

Depo Yeri Seçimi Probleminde Gri Sistem Teorisi ve VIKOR Yönteminin Karşılaştırmalı Analizi

Oğuzhan YAVUZ*

Öz

Depo yeri seçimi problemleri, uzun vadede işletmeleri etkileyebilen ve işletme yöneticilerinin stratejik boyutta karar vermeleri gereken problemlerdir. Genellikle, çok boyutlu karar verme yöntemleri ile çözülebilmektedir. Çalışmamızda, depo yeri seçimi problemi açısından en uygun yerin seçilebilmesi amacıyla çok boyutlu karar verme yöntemlerinden Gri Sistem Teorisi ve VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kopmpromisno Resenje) yöntemleri kullanılmıştır. Her iki yöntem gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletme açısından değerlendirilmiştir. Bu yöntemler; ulaştırma, işyeri, işçilik ve stok bulundurma maliyetleri, depo kapasitesi, mağazalara uzaklık ve üretim merkezine uzaklık gibi depo yeri seçimi değişkenlerine göre analiz edilmiştir. Sonuç olarak, yöntemlerin farklı metodolojik alt yapıları olmasına karşın benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kavramlar: Çok Boyutlu Karar Verme, Yer Seçimi, Depo Yeri Seçimi, Gri Sistem Teorisi, VIKOR Yöntemi,

Comparative Analysis of Multi-Criteria Evaluation of Warehouse Location Problem Based on Grey Systems Theory and VIKOR Method

Abstract

The warehouse location selection problem affects businesses and is one of the most important strategic decisions for the business executives in the long run. Generally, it can be solved by multi-criteria decision making methods. In this study, Grey Systems Theory and VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kopmpromisno Resenje) multi-criteria decision making methods were used to select the most suitable location according to the warehouse location selection problem. Both methods were evaluated in terms of a business operating in the food sector. These methods were analyzed by the warehouse location selection variables such as transportation cost, storage cost, labor cost, inventory handling costs, warehouse capacity, store distance, and distance to production center. Consequently, the methods provided the same results despite the differences in their methodologies.



Özgün Araştırma Makalesi (Original Research Article)

Geliş/Received: 21.09.2016

Kabul/Accepted: 05.04.2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.17336/igusbd.412808>

* Arş. Gör. Dr., Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, E-posta: oyavuz@gazi.edu.tr **ORCID ID** <https://orcid.org/0000-0002-4352-2429>

Keywords: Multi-Criteria Decision Making, Location Selection, Warehouse Location Selection, Grey Systems Theory, VIKOR method.

Giriş

Tedarik zinciri, Frazelle (2002)¹ tarafından, "işletmelerin, tedarikçilerin tedarikçileri ve müşterilerin müşterileri arasındaki iletişimi sağlayan lojistik bilgi sistemi, taşıtlar (kamyonlar, trenler, uçaklar ve deniz araçları) ve tesislerden (depolar, fabrikalar, terminaller, bağlantı noktaları, mağazalar ve satış noktaları) oluşan bir ağ" olarak tanımlanmaktadır. Ürünlerin; hammadde halinden üretim tesislerine, imalat fabrikasının bölümlerine, montaj bölümlerine, dağıtım merkezlerine, depolara, perakendecilere ve müşterilere aktarımı bugünün rekabetçi çevresinde kritik bir öneme sahiptir². Dolayısıyla işletmelerin tedarik zinciri içerisinde depo yeri seçimi kararı vermeleri çeşitli değişkenler altında değerlendirilmesi gereken ve "işletmelerin başarısında önemli rol oynayan faktörler arasında" gösterilmektedir.

Yer seçimi teorisi, ilk defa 1909 yılında Alfred Weber tarafından, basit bir depo yeri seçimi problemi olarak, depo yeri ile uzak mesafelerdeki müşteriler arasındaki toplam dağıtım mesafesinin en aza indirilmesi amacıyla ortaya konulmuştur³. Yer seçimi problemi mekansal bir kaynak yerleşimi problemidir ve bir veya daha fazla hizmet sağlayıcısının bir grup talebi mekansal olarak karşılayabilmesini ifade etmektedir. Karar vericilerin tipik karşılaştıkları değişkenler; talep ve üretim merkezi arasındaki mesafenin ya da ortalama taşıma süresinin minimize edilmesi, ortalama teslim süresinin minimize edilmesi, maliyetlerin minimize edilmesidir⁴. Yer seçimi kararlarını vermek için gerekli olan aşamalar aşağıda belirtilmiştir⁵;

- Yer seçimi alternatiflerinin değerlendirilebilmesi amacıyla gerekli olan değişkenlerin belirlenmesi,
- Önemli görülen değişkenlerin tanımlanması,
- Yer alternatiflerinin geliştirilmesi,
- Alternatiflerin değerlendirilmesi ve yer seçiminin yapılması.

Depo yeri seçimi problemi ise, "talep merkezlerinin isteklerini karşılayabilmek amacıyla depo merkezlerinin büyüklüğünü ve sayısını belirleme sürecidir"⁶. Depo merkezlerinin kapasitesinin ihtiyaçtan fazla büyük

¹ Edward H. Frazelle, *Supply Chain Strategy*, Usa, McGraw-Hill, 2002, s. 8.

² Tufan Demirel... et al., "Multi-Criteria Warehouse Location Selection Using Choquet Integral", *Expert Systems with Applications*, 37, 2010, s. 3943.

³ Margaret L. Brandeau ve Samuel S. Chiu, "An Overview of Representative Problems in Location Research", *Management Science*, Vol. 35, No. 6, Jun. 1989, pp. 645.

⁴ Brandeau ve Chiu, a.g.m. s. 646,647.

⁵ Maysam Asgrafzadeh... et al., "Application of Fuzzy Topsis Method For The Selection Of Warehouse Location: A Case Study". *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, Vol. 3, No. 9, 2012a, s.112.

⁶ E. Feldman ... et al., "Warehouse Location under Continuous Economies of Scale", *Management Science*, Vol. 12, No. 9, Series A, Sciences, May 1966, s. 670.

olması, işletmenin fazla maliyetlere katlanmasını gerektirirken; daha az belirlenmesi işletmenin müşterilerden gelen talebi yeterince karşılayamaması anlamına gelmektedir. Diğer taraftan, işletmelerin tüketici taleplerini en iyi şekilde karşılayabilmesi amacıyla talep merkezlerine yakın konumda depolar bulundurması hem maliyet hem de işletmenin talebi karşılayabilmesi açısından son derece önemlidir. Dolayısıyla, depo yeri seçimi probleminin amacı; toplam maliyeti en aza indirebilmek için hangi talep merkezinin isteklerinin hangi depodan karşılanacağına belirlenmesi ve depolarının büyüklüğünün ve yerinin belirlenmesidir⁷.

Depo yeri seçimi ile ilgili literatürde çok çeşitli çalışmalara rastlamak mümkündür. Araştırmalar incelendiğinde, genellikle matematiksel modellerin, tam sayılı programlama yöntemleri ya da dinamik programlama yöntemlerinin ve çok boyutlu karar verme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Çok boyutlu karar verme yöntemleri ile depo yeri seçiminde; TOPSIS, Bulanık TOPSIS, AHP, Bulanık AHP, ELECTRE, Choquet integral ve Gri Sistem Teorilerinin kullanıldığı, ancak VIKOR yönteminin henüz kullanılmadığı görülmektedir. Ayrıca, Gri Sistem Teorisi ile AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri karşılaştırılırken, VIKOR yöntemi ile karşılaştırılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmada, depo yeri seçiminde VIKOR yöntemi kullanılmış ve Gri Sistem Teorisi ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde literatür taraması gerçekleştirilecektir. İkinci bölümünde kullanılan yöntemler ve araştırma metodolojisi ortaya konulacak, Gri Sistem Teorisi ve VIKOR yöntemlerinin aşamaları anlatılacaktır. Üçüncü bölümünde depo yeri seçiminde kullanılan değişkenler belirlenerek depo yeri seçimi problemi tanımlanacaktır. Gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletme örneğinde depo yeri seçimi karşılaştırmalı olarak analiz edilecektir. Son bölümde ise, sonuçlar ve değerlendirmeler ortaya konulacaktır.

1. Literatür Taraması

Depo yeri seçiminde erken dönemde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde daha çok matematiksel modellerin kullanıldığı görülmektedir. Baumol ve Wolf (1958)⁸, bitmiş ürünlerin müşterilere ulaştırılmasında depo yeri seçiminde coğrafik yer seçimi modelini ortaya koymuş, daha çok kantitatif değişkenleri kullanarak matematiksel bir model oluşturmuştur. Vlachopoulou vd. (2001)⁹, kantitatif ve kalitatif değişkenlerle coğrafi bilgi sistemini kullanarak alternatif depo yerleri arasında en uygununu coğrafi karar destek sistemlerini kullanarak belirlemiştir. Feldman vd. (1966)¹⁰, Baumol ve Wolf (1958)'un ulaştırma problemlerine çok benzeyen modelinin aksine, depo yeri seçimi problemlerinin ölçek ekonomisinden dolayı ulaştırma problemlerinden

⁷ Feldman... et. al., a.g.m., s.670.

⁸ William J. Baumol ve Philip Wolfe, "A Warehouse-Location Problem", *Operations Research*, Vol. 6, No. 2, Mar. - Apr., 1958, s. 252-263.

⁹ Maro Vlachopoulou... et. al., "Geographic Information Systems in Warehouse Site Selection Decisions", *Int. J. Production Economics*, 71, 2001, s. 205-212.

