

Citation: Yıldız A. & Demir Y. (2019), Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Türkiye'nin Yerli Otomobili İçin En Uygun Fabrika Yerinin Seçimi, BMIJ, (2019), 7(4): 1427-1445 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i4.1210>

BULANIK TOPSIS YÖNTEMİYLE TÜRKİYE'NİN YERLİ OTOMOBİLİ İÇİN EN UYGUN FABRİKA YERİNİN SEÇİMİ

Aytaç YILDIZ¹

Yunus DEMİR²

Received Date (Başvuru Tarihi): 05/08/2019

Accepted Date (Kabul Tarihi): 09/09/2019

Published Date (Yayın Tarihi): 25/09/2019

ÖZ

Girişimciler için, hangi sektörde faaliyet göstermelerinin yanı sıra işletmeyi nereye kuracakları da önemlidir. Çünkü yanlış bir karardan dolayı uygun olmayan bir yere işletmenin kurulması yüksek maliyetlere, nitelikli işgücüne sahip olamama ve yeterli sayıda müşteriye ulaşamama gibi sorunlara sebep olabilir. Yer seçimi problemi, içerisinde birçok kriteri ve belirsizliği barındıran, bundan dolayı da bulanık bir davranış sergileyen bir karar problemidir. Bu gibi karar problemlerinin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) gibi bilimsel yöntemlerin kullanılması karar vericilere kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada, Türkiye için stratejik bir öneme sahip yerli otomobil üretimi için en uygun yerin seçilmesi amaçlanmıştır ve bu amaç için bulanık ortamlarda karar vermeyi kolaylaştıran bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi kullanılmıştır. Yedi alternatif yer (Kocaeli, Bursa-Gemlik, Sakarya, Konya, İzmir-Aliaga, Adana ve Eskişehir) literatür taraması neticesinde belirlenen beş ayrı kritere göre (ekonomik, coğrafi konum, altyapı, teknik ve sosyal özellik) değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda yakınlık katsayısı en yüksek olan Bursa-Gemlik alternatifi, yerli otomobil için en uygun fabrika yeri olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yerli Otomobil, Yer Seçimi, Bulanık TOPSIS

JEL Kodları: C61, G11, M11

THE MOST SUITABLE FACTORY LOCATION SELECTION FOR TURKEY'S DOMESTIC AUTOMOBILE WITH FUZZY TOPSIS METHOD

ABSTRACT

For entrepreneurs, in addition to which sector they operate it is also important suitable selection of facility location. Because the selection of an unsuitable facility location after a wrong decision can cause problems such as high costs and inability to reach enough customers. The facility location problem is a decision problem, which contains many criteria and uncertainty and therefore exhibits a fuzzy behavior. In solving such decision problems, the use of scientific methods such as Multi Criteria Decision Making (MCDM) provides convenience to decision makers. In this study, it is aimed to select most suitable facility location for the domestic automobile production which has a strategic importance for Turkey. For this purpose, fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method was used to facilitate decision making in fuzzy environments. Seven alternative location (Kocaeli, Bursa-Gemlik, Sakarya, Konya, Izmir-Aliaga, Adana and Eskisehir) have been evaluated according to five different criteria (economic, geographical location, infrastructure, technical and social characteristics) as a result of literature review. At the end of the study, Bursa-Gemlik, which has the highest closeness coefficient, was determined as the most suitable facility location for domestic automobile.

Keywords: Domestic Automobile, Location Selection, Fuzzy TOPSIS

JEL Codes: C61, G11, M11

¹ Doç. Dr. Bursa Teknik Üniversitesi, aytac.yildiz@btu.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Bursa Teknik Üniversitesi, yunus.demir@btu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-0729-633X>

