP decision making methodology for imprecise preferences. Information Sciences, 270(2), 192-203.
- Jato-Espino, D., Rodriguez-Hernandez, J., Andres-Valeri, V.C., Ballester-Munoz, F., 2014. A fuzzy stochastic multi-criteria model for the selection of urban pervious pavements. Expert Systems with Applications, 41(15), 6807-6817.
- Jensen, P.A., 2004, Continuous Distribution. [https://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/computation/unit/rvadd/continuous_dist/beta.html/\(15.11.2015\)](https://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/computation/unit/rvadd/continuous_dist/beta.html/(15.11.2015))
- Kara, S.Ş., 2014. Depo Nedir? <http://lojistigedairhersey.blogspot.com.tr/2014/01/depone-dir.html> (10.08.2015).
- Karande, P., Chakraborty, S., 2012. A Fuzzy- MOORA Approach for ERP System Selection. Decision Science Letters, 2, 11-12.
- Kayran, A.H., Yücel, M.N., 2014. Olasılık Dağılım Fonksiyonları. Olasılık Teorisi ve Stokastik Süreçler, Dr. Rifat Çölkesen. Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, 69-143.
- Kocamustafaoğulları, E., 2007. http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Cok_Amacli_Karar_Vermepdf (12.08.2015)
- Küçükönder, M., Karabulut, M., 2007. Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahrmanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti. Coğrafi Bilimler Dergisi, 5(2), 55-76.
- Kula, U., 2013. Stokastik Süreçler Ders notları https://dosya.sakarya.edu.tr/Dokumanlar/2014/ENM605/637838648_stokastik_surecler.pdf (12.08.2015).
- Lahdelma, R., Salminen, P., 2002. Pseudo-criteria versus linear utility function in stochastic multi-criteria acceptability analysis. European Journal of Operational Research, 141(2), 454-469.
- Lojistik defteri, 2011. Depolamanın faydaları <http://www.lojistikdefteri.com/depolamanin-faydalari-nelerdir.html> (10.08.2015)
- Mousavi, S. M., Jolai, F., Tavakkoli-Moghaddam, R., 2013. A Fuzzy Stochastic Multi-Attribute Group Decision-Making Approach for Selection Problems. Group Decision and Negotiation, 22(2), 207-233.
- Ömürbek, N., Demirci, N., Akalın, P., 2013. Analitik Ağ Süreci ve TOPSİS Yöntemleri İle Bilimdalı Seçimi. Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 5(9).
- Ömürbek, N., Üstündağ, S., Helvacıoğlu, Ö.C., 2013. Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesi'nde Bir Uygulama. Yönetim Bilimleri Dergisi, 11(21), 101-116.
- Ömürbek, N., Tunca, M.Z., 2013. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama. SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18(3), 47-70.
- Önalın, Ö., 2010. Stokastik Süreçler. Stokastik Süreçler, Ufuk Çetiner. Avcıol Basım Yayın, İstanbul, 40-44.

- Özcan, T., Çelebi, N., Esnaf, Ş., 2011. Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9773-9779.
- Özçelik, G., Atmaca, H.E., 2014. Satın Alma Süreci İçin MOORA Metodu İle Tedarikçi Seçimi Problemi. III. Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Trabzon.
- Park, C., Seo, J., 2010. Comparing heuristic algorithms of the planar storage location assignment problem. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 46(1), 171-185.
- Rahmani, N., Talebpour, A., Ahmadi, T., 2012. Developing a Multi Criteria Model for Stochastic IT Portfolio Selection by AHP Method. *World Conference on Business, Economics and Management (Bem-2012)*, 62(1041-1045).
- Reid, D.J., 1968. *The Theory of Industrial Location: Alfred Weber's Contribution Reappraised. Examining Committee Approval.*
- Saaty, T.H., Niemira, M.P., 2006. A Framework for Making a Better Decision. *Research Review*, 13(1).
- Sargin, S., Okudum, R., 2014. Isparta İlinde Soğuk Hava Depolarının Kuruluşu, Gelişimi ve Gelişimine Etki Eden Faktörler. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31(111-132).
- Sarıkaya, H.A., Çalışkan, E., Türkbey, O., 2014. Bütünleşik Tedarik Zinciri Ağında Tesis Yeri Seçimi İçin Bulanık Çok Amaçlı Programlama Modeli. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(5), 150-161.
- Sawicki, P., Sawicka, H., 2014. Logistics process improvement using simulation and stochastic multiple criteria decision aiding. *Transportation: Can We Do More with Less Resources? - 16th Meeting of the Euro Working Group on Transportation - Porto 2013*, 111(213-223).
- Seçme, N.Y., Özdemir, A.İ., 2008. Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi : Türkiye Örneği. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2).
- Supçiller, A.A., Çapraz, O., 2011. AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu*, 13, 1-22.
- Tan, C.Q., Ip, W.H., Chen, X. H., 2014. Stochastic multiple criteria decision making with aspiration level based on prospect stochastic dominance. *Knowledge-Based Systems*, 70(231-241).
- Turanoğlu, B., 2012. *Fabrika İçi Yerleşim Düzeni ve Bir İşletmede Uygulanması. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi.*
- Uludağ, A.S., Deveci, M.E., 2013. Kuruluş Yeri Seçim Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 257-287.
- Van den Honert, R.C., 1998. Stochastic group preference modelling in the multiplicative AHP: A model of group consensus. *European Journal of Operational Research*, 110(1), 99-111.
- Vatansever, K., Uluköy, M., 2013. Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleriyle Seçimi: Üretim Sektöründe Bir Uygulama. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 274-293.

- Ye, F., Zhao, Q., Xi, M., Deseouky, M., 2015. Chinese National Emergency Warehouse Location Research based on VNS Algorithm. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 47(61-68).
- Yılmaz, B., Dağdeviren, M., Akçayol, M.A., 2011. Hızlı Tüketim Malları Depo Yeri Seçimi Problemi İçin Genetik Algoritma İle Bir Çözüm XI. Üretim Araştırma Sempozyumu.
- Yoon, K.P., Hwang, C.L., 1995. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*. Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Science, 07-104.



ÖZGEÇMİŞ

1 Aralık 1991 tarihinde Konya’da doğdu. 2009 yılında Konya Selçuklu Lisesi’nden mezun oldu. 2013 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