¹⁰ Feldman et. al., a.g.m., s. 670-684.

ayrılması gerektiğini ortaya koymuş ve büyük depoların küçüklerden daha etkili olduğunu ve depo sayısı arttıkça toplam depo maliyetlerinin de yükseleceğini belirtmiştir. Ölçek ekonomisinin depo maliyetlerini etkileyeceğini ortaya koyan matematiksel bir model öne sürmüştür. Ho ve Perl (1995)¹¹ tarafından, öncelikle müşteri hizmetlerine duyarlı pazar talebine dayanan depo yeri seçimi metodolojisini ortaya konulmuş, matematiksel bir model oluşturulmuş ve daha sonra depo yerleri analiz edilmiştir. Çalışmada depo yeri seçimi kararı, stok kararı, müşteri hizmetleri ve talep arasındaki bağımlılık ilişkisi ortaya konulmuştur. Wan vd. (1998)¹², hava taşımacılığında ulaştırma maliyetlerini esas alarak oluşturdukları matematiksel modellerle, mevcut depo yeri ile yeni depo yerlerinin karşılaştırılmasını yapmışlardır. Drezner vd. (2003)¹³, merkezi depo yeri seçimi ile yerel depo yeri seçimi problemi arasındaki ilişki üzerinde durarak, stok maliyetlerini içeren yer seçimi problemleri için bir model ortaya koymuşlardır. Aghezzaf (2005)¹⁴, belirsizlik altında stratejik kapasite planlama ve depo yeri seçimi problemine çözüm bulmaya çalışmıştır. Belirlilik altında tüm değişkenlerin bilindiği bir ortamda deterministik bir model önermiş ve talebin belirsiz olduğu bir durumda Lagrangian gevşeme modeli kullanılarak dağılım algoritmasıyla beraber sağlam optimizasyon modeli oluşturmuştur. Üster vd. (2008)¹⁵, taşıma ve stoka bağlı maliyetlerin minimizasyonu için depo yeri seçimi ve stok yenileme kararı arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek amacıyla matematiksel bir model ortaya koymuşlardır. Rath ve Gutjahr (2014)¹⁶, doğal afetler meydana geldikten sonra insanların acil yardım maddelerini alabilecekleri depo yerlerinin seçilmesinde orta ve kısa dönemli ve insancıl amaç fonksiyonu ile birlikte üçlü amaç optimizasyon modelini kullanmışlardır. Belirtilen amaç optimizasyon probleminde matematiksel-sezgisel bir yöntem kullanmışlardır. Leeuw ve Mok (2016)¹⁷, insancıl (humanitarian) organizasyonların mevcut depo yerlerinin özelliklerini ortaya koyarak, insancıl depoların uygun ve kaliteli altyapı olanakları ve sağlık açısından güvenli bölgelerde kurulması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Tam sayılı programlama, dinamik programlama ve karma tam sayılı doğrusal programlama gibi yöntemler de depo yeri seçimi problemlerinde en

¹¹ Peng-Kuan Ho ve Jossef Perl, "Warehouse Location Under Service-Sensitive Demand", *Journal of Business Logistic*, Vol. 16, No. 1, 1995, s. 133-162.

¹² Yat-wah Wanet... et. al., "Warehouse Location Problems for Air Freight Forwarders: A Challenge Created By The Airport Relocation", *Journal of Air Transport Management*, 4, 1998, s. 201-207.

¹³ Zvi Drezner... et. al., "The Central Warehouse Location Problem Revisited", *IMA Journal of Management Mathematics*, 14.4, 2003, s. 321-336.

¹⁴ E. Aghezzaf, "Capacity Planning and Warehouse Location in Supply Chains with Uncertain Demands". *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 56, No. 4, Apr. 2005, s. 453-462.

¹⁵ Halit Üster... et. al., "Integrated Warehouse Location And Inventory Decisions in A Three-Tier Distribution System", *IIE Transactions*, 40.8, 2008, s. 718-732.

¹⁶ Stefan Rath ve Walter J. Gutjahr, "A Math-Heuristic For The Warehouse Location-Routing Problem in Disaster Relief", *Computers & Operations Research*, 42, 2014, s. 25-39.

¹⁷ Sander de Leeuw ve Wing Yan Mok, "An Empirical Analysis of Humanitarian Warehouse Locations", *Journal of Operations and Supply Chain Management*, Vol. 9 No. 1, 2016, s. 55-76.

fazla kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Ballou (1968)¹⁸, daha önce ortaya konulan yöntemlerin daha çok statik olduğunu öne sürerek, depo yeri seçiminde dinamik bir model ortaya koymuştur. Dinamik programlama yöntemini kullanarak, daha önceki statik çalışmaların aksine belirli bir dönemde kümülatif karı en çoklayacak depo yeri seçimi analizi gerçekleştirmiştir. Khumawala (1972)¹⁹, depo yeri seçimi probleminde karma tam sayılı programlama problemleri için dal sınır algoritması önermiş ve sonuçları ağaç diyagramında göstermiştir. Sweeny ve Tatham (1976)²⁰, uzun dönemli çok boyutlu depo yeri seçimi problemini karma tam sayılı programlama yöntemini kullanarak çözmüşlerdir. Birden fazla dönem içerisinde statik ve dinamik yaklaşımların bir karışımı olarak optimal sonucu bulabilmek amacıyla dinamik programlama süreci kullanılarak depo yeri seçimi gerçekleştirilmiştir. Kelly ve Khumawala ve Kelly (1982)²¹, ölçek ekonomisi ve sınırlı kapasite seçenekleri altında en küçük depo sistem tasarımı maliyetini karma tamsayılı doğrusal programlama ile belirlemişlerdir. En küçük toplam dağıtım maliyeti altında müşteri talebini en iyi şekilde karşılayacak yer seçimi belirlenmiştir ve doğrusal olmayan yer seçimi problemlerinin çözümünde bir algoritma önerilmiştir. Brahimi ve Khan (2014)²², üretim, stok ve dağıtım kararları altında depo yeri seçiminin belirlenmesinde karma tamsayılı doğrusal programlama yöntemini kullanmışlar ve depo yeri seçimi probleminde toplam maliyetin büyük kısmını üretim maliyeti, stokları elde bulundurma maliyeti ve ulaştırma maliyetinin oluşturduğunu ortaya koymuşlardır.

Çok boyutlu karar verme yöntemleri son yıllarda araştırmacılar tarafından yoğun ilgi görmektedir. Depo yeri seçimi probleminde de; diğer tedarik zinciri yönetimi araştırmalarında olduğu gibi, çok boyutlu karar verme yöntemlerinin son yıllarda daha çok kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Fuente ve Lozano (1997)²³, depo yeri seçiminde daha çok maliyet odaklı kantitatif değişkenler kullanılarak kümeleme analizi gerçekleştirmişlerdir. Analiz neticesinde depo yeri seçimi açısından en uygun depo sayısı, coğrafi pozisyon, kapasite ve depoların büyüklüğü kararları verilmiştir. Sharma ve Berry (2007)²⁴, tek bölümlü yetkilendirilmiş depo yeri seçimi problemini

¹⁸ Ronald H. Ballou, "Dynamic Warehouse Location Analysis", *Journal of Marketing Research*, Vol. 5, No. 3, Aug. 1968, s. 271-276.

¹⁹ Basheer M. Khumawala, "An Efficient Branch and Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem", *Management Science*, Vol. 18, No. 12, Application Series, Aug. 1972, s. B718-B731.

²⁰ Dennis J. Sweeny ve Ronald L. Tatham, "An Improved Long-Run Model for Multiple Warehouse Location", *Management Science*, Vol. 22, No. 7, Mar. 1976, s. 748-758.

²¹ Basheer M. Khumawala ve David L. Kelly, "Capacitated Warehouse Location with Concave Costs", *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 33, No. 9, Sep. 1982, s. 817-826.

²² Nadjib, Brahimi ve Sharfuddin A. Khan, "Warehouse Location With Production, Inventory, And Distribution Decisions: A Case Study in The Lube Oil Industry", *A Quarterly Journal of Operation Resaerch*, Vol. 12, *Issue 2*, June 2014, s. 175-197.

²³ David de la Fuente ve Jesus Lozano, "Determining Warehouse Number And Location in Spain By Cluster Analysis", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28,1, 1997, s. 68-79.

²⁴ R.R.K Sharma ve V. Berry, "Developing New Formulations And Relaxations of Single Stage Capacitated Warehouse Location Problem (SSCWLP): Empirical Investigation for Assessing Relative

ortaya koymuş, kapasite sınırlarını ortaya koyarak aşırı kapasitenin durumuna göre depo yeri seçimi kararı vermişlerdir. Ashrafzadeh vd. (2012)²⁵, kantitatif ve kalitatif değişkenleri kullanarak belirsiz, eksik ya da kısmi bilgi altında depo yeri seçiminde; bulanık TOPSIS ve bulanık AHP yöntemlerini kullanmışlardır. İşçilik maliyeti, ulaştırma maliyeti, elde bulundurma maliyeti, arsa maliyeti, yeterli işgücü, işgücünün niteliği, arsanın uygunluğu, iklim şartları, ulaşım olanaklarının varlığı, iletişim sistemi, ulaşım olanaklarının kalitesi, yardımcı tesislerin kalitesi, müşterilere yakınlık, üretim merkezine yakınlık, bekleme süresi ve cevap verme süresi değişkenleri kullanılmıştır. Demirel vd. (2010)²⁶, maliyet, işçi özellikleri, altyapı, pazar ve makro çevre değişkenleri gibi temel değişkenleri kullanarak, Türkiye’de lojistik sektöründe depo yeri seçimi probleminde çözüm üretmişler ve kalitatif değişkenlerde olduğu gibi kesin olmayan ve belirsiz değişkenlerin analizinde kullanılan Choquet integral yöntemini kullanmışlardır. Özcan vd. (2011)²⁷, depo yeri seçimi probleminde AHP, TOPSIS, ELECTRE ve Gri Sistem Teorisi olmak üzere dört farklı çok boyutlu karar verme yöntemini karşılaştırarak, bu modellerin avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymuşlardır. Çalışmada birim fiyat, stokların elde bulundurma maliyeti, ortalama mağazalara uzaklık, ortalama ana tedarikçilere uzaklık ve hareket esnekliği değişkenleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinin benzer sonuçlar ortaya koyduğu, Gri Sistem Teorisinin farklı sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.