<https://orcid.org/0000-0003-3868-1860>

1. GİRİŞ

Ülke ekonomisi açısından stratejik öneme sahip olan ve aynı zamanda yüksek oranda katma değer sağlayan otomotiv sektörü son yıllarda teknolojik gelişmelere bağlı olarak dış sermaye ve ara ürüne bağımlı sektörlerden biri haline gelmiştir. Türkiye’de 1990’lı yıllara kadar otomobil imalatı için gerekli olan girdilerin üretiminin büyük bir kısmı ülke içinde gerçekleştirilebilmiştir. Ancak bu yıllardan sonra sektörde teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi ve rekabetin artması sonucu maliyetleri minimize etmek için bu girdiler ana firmanın bulunduğu ülkelerden sağlanmaya başlamıştır. Bu da otomotiv sektöründe girdi ithalatını ve dışa bağımlılığı arttırmıştır (İnançlı ve Konak, 2011). Bu yüzden ülkeler kendi markalarını oluşturarak dışa bağımlılığı azaltma yoluna gitmektedir. Bunun birinci yolu da kendi otomotiv markalarını oluşturmaktır. Ancak diğer sektörlerdeki işletmelerde olduğu gibi otomotiv sektöründe de bir işletme kurmak oldukça büyük yatırım gerektirmektedir. Bu yüzden bu yatırımlar tek seferde bütün yönleriyle mükemmel bir şekilde inşa edilmelidirler. Çünkü yanlış verilmiş kararların sonucu ortaya çıkan durumların telafisi zor olur. Bu kararlardan biri de fabrikanın kurulacağı yerin isabetli bir şekilde tespit edilmesidir. Ancak yerin tespit edilmesinde birçok kriter bulunmaktadır. Bu kriterlerden bazılarını işletmeler müdahale edebilirken bazıları kendileri dışında gerçekleştiği için müdahale şansları olmamaktadır. Bu yüzden yer seçimi problemi, içerisinde birçok kriteri barındırması ve verilerin belirsizliği nedeni ile oldukça karmaşık yapıda olan bir karar verme sürecidir.

Yönetim biliminin en önemli bileşenlerinden olan karar verme ve karar analizi insanlık ile yaşıt bir çalışma alanıdır (Farahani vd., 2010). Gerçek hayatta bireyler karar süreçlerini genelde tecrübeye dayalı sezgisel yaklaşımlar ile yürütür. Ancak onlarca kriterin karar sürecinde etkili olması ve sonuçlarının büyüklüğü nedeni ile işletmelerde karar süreçlerinin bilimsel temellere dayalı yürütülmesi bir zorunluluk haline gelmiştir (Uludağ ve Doğan, 2016). Bu bağlamda; belirsizlik altında karar verme teknikleri (Maksim, laplace...), en iyi beklenen parasal değer ölçütü, karar ağaçları, tam bilginin beklenen değeri ve çok kriterli karar verme gibi yaklaşımlar hem uygulayıcılar hem de akademisyenlerce sıklıkla başvurulan yöntemlerdendir.

Bu çalışmada, Türkiye’nin ilk yerli otomobili için uygun fabrika yeri seçiminde, bulanık ve belirsiz ortamlarda dilsel değerlendirmeler vasıtasıyla karar vermeyi kolaylaştıran bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın bundan sonraki ikinci bölümünde kuruluş yer seçimi ile ilgili literatür taraması yapılmış, üçüncü bölümde çalışmada kullanılan materyal ve

yöntem anlatılmış, dördüncü bölümde elde edilen bulgulara yer verilmiş ve beşinci bölümde sonuç ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2. KURULUŞ YERİ SEÇİMİ

Yer seçimi problemi en genel manada, *firmaların operasyonlarını gerçekleştirebileceği, birbiri ile çelişen özelliklere (kriterlere) sahip alternatif yerler arasında birinin seçimi* şeklinde tanımlanabilir (Sennaroglu ve Celebi, 2018). Yer seçimi; yeni üretim tesisi açma, mevcut tesis(ler)in yerini değiştirme veya tesis(ler)in genişletilmesi konusunda hem girişimciler hem de üst düzey yöneticiler açısından kritik öneme sahip bir süreçtir (Rahman vd., 2018; Boran, 2011).