Literatürden elde edilen bilgiler ışığında depo yeri seçimi probleminde VIKOR yönteminin henüz kullanılmamış olduğu görülmektedir. Bu nedenle, çalışmada, depo yeri seçiminde VIKOR yöntemi kullanılacak ve Gri Sistem Teorisi ile karşılaştırılacaktır.

2. Metodoloji

Çok boyutlu karar verme yöntemleri, çok boyutlu kriterler altında çeşitli seçenekler arasında en iyi sonucu belirlemeye çalışan bir araç olarak tanımlanmaktadır. Çok boyutlu karar verme problemleri aşağıdaki karar matrisinde olduğu gibi gösterilmektedir.

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \vdots & \vdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdot & \cdot & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Strengths and Computational Effort", *European Journal of Operational Research*, 177, 2007, s. 803-812.

²⁵ Ashrafzadeh ... et. al., a.g.m., 2012a, s. 655-666; Maysam Asgrafzadeh et. al., "The Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach for the Selection of Warehouse Location: A Case Study", *International Journal of Business and Social Science*, Vol. 3 No. 4, Special Issue, 2012b, s.112-125.

²⁶ Demirel ... et. al. a.g.m. s. 3953-3952.

²⁷ Tuncay Özcan ... et. al., "Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methodologies And Implementation of A Warehouse Location Selection Problem", *Expert Systems with Applications*, 38, 2011, s. 9773-9779.

Matriste, A_i , $i=1,2,\dots,m$ olmak üzere i . alternatifi; $j=1,2,\dots,n$ olmak üzere x_j , j . kriter ve x_{ij} , j . kriterle bağlı olarak A_i alternatifinin performansını ifade etmektedir. Çok boyutlu karar verme problemlerinde en iyi sonucu bulma süreci alternatiflerin hesaplanması ve sıralanması işlemlerini gerektirmektedir²⁸.

Çok boyutlu karar verme sürecinde; AHP, TOPSIS, ELECTRE, VIKOR, Gri Sistem Teorisi, PROMETHEE, TODIM gibi, birden fazla değişken kullanılarak alternatifler arasında seçim yapmak amacıyla kullanılan çeşitli yöntemlere rastlamak mümkündür. Çalışmada, çok boyutlu karar verme yöntemlerinden Gri Sistem Teorisi ve VIKOR Yöntemi kullanılmış ve değerlendirilmiştir.

2.1. Gri Sistem Teorisi

Birçok sistem; beyaz sistem, siyah sistem ve gri sistem olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır. Bilginin tam anlamıyla açık ve net olduğu sistemler beyaz sistem; bilginin açık ve net olmadığı sistemler siyah sistem ve bilginin kısmen açık (belirgin) ya da kısmen belirsiz olduğu sistemler gri sistemler olarak tanımlanmaktadır. Tablo 1'de çeşitli durumlarda gri sistemlerin kapsamı karşılaştırılmalı olarak sunulmaktadır²⁹. Gri Sistem Teorisi ilk defa Julong Deng (1982) tarafından kısmen bilinen veya kısmen bilinmeyen bilginin karakterize ettiği durumlarda alternatifler arasında seçim yapabilmek amacıyla önerilmiştir³⁰. Gri Sistem Teorisi, tarım, ekonomi, sağlık, tarih, coğrafya, ekoloji, yönetim gibi çeşitli alanlarda uygulanmakta ve gizli veya karmaşık sistemlerin analizinde faydalı bulunmaktadır.

Tablo 1: Gri Sistemlerin Kapsamı

Durum	Beyaz Sistem	Gri Sistem	Siyah Sistem
Bilgi	Tamamen bilinen	Eksik	Bilinmeyen
Görünüm	Açık	Bulanık	Belirsiz
Süreç	Eski	Değişen	Yeni
Özellik	Düzenli	Çok değişkenli	Karmaşık
Yöntem	Onay	Daha iyisi için değişim	Ret
Davranış	Dikkatli	Toleranslı	Salıverme
Sonuç	Tek çözüm	Çoklu çözüm	Çözumsuz

Kaynak: Sifeng Liu ve Yi Lin, *Grey Systems Theory and Applications*, 2010 Springer –Verlag Berlin Heidelberg, 2010, s. 15.

Olasılık ve istatistikler, bulanık matematik ve gri sistem teorisi; belirsiz sistemler üzerine en fazla çalışılan konular olarak karşımıza çıkmaktadır.

²⁸ Lee-Ing Tong... et. al., "Optimization of Multi-Response Processes Using the VIKOR Method", *Int J Adv Manuf Technol*, 31, 2007, s. 1051.

²⁹ Sifeng Liu ve Yi Lin, *Grey Systems Theory and Applications*, 2010 Springer –Verlag Berlin Heidelberg, 2010, s. 15.

³⁰ Fariborz Rahimnia... et. al., "Application of Grey theory Approach to Evaluation of Organizational Vision", *Grey Systems: Theory and Application*, Vol. 1 No. 1, 2011, s. 36.

Olasılık ve istatistik çalışmaları tarihsel istatistik yasalarını açıklamak amacıyla oluşturulan olasılıksal belirsizlik durumlarını açıklamakta ve yüksek sayıdaki örneklemelerde kullanılmaktadır. Bulanık matematik, algısal belirsizlik içeren problemler üzerinde durmaktadır. Gri Sistem Teorisi ise, olasılık ve bulanık matematik ile çözümünün zor olduğu küçük örneklemelerin ve zayıf bilginin yer aldığı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır³¹.

Gri Sistem Teorisinde; analizlerde belirsiz durumları ifade eden gri numaraları kullanılmaktadır. Lin (2004) gri numaraları üç kısma ayırmakta ve matematiksel açıklamasını aşağıdaki gibi yapmaktadır³²;

- 1) Üst limitlerle ilgilenmeyen sadece alt limitlerle beraber ifade edilen gri numaralar: $\otimes G \in [\underline{\alpha}, \infty) \rightarrow \otimes G(\underline{\alpha})$. Eşitlikte; $(\underline{\alpha})$, sabit gerçekte bir sayı ve $\otimes G$ gri numaraların alt limitini ifade etmektedir.
- 2) Alt limitlerle ilgilenmeyen sadece üst limitlerle beraber ifade edilen gri numaralar: $\otimes G \in [-\infty, \bar{\alpha}] \rightarrow \otimes G(\bar{\alpha})$. Eşitlikte; $(\bar{\alpha})$, sabit gerçekte bir sayı ve $\otimes G$ gri numaraların üst limitini ifade etmektedir.
- 3) Aralık gri numaralar: $\otimes G \in [\underline{\alpha}, \bar{\alpha}]$.

Gri Sistem Teorisinin aşamaları ise, aşağıdaki gibi özetlenmektedir³³;

Aşama 1. $x_0 = (d_{01}, d_{02}, \dots, d_{0m})$ referans veri seti oluşturulur. x_0 referans veri seti, kriterler arasında en istenen değeri ifade eden m değerden oluşmaktadır.

Aşama 2. $x_i = (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{im})$ karşılaştırma veri seti, verilen kriterler altında her bir alternatif ($i=1,2,\dots,k$ alternatif sayısını göstermektedir) için performans değerlerini gösterecek şekilde belirlenir. Kriterlerin yapısına bağlı olarak, alternatiflerin performansı aşağıdaki formüller kullanılarak standart hale getirilir;

Eğer kriterlerin performans göstergeleri lehte ise, aşağıdaki formül kullanılarak maksimizasyonu ortaya koyacak değerler belirlenmelidir;

$$x_i(k) = \frac{x_i(k) - \min x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} \quad (2)$$

Eğer kriterlerin performans göstergeleri aleyhte ise, aşağıdaki formül kullanılarak minimizasyonu ortaya koyacak değerler belirlenmelidir;

$$x_i(k) = \frac{\max x_i(k) - x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} \quad (3)$$

Eğer kriterlerin performans göstergeleri önceden belirlenmiş bir değere yakın olması durumunda, aşağıdaki formül kullanılarak optimal performans değerini ortaya koyacak değerler belirlenmelidir;

$$x_i(k) = 1 - \frac{|x_i(k) - U_i|}{\max |x_i(k) - U_i|} \quad (4)$$

Aşama 3. Veri setleri arasındaki farklılık $\Delta_i = (|d_{01} - d_{i1}|, |d_{02} - d_{i2}|, \dots, |d_{0m} - d_{im}|)$ eşitliği ile hesaplanmaktadır. Daha sonra, her bir kriter için verilen farklı veri setleri arasındaki global maksimum (Δ_{\max}) ve global minimum (Δ_{\min}) değerleri bulunmaktadır.

³¹ Liu ve Lin, a.g.m., s. 10.

³² Rihimnia ... et. al., a.g.m., s. 36.

³³ Özcan... et. al., s. 9778.

Aşama 4. Veri farklılık setlerindeki her bir veri noktası, gri ilişki katsayısına dönüştürülmektedir. "i" fark setinde "j" veri noktasının gri ilişki katsayısı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır;

$$\gamma_i(j) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_i(j) + \xi \Delta_{\max}} \quad (5)$$

Formülde, $\Delta_i(j)$; Δ_i , fark setinde j. değeri ifade etmektedir. ξ katsayısı 0 ile 1 arasında bir değer almakta ve veri setinde Δ_{\max} değerinin etkisini azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. ξ katsayısı birçok problemde 0,5 olarak alınmaktadır.

Aşama 5. Her bir veri seti için gri ilişki dereceleri her bir alternatif açısından hesaplanmaktadır. r_i , i. alternatifi için gri ilişki derecesini göstermekte ve aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır;

$$r_i = \sum_{n=1}^m (\gamma_i(n) * w(n)) \quad (6)$$

2.2. VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi ilk defa Opricovic (1998)³⁴ tarafından çok değişkenli optimizasyon problemlerinin çözülmesi amacıyla ortaya konulmuştur. Yöntem, karar vericilerin en optimal sonuca ulaşabilmeleri amacıyla çok sayıdaki değişken altında alternatifler arasında en uygun seçeneğin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır³⁵. En uygun alternatif ideal sonuca en yakın değerlerin belirlenmesi ile hesaplanmaktadır. Yöntem, karşılaştırmalı sıralama listesi, karşılaştırmalı çözüm ve verilen ağırlıklarla elde edilen karşılaştırmalı çözümlerin tercihlerinde tutarlılığın sağlanabilmesi için ağırlıkların tutarlılık aralıklarını ortaya koymaktadır. Birbiriyle çelişen değişkenlerin kullanılması durumunda alternatiflerin sıralanması ve en uygun alternatifi seçilmesi üzerine odaklanmaktadır³⁶.

VIKOR yöntemi, karar vericinin özellikle sistem tasarımının başında tercihlerini tam olarak neyin etkilediğinin farkında olmadığı durumlarda kullanılmaya elverişli çok değişkenli bir karar verme aracıdır³⁷.

VIKOR yöntemi, aşağıda verilen problem formülasyonuna cevap aramak üzere geliştirilmiştir.

$$mco_j \{ (f_{ij}(A_j), j = 1, 2, \dots, J), i = 1, 2, \dots, n \} \quad (7)$$

³⁴ Serafim Opricovic, "Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems". *Faculty of Civil Engineering*, Belgrade, 2.1, 1998, s. 5-21.

³⁵ Serafim Opricovic ve Gwo-Hsiung Tzeng, "Extended VIKOR Method in Comparison With Outranking Methods", *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, Issue. 2., 16 April 2007, s. 514-529.

³⁶ Serafim Opricovic ve Gwo-Hsiung Tzeng, "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, Vol. 156, Issue. 2, 16 July 2004, S.447.

³⁷ G.F. Göktürk ... et al., "Bir İşletmenin Tedarikçi Değerlendirme ve Seçim Probleminin Çözümünde ANP ve VIKOR Yöntemlerinin Kullanılması", *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2011, s.66.

Problemde j , olası alternatif sayısını; $A_j = (x_1, x_2, \dots, x_m)$, x sistem değişkenlerinin kesin değerleriyle elde edilen j . alternatifini; f_{ij} , alternatif A_j için i . kriter fonksiyonunun değeri; n , kriter sayısını; mco , en uygun alternatifin seçilmesinde çok boyutlu karar verme sürecini ifade etmektedir. VIKOR yönteminin aşamaları ve problemin çözümünde izlenen süreç aşağıda özetlenmektedir³⁸;

Aşama 1. $i=1,2,\dots,n$ olmak üzere, tüm kriter fonksiyonları için en iyi f_i^* ve en kötü f_i^- değerleri belirlenir.

Eğer kriterlerin performans göstergeleri (i . kriter fonksiyonu) lehte ise, en iyi f_i^* değeri $f_i^* = \max_j f_{ij}$ ve en kötü f_i^- değeri $f_i^- = \min_j f_{ij}$ formülleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

Eğer kriterlerin performans göstergeleri (i . kriter fonksiyonu) aleyhte ise, en iyi f_i^* değeri $f_i^* = \min_j f_{ij}$ ve en kötü f_i^- değeri $f_i^- = \max_j f_{ij}$ formülleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

Aşama 2. $j=1,2,\dots,J$ olmak üzere ve w kriter ağırlıklarını göstermek üzere, kriterler arasında ilişkinin önem derecelerinin belirlenmesi ve alternatiflerin sıralanabilmesi amacıyla aşağıdaki formüller kullanılarak S_j ve R_j değerleri hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-), \quad (8)$$

$$R_j = \max_i \left(\frac{w_i (f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right), \quad (9)$$

Aşama 3. $j=1,2,\dots,J$ olmak üzere, Q_j değeri hesaplanır. S_j ve R_j değerleri kriterlere ait değerler üzerinden hesaplanırken, Q_j değeri alternatiflere ait S_j ve R_j değerleri ile hesaplanmaktadır.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (10)$$

Formülde, $S^* = \min_j S_j$; $S^- = \max_j S_j$, $R^* = \min_j R_j$; $R^- = \max_j R_j$ ve " v " değeri maksimum grup faydasını elde edebilmek amacıyla stratejik bir ağırlık katsayısını ifade etmektedir. $1-v$ değeri ise, bireysel pişmanlık değerini ifade etmektedir.

Aşama 4. En düşük değerden en yüksek değere doğru sıralamak üzere, S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre alternatifler sıralanır. En düşük değeri veren sonuç en iyi alternatif olarak seçilmektedir.

Aşama 5. Eğer aşağıdaki hernagi bir durumla karşılaşırsa, Q değerlerine göre sıralanmış en iyi alternatif ($A^{(1)}$)'in en uygun seçim olarak değerlendirilmesi için öneride bulunulur.

a) Q 'ya göre sıralanmış listede $A^{(2)}$ ikinci pozisyonundaki alternatif olmak üzere,

³⁸ Opricovic ve Tzeng, 2007, a.g.m., s. 515.

$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ$ ve $DQ=1/(J-1)$ olarak kabul edilmektedir.

b) $A^{(1)}$ alternatifi S yada/ve R tarafından sıralanmış listede en iyi alternatif olması gerekir. Belirtilen ikili çözüm, karar verme sürecinde süreklilik arz etmesi gerekir. Maksimum grup faydasının stratejilerini yansıtmalıdır. Yani, $v>0,5$ ihtiyacı olduğunda çoğunluk sistemine göre oylanması, $v\approx 0,5$ olduğunda mütabakat sağlanması ve $v<0,5$ ret anlamına gelmektedir.

Eğer yukarıda belirtilen durumlardan herhangi biri gerçekleşirse, aşağıdaki durumların incelenmesi gerekmektedir;

- Alternatif $A^{(1)}$ ve $A^{(2)}$ açısından sadece durum (b) gerçekleşirse yada
- Alternatif $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, ..., $A^{(m)}$ açısından durum (a) gerçekleşmezse; $A^{(m)}$ maksimum m değerine göre $Q(A^{(m)}) - Q(A^{(1)}) \leq DQ$ olması gerekmektedir.

3. Depo Yeri Seçimi Problemi İçin Karşılaştırmalı Bir Analiz

3.1. Problemin Tanımlanması

Depo yeri seçimi problemleri, çok boyutlu karar verme yöntemleri kullanılarak alternatifler arasında seçim yapma süreci olarak değerlendirilebilir. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde; ilk yıllarda problemin daha çok maliyet odaklı, kantitatif değişkenler kullanılarak çözüldüğü, ancak özellikle son yıllarda hem kantitatif hem de kalitatif değişkenler kullanılarak alternatifler arasında seçim yapıldığı görülmektedir. Çalışmada öncelikle depo yeri seçimi probleminde kullanılan değişkenler belirlenecek, daha sonra problem tanımlanarak veri seti oluşturulacaktır.

Depo yeri seçiminde çok değişkenli karar verme yöntemlerini kullanan araştırmacıların kullandığı değişkenler incelendiğinde, Sharma ve Berry (2007)³⁹, Fuente ve Lozano (1997)⁴⁰ ve Özcan vd. (2011)⁴¹'in daha çok kantitatif değişkenleri kullandığı; Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b)⁴² ve Demirel vd. (2010)⁴³'nin hem kantitatif hem de kalitatif değişkenleri kullandığı görülmektedir. Asghrafzadeh vd. (2012a)⁴⁴, işçilik maliyeti, işyeri maliyeti, taşıma maliyeti ve stok bulundurma maliyeti gibi maliyet değişkenleri yanında işgücü karakteristikleri, coğrafi konum, altyapı olanakları, pazar, makro çevre ve ekonomik faktörler gibi çeşitli değişkenleri de araştırmalarına dahil etmişlerdir. Diğer taraftan, Demirel vd. (2010)⁴⁵, belirtilen değişkenler yanında iletişim sistemi, bekleme süresi, ulaşım olanaklarının varlığı ve finansal teşvikler gibi değişkenleri de araştırmaları kapsamında değerlendirmişlerdir. Asghrafzadeh vd. (2012b)⁴⁶ ise, Demirel vd. (2010)'un çalışmasından farklı

³⁹ Sharma ve Berry, a.g.m. s. 803-812.