Yer seçimi konusunda yanlış verilen bir karar, yetersiz kalifiyedeki iş gücüne, hammaddeye erişimde sıkıntıya, taşıma faaliyetlerinde yetersizliğe, yüksek işletme maliyetlerine, hatta politik ve toplumsal engellerden dolayı organizasyon için felaket bir etkiye sebep olabilir (Athawale ve Chakraborty, 2010). Buna karşın iyi yapılmış bir yer seçimi; taşıma maliyetlerinde azalma, kaynak kullanımının maksimizasyonu, yüksek lojistik performansı, işletme operasyonlarında verimlilik artışı gibi birçok avantaj sağlayabilir. Literatürde yer seçimi problemi için çok farklı alanlarda uygulama örnekleri görmek mümkündür. Bunlardan bazıları; acil durum lojistiği kapsamında depo yeri (Rath ve Gutjahr, 2014), geçici barınak yeri (Chang ve Liao, 2015; Trivedi ve Singh, 2017), plastik sektöründe üretim tesisi yeri (Rahman vd., 2018), gıda sektörü için yer (Deveci vd., 2018), ev aletleri üretim yeri (Tavakkoli-Moghaddam ve Mousavi, 2011), depo yeri (Singh vd., 2018), geri dönüşüm tesisi yeri (Bhatia vd., 2019; Alimoradi vd., 2011), ÖSYM için sınav yeri seçimi (Güneşil vd. 2017), alışveriş merkezi yeri (Li ve Wei, 2018), enerji tesisi yeri (Kheybari vd., 2019), biyoetanol üretim tesisi, dalga enerjisi santral yeri (Bolturk ve Kahraman, 2018), askeri alanda silahlı araçların bakım merkezinin yeri (Oztaysı vd., 2019), askeri hava limanı yeri (Sennaroglu ve Celebi, 2018), maden yeri (Stanujkić ve Meidutė-Kavaliauskienė, 2018), eğlence/konaklama tesisi yeri (Chen vd., 2018), otel yeri (Yu vd., 2018; Genç ve Filipe, 2016) seçimleri şeklinde özetlenebilir.

Yer seçimi probleminin çözümünde birbiriyle çelişen nicel veya nitel birçok kriter değerlendirilerek en iyi alternatif seçilmeye çalışılmaktadır (Aruldoss vd., 2013; Rezaei 2015; Kumar vd., 2017). Bu bağlamda çözülmesi zor bir problemdir. Bunun için çok kriterli karar verme yöntemleri problemin çözümü için uzlaşmacı bir yaklaşım önermektedir (Sennaroglu ve Celebi, 2018). Literatürde çok kriterli yer seçimi problemi için birçok yöntem kullanılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Athawale ve Chakraborty (2010) gerçek zamanlı kuruluş yer seçimi problemi için PROMETHEE II tekniğini kullanmıştır. Araştırmacılar sekiz kritere göre üç alternatifi değerlendirmişlerdir. Demirel vd., (2010) hiyerarşik yapıdaki depo yer seçimi problemini ele almışlardır. Problemin çözümü için kesin bir şekilde tanımlamayan nitel kriterler için daha etkili sonuçlar verdiğinden dolayı Choquet integral tekniğini kullanmışlardır. Yazarlar beş ana kriter kapsamında on altı farklı alt kritere göre değerlendirme yapmışlardır. Tavakkoli-Moghaddam ve Mousavi (2011), ev aletleri üreten bir tesis için yer seçimi problemin çözümünde AHP ve VIKOR yöntemlerinden oluşan hibrit bir yaklaşım uygulamışlardır. Ayrıca, en etkili kriterleri belirlemek için Delphi metodunu uygulamışlardır. Üç alternatifi; üçü fayda, ikisi maliyet olmak üzere toplamda beş kritere göre değerlendirmişlerdir. Boran (2011), bir üretim tesisi için dört aday yer arasından beş kritere göre seçim yapmak üzere, sezgisel bulanık öncelik ilişkisi (intuitionistic fuzzy preference relation) ve sezgisel bulanık TOPSIS (intuitionistic fuzzy TOPSIS) metodunun entegrasyonundan oluşan hibrit bir yaklaşım kullanmıştır. Ertuğrul (2011), Türkiye'deki bir tekstil firmasında, yer seçimi problemi için TOPSIS'in bir uzantısı olan bulanık grup karar verme yaklaşımını uygulamıştır. Çalışmada üç kişiden oluşan karar verici bir grubun, üç farklı alternatif yeri, beş kritere göre değerlendirdiği bir gerçek hayat uygulaması sunulmuştur. Amindoust vd., (2012) Malezyalı bir otomotiv işletmesinin yer seçimi için veri zarflama analizi yöntemini kullanmışlardır. Yer seçiminde kullanılan yöntemler hakkında detaylı literatür taraması için ilgili (Aruldoss vd., 2013; Rezaei, 2015; Kumar vd., 2017) çalışmalara başvurabilir.