⁴⁰ Fuente ve Lozano, a.g.m. s. 68-79.

⁴¹ Özcan... et. al., a.g.m., s. 9773-9779.

⁴² Asghrafzadeh... et. al., a.g.m. (2012a), s. 651-671 ; Asghrafzadeh ... et. al., a.g.m. (2012b), s. 112-137.

⁴³ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3943-3952.

⁴⁴ Asghrafzadeh ... et. al., a.g.m. (2012a), s. 651-671.

⁴⁵ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3943-3952.

⁴⁶ Asghrafzadeh ... et. al., a.g.m. (2012b), s. 112-137.

olarak iklim koşulları değişkenini de incelemişlerdir. Sonuç olarak, literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde maliyet değişkeninin önemi depo yeri seçimi problemlerinde önemini korumakta iken, kalitatif bazı değişkenlerin probleme dahil edildiği görülmektedir.

Araştırmamız kapsamında daha önce gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde depo yeri seçiminde kullanılan değişkenlerin neler olduğu Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2’de görüleceği üzere, depo yeri seçimi probleminde kullanılan değişkenler karşılaştırıldığında en fazla kullanılan değişkenlerin; işçilik maliyeti, taşıma maliyeti, işyeri maliyeti, stok bulundurma maliyeti, depo kapasitesi, mağazalara ortalama uzaklık, üretim merkezine ortalama uzaklık, talep, altyapı koşulları, işgücü yeterliliği ve kapasitesi, politik çevre, yasal düzenlemeler, ekonomik faktörler ve coğrafi yerleşim unsurları olduğu görülmektedir. Değişkenler içerisinde araştırmalar tarafından en fazla kullanılan değişkenin maliyet temel değişkeni olduğu görülmektedir. İşçilik maliyetleri, taşıma maliyetleri, işyeri maliyetleri ve stok bulundurma maliyetlerinin maliyet temel değişkeni içerisinde önemli yer kaplaması nedeniyle çalışmamızda belirtilen değişkenler ayrı ayrı incelenmiştir.

Tablo 2: Depo Yeri Seçiminde Kullanılan Değişkenler

Maliyet	İşçilik Maliyeti	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Brahimi ve Khan (2014); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b); Sharma ve Berry (2007); Kelly ve Khumawala (1982); Fuente ve Lozano (1997); Drezner vd. (2003); Rath ve Gutjahr (2014); Demirel vd. (2010); Agghezzaf (2005); Sweeny ve Tatham (2016); Ballou (1968); Khumawala (1972); Baumol ve Wolfe (1958); Feldman vd. (1966); Üster vd. (2008)
	Taşıma Maliyeti	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Brahimi ve Khan (2014); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b); Sharma ve Berry (2007); Kelly ve Khumawala (1982); Fuente ve Lozano (1997); Drezner vd. (2003); Rath ve Gutjahr (2014); Demirel vd. (2010); Agghezzaf (2005); Sweeny ve Tatham (2016); Ballou (1968); Khumawala (1972); Baumol ve Wolfe (1958); Feldman vd. (1966); Üster vd. (2008)
	İşyeri Maliyeti	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Brahimi ve Khan (2014); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b); Sharma ve Berry (2007); Kelly ve Khumawala (1982); Fuente ve Lozano (1997); Drezner vd. (2003); Rath ve Gutjahr (2014); Demirel vd. (2010); Agghezzaf (2005); Sweeny ve Tatham (2016); Ballou (1968); Khumawala (1972); Baumol ve Wolfe (1958); Feldman vd. (1966); Üster vd. (2008)
	Stok Bulundurma Maliyeti	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Brahimi ve Khan (2014); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b); Sharma ve Berry (2007); Kelly ve Khumawala (1982); Fuente ve Lozano (1997); Drezner vd. (2003); Rath ve Gutjahr (2014); Demirel vd. (2010); Agghezzaf (2005); Sweeny ve Tatham (2016); Ballou (1968); Khumawala (1972); Baumol ve Wolfe (1958); Feldman vd. (1966); Üster vd. (2008)
	Depo Kapasitesi	Brahimi ve Khan (2014); Sharma ve Berry (2007); Kelly ve Khumawala (1982); Rath ve Gutjahr (2014); Agghezzaf (2005); Sweeny ve Tatham (2016); Ballou (1968); Baumol ve Wolfe (1958); Feldman vd. (1966); Özcan vd. (2011)
	Mağazalara Ortalama Uzaklık	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Fuente ve Lozano (1997); Demirel vd. (2010); Özcan vd. (2011); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b)
	Üretim Merkezine Ortalama Uzaklık	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Fuente ve Lozano (1997); Demirel vd. (2010); Özcan vd. (2011); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b)

Talep	Brahimi ve Khan (2014); Sharma ve Berry (2007); Kelly ve Khumawala (1982); Rath ve Gutjahr (2014); Agghezaff (2005); Khumawala (1972)
Altyapı	Leeuw ve Mok (2016); Maccarthy ve Atthirawong (2003); Richardson vd. (2016); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b); Demirel vd. (2010)
İşgücü Yeterliliği ve Kalitesi	Leeuw ve Mok (2016); Maccarthy ve Atthirawong (2003); Richardson vd. (2016); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b); Demirel vd. (2010)
Politik Çevre	Leeuw ve Mok (2016); Maccarthy ve Atthirawong (2003); Richardson vd. (2016); Demirel vd. (2010)
Yasal Düzenlemeler	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Demirel vd. (2010)
Ekonomik Faktörler	Maccarthy ve Atthirawong (2003); Richardson vd. (2016); Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b)
Coğrafi yerleşim	Ashrafzadeh vd. (2012a-2012b)

Depo yeri seçiminde kullanılan değişkenlerin tanımı ve önemi aşağıda belirtilmiştir;

- **İşçilik Maliyeti:** İşçilik maliyeti, alternatif kuruluş yerleri açısından, depo yerinin bulunduğu yere ve yaşam kalitesine bağlı olarak değişkenlik gösteren bir değişkendir⁴⁷. Sektörden sektöre farklılık göstermekle birlikte, maliyet içerisinde önemli bir yer tutmaktadır.

- **Taşıma Maliyeti:** Taşıma maliyetleri depo yeri alternatiflerinin bulunduğu bölgelerin ekonomik koşullarına; taşıma tesislerine ve hava, kara, deniz ve demiryolu olmak üzere alternatif taşıma türlerine göre değişkenlik göstermektedir⁴⁸. Depo yeri seçiminde maliyetler içerisinde en önemli değişkenlerden birisi taşıma maliyetleridir. Taşıma maliyetleri mağazalara yada üretim merkezlerine olan uzaklığa bağlı olarak ta depo yeri maliyetlerini değiştirmektedir.

- **İşyeri Maliyeti:** İşyeri maliyeti, bölgeden bölgeye farklılık göstermekte ve depo yeri seçimini oluşturan depo alanının maliyetini ifade etmektedir. Depo yerinin kapasitesi ile doğrudan bağlantılı olan değişken, işletmenin alternatif yatırım fırsatları içerisinde değerlendirmesi gereken bir unsurdur.

- **Stok Bulundurma Maliyeti:** Bölgeden bölgeye, ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, risk maliyeti, çalışma gücü ve kullanılan malzemeler gibi maliyetlerden oluşmaktadır⁴⁹. Ayrıca sipariş verme maliyetleri, kullanılan bilgi sistemi maliyeti, stoğun kendisini oluşturan miktar, stok bulundurma maliyetinin işletmenin depo yer seçimi problemlerinde karşılaçağı maliyet içerisinde en yüksek tutara sahip olmasına neden olmaktadır.

- **Depo Kapasitesi:** Düşük kapasiteli bir depo yeri seçimi, tedarik zinciri yönetimi içerisinde iş akışının aksamasına ve bir süre sonra üretimin durmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan, yüksek kapasiteli bir depo yeri seçimi, depo alanının (işyeri) maliyetinin artmasına ve atıl alanların oluşmasına neden olmaktadır⁵⁰.

⁴⁷ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3947.

⁴⁸ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3947.

⁴⁹ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3947.

⁵⁰ Özcan ... et. al., a.g.m., s. 9775

• Mağazalara Ortalama Uzaklık: Müşterilere istedikleri ürünü zamanında teslim edebilmeleri açısından depoların mağazalara olan uzaklığı işletmeler açısından son derece önemlidir. Stoklarda yeterince ürün olmadığı ve yüksek satış rakamlarına ulaşılması durumunda yok satmanın maliyeti ve prestij kaybının önüne geçilemeyecektir⁵¹. Dolayısıyla, işletmeler mağazalara ve müşterilere yakın yerlerde depo açarak bu sıkıntıdan kurtulmaya çalışmaktadırlar.

• Üretim Merkezlerine Ortalama Uzaklık: Üretim merkezlerine olan uzaklığın minimize edilmesi, ürün teslim sürelerinin ve taşıma maliyetlerinin düşmesine neden olacaktır⁵².

• Talep: İşletmenin belirli bir dönemde ürünlerine olan talep düzeyi depo yerinin büyüklüğüne doğrudan etki etmektedir. Talebin yüksek olması depo yeri kapasitesinin yüksek olmasına, düşük olması kapasitenin düşük olmasına neden olmaktadır.

• Altyapı: İletişim sistemi, taşıma olanaklarının yeterli ve belirli kalitede olması altyapı olanaklarının esas unsurlarını oluşturmaktadır. İşletmeler, ürünlerini zamanında ve doğru lokasyona ve bozulmadan müşterilerine teslim etmek isterler⁵³.

• İşgücü Yeterliliği ve Kalitesi: İşgücünün yeterliliği bölgenin gelişmişlik düzeyi, eğitim seviyesi ve nüfusun yoğunluğuna göre değişmektedir. Ayrıca, işgücünün yeterliliği yanında eğitilmiş ve performansı yüksek işgücüne sahip olmak ta son derece önemlidir⁵⁴.

• Politik Çevre: Bölgenin gelişmişlik düzeyine paralel olarak politik çevre; teşvikler, vergi muafiyetleri ve yatırım olanakları gibi birçok faktör açısından değerlendirilmesi gereken bir değişkendir⁵⁵.

• Yasal Düzenlemeler: Yerel yönetimler ve politikacıların uygulamalarına paralel olarak çeşitli dönemlerde birçok yeni yasal düzenlemeler veya kanun maddeleri işletmeyi etkileyebilmektedir⁵⁶.

• Ekonomik Faktörler: Ekonomik faktörler vergi teşvikleri, vergi yapısı ve finansal teşvikleri içermektedir⁵⁷.

• Coğrafi Yerleşim: Coğrafi yerleşim ile bölgeden bölgeye değişimle birlikte iklim koşulları ifade edilmiştir. İklim koşullarındaki değişim, işletmenin faaliyetlerini ve çalışanların verimliliğini etkilemektedir⁵⁸.

Çalışmada, Üretim Merkezi Ankara Çorum yolu üzerinde olan, ulusal bazda dağıtım ağına sahip olan ve organik tavuk üretimi gerçekleştiren bir işletmenin Ankara'da açmayı düşündüğü depo yeri seçimi probleminde çözüm

⁵¹ Özcan ... et. al., a.g.m., s. 9775

⁵² Özcan ... et. al., a.g.m., s. 9775

⁵³ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3948.

⁵⁴ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3947.

⁵⁵ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3947.

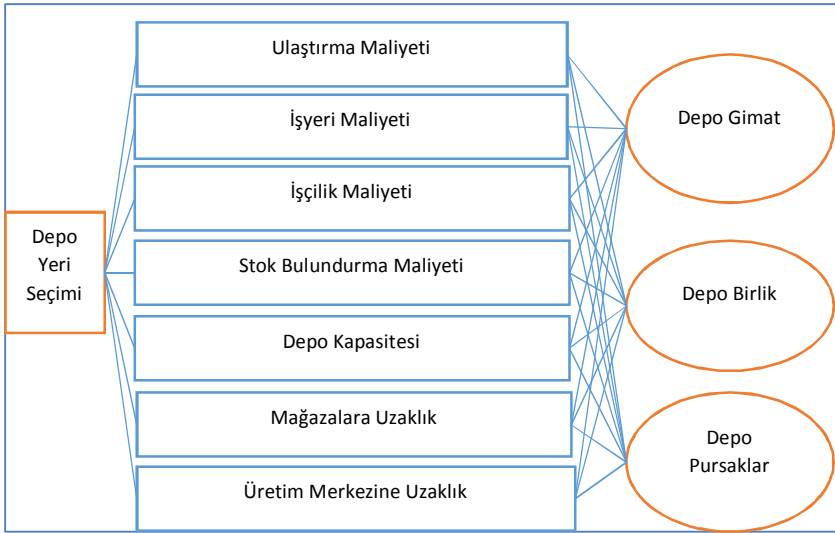
⁵⁶ Demirel ... et. al., a.g.m., s. 3947.

⁵⁷ Ashrafzadeh ... et. al. a.g.m., (2012b), s. 117.

⁵⁸ Ashrafzadeh ... et. al. a.g.m., (2012b), s. 117.

aranmaktadır. İşletme, son altı ay süresince Ankara'da farklı perakendecilere ait on sekiz mağazada organik yumurta satışı yapmaktadır. Mevcut durumda sadece haftada bir defa üretim merkezinden teslimat noktalarına dağıtım gerçekleştirebilmektedir. Ancak, mağazalardan gelen talep doğrultusunda müşterilerin isteklerini istenilen zaman ve yerde sağlayabilmek amacıyla, Ankara'da depo açmayı ve böylece mağazalara depo üzerinden satış yaparak en azından haftada iki defa depodan mağazalara teslimat yapmayı planlamaktadır.

Depo yeri seçimi problemi için Gimat'ta (D_1), Birlik mahallesinde (D_2) ve Pursaklar'da (D_3) olmak üzere üç alternatif üzerinde durulmaktadır. Üç alternatifin değerlendirilmesinde ise, birim başına düşen ulaştırma maliyeti (C_1), birim başına düşen işyeri maliyeti (C_2), birim başına düşen işçilik maliyeti (C_3), birim başına düşen stok bulundurma maliyeti (C_4), depo kapasitesi (m^2)(C_5), ortalama mağazalara uzaklık (km) (C_6) ve ortalama üretim merkezine uzaklık (km) (C_7) olmak üzere yedi değişken kullanılmıştır. Depo yeri seçimi problemi için kullanılan karar düzeni aşağıda Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Depo Yeri Seçimi Problemi Karar Düzeni

Depo yeri seçimi probleminde kullanılan değişkenlerden; talep, altyapı olanakları, işgücü yeterliliği ve kalitesi, politik çevre, yasal düzenlemeler, ekonomik faktörler ve coğrafi yerleşim her üç alternatif içinde aynı koşulları ifade etmesi ve alternatifler arasında değişkenlik göstermemesi nedeniyle çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir. Ayrıca, işletmenin organik tavuk üreticisi olması ve talep düzeyinin rakipleri karşısında düşük olması araştırmanın sınırlılığını oluşturmaktadır.

Araştırmada depo yeri seçimi probleminde $i=1,2,\dots,m$ olmak üzere, m alternatif ve $j=1,2,\dots,n$ olmak üzere n kriter kullanılmıştır. Ayrıca, $k=1,2,\dots,l$ olmak üzere her bir kritere ait w ağırlık matrisi işletme yöneticisi ve uzmanlarına

danışılarak belirlenmiştir. Depo yeri seçimine dair m alternatif, n kriter ve w ağırlık katsayıları aşağıda Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3: Depo Yeri Seçimine Ait Veri Seti

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
D ₁	2,465239	1,581881	2,432933	8,49	400	15,75	247
D ₂	2,532677	1,845528	2,334669	8,15	550	14,47778	235
D ₃	2,936535	0,4	2,106011	9,92	1500	28,62222	267
w	0,2	0,08	0,12	0,20	0,1	0,15	0,15

3.2. Depo Yeri Seçimi Problemi İçin Gri Sistem Teorisinin Uygulanması

Gri Sistem Teorisi; beyaz, gri ve siyah sistemler olarak tanımlanan sistem türleri içerisinde, tamamen belirli olmayan ya da tamamen belirsiz olmayan bilgiyi ifade eden gri sistemlerle ilgilenmektedir. Teori, genellikle çok nitelikli olaylarda veya karar vericilerin vermiş oldukları kararların subjektif olduğu durumlarda kullanılmaktadır⁵⁹. Depo yeri seçimi probleminde de, karar vericiler çok boyutlu değişkenler arasında en uygun seçeneği belirlemeye çalışmaktadırlar. Karar verirken; değişkenlerin belirlenmesinde, değişkenlere ait veri setinin toplanması aşamasında ve değişkenlere ait ağırlıkların belirlenmesinde subjektif davranabilmektedir. Dolayısıyla çalışmada depo yeri seçimi problemlerinde Gri Sistem Teorisi'nin uygulanması tarafımızca uygun görülmüş ve diğer birçok boyutlu karar verme yöntemi ile karşılaştırma yoluna gidilmiştir.

Çalışmada, bir önceki bölümde belirtildiği gibi; işletmenin depo yeri seçiminde karar vermesi gereken üç alternatifi bulunmaktadır. Üç alternatifin değerlendirilmesinde ise, birim başına düşen ulaştırma maliyeti (C₁), birim başına düşen işyeri maliyeti (C₂), birim başına düşen işçilik maliyeti (C₃), birim başına düşen stok bulundurma maliyeti (C₄), depo kapasitesi (m²)(C₅), ortalama mağazalara uzaklık (km) (C₆) ve ortalama üretim merkezine uzaklık (km) (C₇) olmak üzere yedi değişken kullanılmıştır. Tablo 3'te verilen veri setine bağlı olarak oluşturulan depo yeri seçimi probleminin çözümünde, Gri Sistem Teorisinin aşamaları ve problemin çözümünde izlenen süreç aşağıda özetlenmektedir;

Aşama 1. Kullanılan değişkenlere bağlı olarak, karar vericilerin veri setini belirlerken referans setini oluşturması gerekmektedir. Araştırmamızda, referans değerleri belirlenmesine karşın, tüm değişkenlerin performans göstergelerinin aleyhte olması nedeniyle kullanılmamıştır. $x_0 = (d_{01}, d_{02}, \dots, d_{0m})$ referans veri seti olmak üzere, referans veri seti depo

⁵⁹ Rahimnia ... et. al., a.g.m., s. 36.

yeri seçimi problemi için $x_0 = (x_{C1}, x_{C2}, x_{C3}, x_{C4}, x_{C5}, x_{C6}, x_{C7}) = (2; 1.5; 2; 8; 500; 14; 235)$ olarak belirlenmiştir.