İşletmelerde yer seçimi kararını etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Ancak bunlardan bazıları diğerlerine göre baskındır ve karar üzerinde daha fazla etkisi bulunmaktadır (Ertuğrul 2011). Yer seçiminde etkili olan kriterlerin belirlenmesi amacıyla yukarıda ifade edilen literatür taramasında yer verilen çalışmalar incelenmiş ve en fazla kullanılan kriterler tespit edilerek Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yer Seçiminde Etkili Olan Kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler
Maliyet	İşçilik maliyeti
	Taşıma maliyeti (kara, deniz, hava, demir yolu)
	Elleçleme maliyeti
	Yatırım maliyeti
İş gücü karakteristiği	Yetişmiş iş gücü
	İşçi bulunabilirliği
Alt yapı	Telekomünikasyon sistemi
	Taşımacılık kalitesi ve güvenilirliği
Pazarlar	Müşteriye yakınlık
	Hammaddeye yakınlık
Makro ortam	Hükümet politikaları (vergi yapısı ve teşvikleri, finansal teşvikler)
	Endüstri ile ilgili kanuni düzenlemeler
	İmar ve inşaat planı (yerel yönetim düzenleme ve gelişim planları)
	Toplumun algısı
	İş ortamı
	Yaşam standartları
Mikro ortam	Hammadde bulunabilirliği
	Muhtemel yerdeki riskler
	Yayımla imkânı

3. MATERİYAL VE METOT

Türkiye için büyük öneme sahip olan yerli elektrikli otomobil projesi sadece bir otomobil projesi olarak düşünülmemektedir. Çünkü bu projenin harekete geçireceği ekosistemin GSMH'ya katkısı 50 milyar avro, cari açığa olumlu katkısı 7 milyar avro ve istihdama katkısı ise doğrudan ve dolaylı olarak yaklaşık 20 bin kişi olacaktır. Ayrıca bu proje kendi ekosistemini değiştirmesinin yanı sıra ülkedeki teknoloji seviyesini de yukarıya taşımada stratejik bir öneme sahiptir. Böylesine önemli olan bir projenin fabrikasının nereye kurulması gerektiği ise üzerinde durulması gereken önemli bir problemdir. Bu yüzden bu çalışmada, Türkiye'nin ilk yerli otomobilinin üretileceği fabrikanın kuruluş yerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için aşağı belirtilen adımlar izlenmiştir.

3.1. Kuruluş Yeri Seçiminde Etkili Olan Kriterlerin Belirlenmesi

Kuruluş yeri seçiminde etkili olan kriterlerin belirlenmesi en önemli adımlardan biridir. Çünkü yanlış seçilen bir kriter uygun olmayan bir yerde yatırım yapılmasıyla sonuçlanır ve kuruluşun kazancını etkileyebilir. Bu yüzden bu çalışmada, yerli otomobil fabrikasının yeri için etkili olan kriterler yukarıda belirtilen literatür taraması ve kuruluş yeri tespitlerinde görev almış iki endüstri mühendisinin ortak görüşü vasıtasıyla Tablo 2'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 2. Yerli Otomobil Fabrika Yeri Seçiminde Etkili Olan Kriterler

Ana kriter	Alt Kriterler	Açıklama
Ekonomik Özellikler	İşçilik maliyeti	İşçiye ödenen ücretler, ulaşım ücretleri
	Yatırım maliyeti	Arazi, makine-teçhizat, tesis inşaatı vb. maliyeti
	Lojistik maliyeti	Ürünleri müşterilere ulaştırırken karşılaşılan maliyetler
	Teşvik miktarları	Bankaların kredi teşvikleri, vergi muafiyeti, arazi teşvikleri
Coğrafi Konum Özellikleri	Yan sanayi olanakları	İlgili tedarikçiler, tedarikçilerin kabiliyetleri ve teknolojik durumlar, esnekliği, erişilebilirliği
	Limanlara erişim olanağı	Ürünleri özellikle yurtdışı pazarlara sevk ederken limanları kullanma olanağı
	Dış pazarlara erişim kolaylığı	Deniz, demiryolu ve karayolu ile muhtemel yurt dışı müşterilere erişim kolaylığı
	İç pazara ulaşım kolaylığı	Yurt içi müşterilere ürünleri sevk etmede alternatif ulaşımlar
Altyapı Özellikleri	Doğal afet durumu	Başta fay hattı üzerinde olup olmaması ve diğer afet riskleri
	Kuruluşun genişleyebilme imkanı	Kuruluşun genişlemesine arazinin ve alt yapının izin vermesi
Teknik Özellikler	Teknolojik altyapı	Arge Merkezi, teknopark ve üniversite imkanlarının durumu
	Nitelikli işgücü	Uzman ve eğitimli iş gücünün varlığı
	İşgücü kaynağı	Uzman ve eğitimli iş gücüne erişebilirlik
Sosyal Özellikler	Bölge kalkınmasına etkisi	Yerel bölgenin ekonomik, sosyal ve kültürel kalkınmasına etkileri
	Yaşam standartları	Kaliteli okullar, hastaneler ve sosyal yaşam alanlarının varlığı

3.2. Fabrikanın Kurulacağı Alternatif Yerlerin Belirlenmesi

Yerli otomobil için birçok il yöneticisi kendi illerinde bu fabrikanın kurulmasını talep etmektedirler. Ancak, fabrikanın yerinin tespit edilmesi en önemli adımdır ve bu adımda yanlış yapılmamalıdır. Yanlış bir yere fabrikanın kurulması ciddi kayıplara neden olabilir. Bu yüzden, bu aşamada yerli otomobil için çeşitli platformlarda ve basında kuruluş yeri için önerilen yerler tespit edilerek ön plana çıkan avantajları belirlenmiş ve Tablo 3’te verilmiştir. İstanbul, sanayi açısından doygunluğa ulaştığından ve özellikle İstanbul haricinde bir yerin olması düşüncesiyle alternatifler arasına dahil edilmemiştir.

Tablo 3. Yerli Otomobil İçin Alternatif Fabrika Yerleri

Alternatifler	Avantajları
Kocaeli	Limanlara yakınlığı, işçi konusundaki avantajı ve dış pazarlara yakınlığı
Bursa-Gemlik	Otomotiv sanayiinin merkezi olması, güçlü yan sanayi altyapısının bulunması, limanlara yakınlığı, otomotiv sektörünün multidisipliner üretim ve çalışma sistemi içerisinde yetişkin iş gücüne sahip
Sakarya	Yan sanayi için alanı olması, otomotiv yatırımları ve ulaşım hatlarına yakınlığı
Konya	Ar-Ge merkezleri'nin yanı sıra Türkiye'nin en büyük organize sanayi bölgesinin kuruluyor olması, 1 milyon metrekare toplam alanla ülkemizin en büyük ve en önemli lojistik merkezlerinden biri olan Kayacık Lojistik Merkezi'nin varlığı, yatırım için yer sunması, yetişmiş insan gücü
İzmir-Aliğa	Lojistik avantajları yüksek ve demir – çelik üretimi, otomotiv sektörü yatırımları, Aliğa Bölgesi üretim için yatırım yeri, işgücü avantajı
Adana	Otobüs, midibüs, kamyon ve kamyonet üretiminin varlığı, Osmaniye'de demir-çelik sektörünün gücü ve üniversitelerin otomotiv çalışmaları
Eskişehir	5 milyon metrekare alan tahsisi mümkün, motor mükemmeliyet merkezinin bulunması, üniversitenin endüstride aktif olması, ihracatta teknoloji oranının yüksek olması