Aşama 2. $x_i = (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{im})$ karşılaştırma veri seti olmak üzere, her bir alternatif için performans değerleri hesaplanarak standart hale getirilmiştir. Kullanılan kriterlerin tamamının performans göstergelerinin aleyhte olduğu düşünülerek, minimizasyon formülü kullanılarak sonuçlara ulaşılmıştır. Problem için Eşit (3) kullanılarak oluşturulan normalize edilmiş veri seti aşağıda Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Depo Yeri Alternatifleri İçin Elde Edilen Normalize Edilmiş Veriler

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
X ₀	1	1	1	1	1	1	1
D ₁	1	0,182388	0	0,812798	1	0,910055	0,625
D ₂	0,85691	0	0,300573	1	0,863636	1	1
D ₃	0	1	1	0	0	0	0
	MİN	MİN	MİN	MİN	MİN	MİN	MİN

Aşama 3. Depo yeri seçimi problemi için veri setleri arasındaki farklılık $\Delta_i = (|d_{01} - d_{i1}|, |d_{02} - d_{i2}|, \dots, |d_{0m} - d_{im}|)$ eşitliği ile hesaplanmış ve her bir kriter için verilen farklı veri setleri arasındaki global maksimum (Δ_{mak}) ve global minimum (Δ_{min}) değerleri aşağıda Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Depo Yeri Alternatifleri İçin Hesaplanan Farklılık Değerleri

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
ΔD_1	0	0,817612	1	0,187202	0	0,089945	0,375
ΔD_2	0,14309	1	0,699427	0	0,136364	0	0
ΔD_3	1	0	0	1	1	1	1
Δ_{min}	0	0	0	0	0	0	0
Δ_{mak}	1	1	1	1	1	1	1

Aşama 4. Veri farklılık setlerindeki her bir veri noktası, Eşit (5) kullanılarak gri ilişki katsayısına dönüştürülmüştür. Çalışmamızda ele alınan gıda üreticisi için depo yeri seçiminde elde edilen gri ilişki katsayıları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6: Depo Yeri Alternatifleri İçin Hesaplanan Gri İlişki Katsayıları ve Gri İlişki Dereceleri

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	GRI İLİŞKİ DERECELERİ(r _i)	
$\gamma(D_1)$	1	0,379474	0,333333	0,727588	1	0,847537	0,571429	0,72872	2
$\gamma(D_2)$	0,777496	0,333333	0,416866	1	0,785714	1	1	0,810761	1
$\gamma(D_3)$	0,333333	1	1	0,333333	0,333333	0,333333	0,333333	0,466667	3

Aşama 5. Her bir veri seti için gri ilişki dereceleri Eşit (6) kullanılarak her bir alternatif açısından hesaplanmış ve depo yeri seçimi problemi için oluşturulan gri ilişki dereceleri her bir alternatif açısından Tablo 6'da gösterilmiştir. En yüksek değeri veren alternatif en uygun seçenek olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 6'da görüleceği üzere, gri ilişki derecelerine göre depo yerleri büyükten küçüğe doğru sıralandığında Birlik Depo (D₂)'nun diğer alternatiflere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. Gri ilişki derecelerine göre; D₂>D₁>D₃ şeklinde depo yeri problemi sonuçlanmaktadır.

3.3. Depo Yeri Seçimi Probleminde VIKOR Yönteminin Uygulanması

VIKOR yöntemi, son yıllarda çok boyutlu karar verme problemlerinde araştırmacılar tarafından oldukça tercih edilmektedir. Yöntem, karar vericilere birbiriyle çelişen değişkenlerden oluşan problemlerin çözümünde alternatiflerin sıralanması ve en uygun alternatifin seçilmesinde yardımcı olmaktadır. Yöntemin en önemli avantajı, rakiplerin bireysel pişmanlığını minimize etmek yerine çoğunluğun grup faydasını maksimize etmesidir⁶⁰. Depo yeri seçimi problemleri açısından düşünüldüğünde ise, rakiplerin bireysel pişmanlığı yerine en uygun alternatifin seçilmesi ile çoğunluğun grup faydası artırılmaya çalışılmaktadır. Dolayısıyla, çalışmada hem çok boyutlu karar verme problemi olarak düşünülen depo yeri seçimi probleminde VIKOR yönteminin kullanılması tercih edilmiş hem de elde edilen sonuçlar Gri Sistem Teorisi ile karşılaştırılmıştır.

Depo yeri seçimi problemi için daha önceki bölümlerde değinildiği gibi (Tablo 3) yedi farklı değişken ile üç farklı alternatif arasında depo yeri seçimi yapılmaktadır. VIKOR yönteminin aşamaları ve problemin çözümünde izlenen süreç aşağıda özetlenmektedir;

Aşama 1. Depo yeri seçimi problemi için, Tablo 3'te verilen veri seti kullanılmış, $i=1,2,\dots,n$ olmak üzere, kullanılan kriterlerin tamamının performans göstergelerinin aleyhte olduğu düşünülerek kriterler açısından en iyi f_i^* değeri $f_i^* = \min_j f_{ij}$ eşitliği kullanılarak ve en kötü f_i^- değerleri

⁶⁰ Yanbing Ju ve Aihua Wang, "Extension of VIKOR Method For Multi-Criteria Group Decision Making Problem With Linguistic Information", *Applied Mathematical Modelling*, 37, 2013, s. 3113.

$f_i^- = \max_j f_{ij}$ eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen veri seti aşağıda Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Kriterlere Ait En İyi ve En Kötü Değerlerin Bulunması

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
D ₁	2,465239	1,581881	2,432933	8,49	400	15,75	247
D ₂	2,532677	1,845528	2,334669	8,15	550	14,47778	235
D ₃	2,936535	0,4	2,106011	9,92	1500	28,62222	267
w	0,2	0,08	0,12	0,20	0,1	0,15	0,15
f_i^-	2,936535	1,845528	2,432933	9,923451	1500	28,62222	267
f_i^*	2,465239	0,4	2,106011	8,154859	400	14,47778	235

Aşama 2. $j=1,2,\dots,J$ olmak üzere ve w kriter ağırlıklarını göstermek üzere, depo yeri alternatifleri arasında en uygun alternatifin belirlenmeye çalışıldığı problem için oluşturulan S_j ve R_j değerleri Eşit (8) ve Eşit (9) kullanılarak Tablo 8'de gösterilmiştir. Böylece kriterler arasındaki ilişkinin önem dereceleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 8: S_j , R_j ve Q_j Değerleri İle Alternatif Sıralaması

	S_j	R_j	Q_j	SIRALAMA
D ₁	0,292591	0,12	0,228132	2
D ₂	0,206186	0,083931	0	1
D ₃	0,8	0,2	1	3

Aşama 3. $j=1,2,\dots,J$ olmak üzere, Eşit (10)'dan yararlanılarak, depo yeri seçimi problemine ait ve her bir alternatifi gösteren Q_j değerleri Tablo 8'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Eşitlikte kullanılan v değeri 0,5 olarak alınmıştır.

Aşama 4. En düşük değerden en yüksek değere doğru sıralamak üzere, S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre alternatifler sıralandığında, işletmenin depo yeri seçimi kararında alternatifler arasında en uygun alternatifin, Tablo 8'de görüleceği üzere, S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre en düşük değerli alternatif olan Birlik Depo (D₂) olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, en iyi alternatif; Q değerlerine göre sıralanan en düşük değere göre belirlenmektedir. Gıda sektöründe faaliyet gösteren işletme açısından depo yeri seçimi kararı verilmesi gerektiğinde, Q değerlerine göre sıralama yapılmış ve Tablo 8'de görüleceği üzere Birlik Depo en iyi seçenek olarak değerlendirilmiştir. Sıralama, S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre $D_2 > D_1 > D_3$ şeklinde gerçekleşmiştir. Çalışmamızda, VIKOR yöntemine göre Aşama 4'te belirtilen tüm unsurlar sağlandığı için Aşama 5'e geçilmemiştir.

Sonuçlar

Tedarik zinciri yönetimi içerisinde karar vericilerin en fazla üzerinde durduğu konuların başında depo yeri seçimi problemleri gelmektedir. Depo yeri seçimi problemleri, tek bir değişken tarafından belirlenen süreçler olmayıp, çok boyutlu değerlendirilmesi gereken, işletme ve karar vericiler açısından stratejik öneme sahip kararlardır. Daha önce gerçekleştirilen araştırmalar incelendiğinde, araştırmacıların problemi çok değişkenli bir problem olarak ele aldıkları; matematiksel modeller, tam sayılı ve dinamik programlama yöntemleri ya da AHP, TOPSIS, ELECTRE, Gri Sistem Teorisi, Kümeleme Analizi gibi çok boyutlu karar verme yöntemlerini kullandıkları görülmektedir. Depo yeri seçimi probleminde Özcan vd. (2011)⁶¹ Gri Sistem Teorisini diğer yöntemlerle karşılaştırmışlar, ancak yöntemin diğerlerinden farklı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Diğer taraftan, depo yeri seçimi problemlerinde VIKOR yöntemi daha önce uygulanmamıştır.

Çalışmada depo yeri seçimi problemlerinde kullanılan değişkenler incelenmiş ve özellikle çok boyutlu karar verme yöntemlerini kullanan araştırmacıların kullandıkları değişkenler esas alınarak depo yeri seçiminde etkili olan değişkenler belirlenmiştir. Değişkenler; işçilik maliyeti, taşıma maliyeti, işyeri maliyeti, stok bulundurma maliyeti, depo kapasitesi, mağazalara ortalama uzaklık, üretim merkezine ortalama uzaklık, talep, altyapı koşulları, işgücü yeterliliği ve kapasitesi, politik çevre, yasal düzenlemeler, ekonomik faktörler ve coğrafi yerleşim unsurları olarak belirlenmiştir.