3.3. Kuruluş Yeri Tespitinde Kullanılan Yöntemin Belirlenmesi

Fabrika kuruluş yerinin tespitinde birçok kriter ve alternatifler bulunmaktadır. Bazı kuruluş yerleri bazı kriterlerde ön plana çıkarken diğer kriterlerde dezavantajlı olabilirler. Ayrıca kuruluş yeri seçiminde etkili olan kriterlerden bazılarının nicel, bazılarının ise nitel ifadelerle değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Bu gibi durumlarda karar vericilerin daha iyi karar vermelerine katkıda bulunmak için çeşitli bilimsel yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de çok kriterli karar verme yöntemleridir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik Ağ Prosesi (ANP), VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English), PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) ve TOPSIS gibi yöntemler ÇKKV yöntemleridir. Ayrıca bilginin kesin olmadığı durumlarda kullanılan bulanık ÇKKV yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada ise bulanık ortamlarda karar vermeyi kolaylaştıran ve belirsiz durumlarla başa çıkmada etkili olan bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda bu yöntem kısaca açıklanmıştır.

TOPSIS, ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiş ve ÇKKV içinde en sık kullanılan yöntemlerdendir (Rashidi ve Cullinane, 2019; Gupta, 2018; Solangi vd., 2019; Sirisawat ve Kiatcharoenpol, 2018; Yayla vd., 2012). Bu yöntemin temel ilkesi; en iyi alternatifin, fayda kriterlerini maksimize eden ve maliyet kriterlerini en aza indiren pozitif ideal çözüme (PIS) en kısa mesafeye sahip olması gerektiğidir. Aynı zamanda, maliyet kriterlerini

maksimize eden ve fayda kriterlerini en aza indiren negatif ideal çözümden (NIS) en uzak mesafede olmasıdır (Gupta, 2018; Sirisawat ve Kiatcharoenpol, 2018; Ervural vd., 2018; Han ve Trimi, 2018; Sang vd., 2015). Geleneksel TOPSIS yöntemi, değerlendirme kriterlerinin, kriter ağırlıklarının, alternatiflerin ve çözünürlük seviyelerinin kesin olarak tanımlandığını, yani problemin net verilerle dolu bir karar matrisi şeklinde tanımlandığını varsaymaktadır (Han ve Trimi, 2018; Sang vd., 2015, Rudnik ve Kacprzak, 2017). Gerçek hayattaki karar verme problemlerinde ise, bilgi ve veri eksikliğinden veya öznel ve kesin olmayan uzman kararlarından dolayı gerçek rakamları (net veri) kullanarak değerlendirmeleri tam olarak ifade etmek zordur (Han ve Trimi, 2018; Roszkowska ve Wachowicz, 2015; Rudnik ve Kacprzak, 2017). Gerçek hayattaki birçok karar verme probleminde bazı karar vericilerin küçük, orta ve büyük gibi dil terimlerini kullanarak kararlarını verebilecekleri kriterlerin ağırlıkları ve alternatiflerin puanlamaları doğru bir şekilde ölçülemez. Çünkü karmaşık durumları analiz etmek geleneksel olarak kolay değildir (Hatami-Marbini ve Kangi, 2017) ve bunları tanımlamak için kesin sayılar yerine aralıklarla çalışmayı, sözlü açıklamalar veya dilsel değişkenleri kullanmayı tercih edebilirler (Gupta, 2018; Roszkowska ve Wachowicz, 2015; Rudnik ve Kacprzak, 2017). Bunu yerine getirmek için, karar verme problemlerinde belirsizlik ve dilbilimsel kavramları ele almak ve ölçmek için bulanık kümeler teorisi Zadeh tarafından ortaya atılmıştır (Hatami-Marbini ve Kangi, 2017). Bunun sonucu olarak da bulanık küme teorisi, birçok ÇKKV yaklaşımında olduğu gibi TOPSIS yöntemine de dahil edilerek Chen (2000) tarafından bulanık TOPSIS önerilmiştir (Gupta, 2018; Han ve Trimi, 2018; Rudnik ve Kacprzak, 2017; Yıldız ve Yayla, 2017). Önerilen bu yöntem, bulanık ortam altında çok kriterli karar verme sorunlarını çözmek ve karar vericilerin değerlendirmelerinde ve belirsizlikle başa çıkmada geleneksel TOPSIS yönteminden daha uygun ve etkilidir (Sirisawat ve Kiatcharoenpol, 2018). Yöntem; belirsiz, ölçülemeyen ve eksik bilgi sorununu bulanık ortamlarda ele almanın önemli bir yolunu sunmaktadır (Solangi vd., 2019; Ervural vd., 2018; Liu ve Wei, 2018). Bulanık TOPSIS yöntemi, ilk olarak bulanık aritmetik işlemler kullanılarak her alternatif için bulanık yakınlık katsayısı elde etmek ve ikinci olarak alternatiflerin tercih sırasını bir bulanıklaştırma yöntemi kullanarak sağlamak amacıyla önerilmiştir (Hatami-Marbini ve Kangi, 2017). Bulanık TOPSIS'te tüm derecelendirmeler ve ağırlıklar, bulanık sayılarla ifade edilen dilsel değişkenler tarafından yapılır (Han ve Trimi, 2018). Bu yöntem; tesis yeri seçimi, tedarikçi seçimi, enerji santrali yeri seçimi, personel değerlendirmesi, üretimde optimal robot seçimi, ergonomik uyumluluğun değerlendirilmesi gibi üretim, enerji, sağlık, hizmet ve birçok sektörde karar verme problemlerinin çözümünde literatürde sıklıkla

kullanılmıştır (Lima-Junior ve Carpinetti, 2016). Bulanık TOPSIS yönteminin algoritması aşağıdaki gibidir (Chen, 2000);

Chen (2000) tarafından önerilen bulanık TOPSIS yönteminin ilk adımında, karar vericilerden oluşan bir grup oluşturulur. N tane karar vericiden oluşan küme; $E=KV_1, KV_2, \dots, KV_N$ şeklinde ifade edilir. Karar vericilerden oluşan komite oluşturulduktan sonra mevcut alternatifler; $E=A_1, A_2, \dots, A_m$ ve bu alternatifleri değerlendirmede kullanılacak olan kriterler; $E=K_1, K_2, \dots, K_n$ belirlenir. Bunu takiben, alternatiflerin değerlendirilmesinde ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılacak sözel değişkenler seçilir ve karar vericiler bu sözel değişkenler yardımıyla alternatif ve kriterleri değerlendirirler ve karar vericiler tarafından sözel değişkenler ile yapılan değerlendirmeler bulanık sayılar şeklinde ifade edilir. Bu değerlendirmelerin bulanık sayılar şeklindeki ifadesi Tablo 4 ve Tablo 5'teki gibidir.

Tablo 4. Kriterlerin Önem Ağırlığının Belirlenmesinde Kullanılan Değişkenler (Chen, 2000)

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0.1)
Düşük (D)	(0, 0.1, 0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1, 1)

Tablo 5. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Değişkenler (Chen, 2000)

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Kötü (ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Orta Kötü (OK)	(1, 3, 5)
Epeyce (E)	(3, 5, 7)
Orta İyi (Oİ)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)

N tane karar vericinin alternatifler ve kriterler için değerlendirmelerini tek bir değere indirgeyebilmek için aşağıda açıklanan yol izlenir;

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{N} [\tilde{x}_{ij}^1 (+) \tilde{x}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^N] \quad (1)$$

Burada, \tilde{x}_{ij}^N N . karar vericinin değerlendirilmesini göstermektedir.

Her kriter için N tane karar verici tarafından belirlenen ağırlıkları tek bir değere indirmek için, \tilde{w}_j (2) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir;

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{N} [\tilde{w}_j^1 (+) \tilde{w}_j^2 (+) \dots (+) \tilde{w}_j^N] \quad (2)$$

burada \tilde{w}_j^N N. karar vericinin ağırlığını göstermektedir.

Tüm kriterler ve alternatifler için tek bir değer elde edildikten sonra karar problemi matris formatında şu şekilde gösterilir;

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (3)$$

Burada $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ üçgen bulanık sayılar olup, \tilde{D} bulanık karar matrisini, \tilde{W} ise bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

Karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım, karar matrisinin normalize edilmesidir. Bulanık karar matrisi eşitlik (5) ve (6) yardımıyla normalize edilir ve normalize bulanık karar matrisi \tilde{R} elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

B ve C, fayda ve maliyet kriterleri olmak üzere:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), \quad j \in B, \quad u_j^+ = \max_i u_{ij} \quad (5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{m_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{l_{ij}^-} \right) \quad j \in C, \quad l_j^- = \min_i l_{ij} \quad (6)$$

şeklinde hesaplanır. Burada $r_{ij}, (\forall i, j)$ normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır.