Depo yeri seçimi probleminin Gri Sistem Teoremi ve VIKOR yöntemi ile çözülebilmesi amacıyla, organik tavuk üreten bir işletmenin Ankara'da açmayı düşündüğü depo yeri seçimi için üç alternatif belirlenmiş en uygun alternatif belirlenmeye çalışılmıştır. İşletmenin depo yeri seçimi kararını belirli bir bölgeye yönelik olarak vermeye çalışması nedeniyle, talep, altyapı koşulları, işgücü yeterliliği ve kapasitesi, politik çevre, yasal düzenlemeler, ekonomik faktörler ve coğrafi yerleşim değişkenleri araştırma kapsamında değerlendirilmemiştir. Sonuç olarak, yöntemler her üç alternatif içinde uygulandığında, her iki yöntemde aynı sonucu verdiği, Birlik'te yer alan depo yerinin (D₂) en uygun sonuç olarak değerlendirildiği görülmektedir. Özcan vd. (2011)⁶² tarafından ortaya konulan sonuçlarla karşılaştırıldığında Gri Sistem Teorisi, depo yeri seçimi probleminde ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerinden farklı sonuçlar ortaya koymasına karşın, VIKOR yöntemi ile benzer sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bundan sonraki çalışmalar açısından Gri Sistem Teorisinin diğer çok boyutlu karar verme yöntemleri ile de karşılaştırılmasında fayda olacaktır.

⁶¹ Özcan et. al., a.g.m., s. 9777

⁶² Özcan ... et. al., a.g.m., s. 9777

KAYNAKÇA

AGHEZZAF, E., "Capacity Planning and Warehouse Location in Supply Chains with Uncertain Demands". The Journal of the Operational Research Society, Vol. 56, No. 4, Apr. 2005, s. 453-462.

ASGRAFZADEH, Maysam... vd., "Application of Fuzzy Topsis Method for the Selection of Warehouse Location: A Case Study". Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business, Vol. 3, No. 9, 2012a., s. 651-671

ASGRAFZADEH, Maysam... vd., " The Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach for the Selection of Warehouse Location": A Case Study, International Journal of Business and Social Science Vol. 3 No. 4 (Special Issue), 2012b, s. 112- 137

BALLOU, Ronald H., "Dynamic Warehouse Location Analysis", Journal of Marketing Research, Vol. 5, No. 3, Aug., 1968, s. 271-276.

BAUMOL, William J. ve WOLFE, Philip, "A Warehouse-Location Problem", Operations Research, Vol. 6, No. 2, Mar. - Apr., 1958, s. 252-263.

BRAHIMI, Nadjib ve KHAN, Sharfuddin A., "Warehouse Location With Production, Inventory, And Distribution Decisions: A Case Study in The Lube Oil Industry", A Quarterly Journal of Operation Resaerch, Vol. 12, Issue 2, June 2014, s 175-197.

BRANDEAU, Margaret L. ve CHIU, Samuel S., "An Overview of Representative Problems in Location Research", Management Science, Vol. 35, No. 6, Jun., 1989, s. 645-674.

DEMİREL, Tufan... vd., "Multi-Criteria Warehouse Location Selection Using Choquet Integral", Expert Systems with Applications, 37, 2010, s. 3943-3952.

DREZNER, Zvi... vd. "The Central Warehouse Location Problem Revisited", IMA Journal of Management Mathematics, 14.4, 2003, s. 321-336.

FELDMAN, E., "Warehouse Location Under Continuous Economies of Scale", Management Science, Vol. 12, No. 9, Series A, Sciences, May, 1966, s. 670-684.

FRAZELLE, Edward H., Supply Chain Strategy, McGraw-Hill, Usa, 2002.

FUENTE, David de la ve LOZANO, Jesus, "Determinig Warehouse Number And Location in Spain By Cluster Analysis", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 28,1, 1997, s. 68-79.

GÖKTÜRK, G.F.... et. al., "Bir İşletmenin Tedarikçi Değerlendirme ve Seçim Probleminin Çözümünde ANP ve VIKOR Yöntemlerinin Kullanılması", Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2011, s. 66.

HO, Peng-Kuan ve PERL, Josef, "Warehouse Location Under Service-Sensitive Demand", Journal of Business Logistic, Vol. 16, No. 1, 1995, s. 133-162.

JU, Yanbing ve WANG, Aihua, "Extension of VIKOR Method For Multi-Criteria Group Decision Making Problem With Linguistic Information", Applied Mathematical Modelling 37, 2013, s. 3112-3125.

KHUMAWALA, Basheer M. ve KELLY, David L., "Capacitated Warehouse Location with Concave Costs", *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 33, No. 9, Sep., 1982, s. 817-826.

KHUMAWALA, Basheer M., "An Efficient Branch and Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem", *Management Science*, Vol. 18, No. 12, Application Series, Aug., 1972, s. B718-B731.

LEEuw, Sander de ve MOK, Wing Yan, "An Empirical Analysis of Humanitarian Warehouse Locations", *Journal of Operations and Supply Chain Management*, Volume 9, Number 1, 2016, s. 55 – 76.

LIU, Sifeng ve LIN, Yi, *Grey Systems Theory and Applications*, 2010 Springer –Verlag Berlin Heidelberg, 2010.

MACCARTHY, B. L., ve ATTHRIRAWONG, W., "Factors Effecting Location Decisions in International Operations-A Delphi Study". *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 23, No. 7, 2003, s. 794-818.

OPRICOVIC, Serafim. "Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems", *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, 2.1, 1998, s. 5-21.

OPRICOVIC, Serafim ve TZENG, Gwo-Hshiung, "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, Vol. 156, 16 July 2004, Issue. 2, s. 445-455.

OPRICOVIC, Serafim ve TZENG, Gwo-Hshiung, "Extended VIKOR Method in Comparison With Outranking Methods", *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, 16 April 2007, Issue. 2, s. 514-529.

ÖZCAN, Tuncay... vd., "Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methodologies And Implementation of A Warehouse Location Selection Problem", *Expert Systems with Applications*, 38, 2011, s. 9773-9779.

RAHIMNIA, Fariborz ... vd., "Application of Grey theory Approach to Evaluation of Organizational Vision", *Grey Systems: Theory and Application* Vol. 1 No. 1, 2011, s. 33-46.

RATH, Stefan ve GUTJAHN, Walter J., "A Math-Heuristic For The Warehouse Location-Routing Problem in Disaster Relief", *Computers & Operations Research*, 42, 2014, s. 25-39.

RICHARDSON, D.... vd., "Factors Affecting Global Inventory Prepositioning Locations in Humanitarian Logistics". *Journal of Business Logistics*, 37(1), 2016, s. 59-74.

SHARMA, R.R.K ve BERRY, V., "Developing New Formulations And Relaxations of Single Stage Capacitated Warehouse Location Problem (SSCWLP): Empirical Investigation for Assessing Relative Strengths and Computational Effort", *European Journal of Operational Research*, 177, 2007, s. 803-812.

SWEENEY, Dennis J., ve TATHAM, Ronad L., "An Improved Long-Run Model for Multiple Warehouse Location", *Management Science*, Vol. 22, No. 7, Mar., 1976, s. 748-758.

TONG, Lee-Ing... vd., "Optimization of Multi-response Processes Using the VIKOR Method", *Int J Adv Manuf Technol*, 31, 2007, s. 1049-1057.

ÜSTER, Halit... vd. "Integrated Warehouse Location And Inventory Decisions in A Three-Tier Distribution System", *IIE Transactions*, 40.8, 2008, s. 718-732.

VLACHOPOULOU, Maro... vd. "Geographic Information Systems in Warehouse Site Selection Decisions", *Int. J. Production Economics*, 71, 2001, s. 205-212.

WAN, Yat-wah... vd. "Warehouse Location Problems for Air Freight Forwarders: A Challenge Created by the Airport Relocation", *Journal of Air Transport Management*, 4, 1998, s. 201-207.

Özet

Warehouse location selection problems are the main issues of the decision makers in the supply chain management. Warehouse selection problems are not determined just by a single variable. They should be considered a multi dimensional problems to select the best alternative of the warehouses. This problems have a strategic importance in terms of the decision makers and organizations.

In the previous studies, it is seen that mathematical models, integer and dynamic programming methods or multi-criteria decision making methods such as AHP, TOPSIS, ELECTRE, Grey Systems Theory, Cluster Analysis, are used to solve the best alternative for the warehouse selection problems. However, VIKOR method which is one of the multi-criteria decision making methods has not yet been used to select the best alternative of the warehouses. So, in this study, the warehouse location selection problem is solved by the VIKOR method and this method compared with the Grey Systems Theory.

In this study, some new variables such as labor cost, transportation cost, storage cost, inventory handling cost, stock holding capacity, average distance to shops, average distance to suppliers, demand from customers, infrastructure, labor availability and quality, political environment, legal and regulatory framework, economic factors, geographical location, market, macro environment, telecommunication systems, existance of modes of transportation, quality and reliability of modes of trnspotation has been revealed to analyze the warehouse location selection problems. To solve the warehouse selection problems, a company producing organic chickens was examined in the survey to select the best warehouse location among three alternatives for their customers and their supply chain. Consequently, when the Grey Systems Theory and the VIKOR method were implemented this warehouse selection problem, this methods gave the same results.