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

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Burada, $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j$ 'dir. (8)

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık pozitif ideal çözüm ($FPIS, A^+$) ve bulanık negatif ideal çözüm ($FNIS, A^-$) şu şekilde tanımlanır:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad (9)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (10)$$

Burada, $\tilde{v}_{ij}^+ = (1,1,1)$ ve $\tilde{v}_{ij}^- = (0,0,0)$ $j = 1,2,\dots,n$ 'dir.

Daha sonra, her alternatifin pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüme (A^-) olan uzaklıkları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad , \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \quad (11)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad , \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \quad (12)$$

Burada $d_v(a,b)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir ve uzaklık eşitlik (13)'de verilen vertex metodu kullanılarak bulunur. Uzaklıkların bulunmasının ardından her alternatifte ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^+) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) olan uzaklığı aynı anda dikkate alır.

$$d(a,b) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_a - l_b)^2 + (m_a - m_b)^2 + (u_a - u_b)^2]} \quad d(a,b) \in R^+ \quad (13)$$

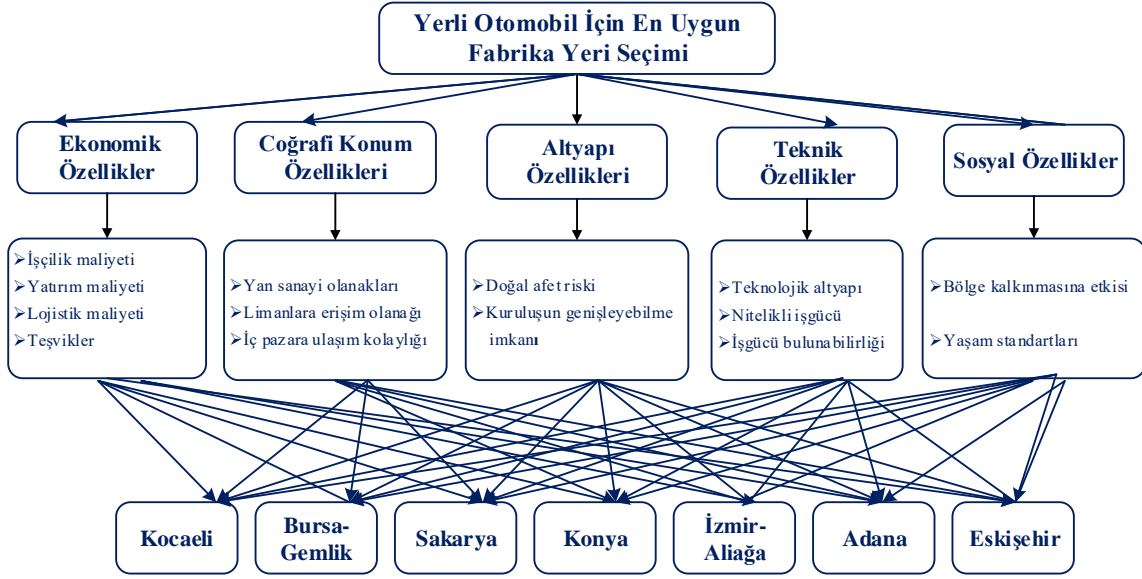
Her alternatifin yakınlık katsayısı:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad , \quad i = 1,2,\dots,m \quad (14)$$

formülüyle hesaplanır. Yakınlık katsayısı 1'e ne kadar yakınsa alternatifin tercih edilme şansı o kadar artar.

4. BULGULAR

Yerli otomobil için en uygun fabrika yer seçimi için yukarıda belirlenen kriterler ve alternatiflere göre Şekil 1'deki model oluşturulmuştur.



Şekil 1. Yerli Otomobil Fabrika Yeri Seçim Modeli

Bu bölümde, yerli otomobil için Şekil 1’de verilen kriterler ve alternatiflere göre en uygun fabrika yeri seçimi Chen (2000)’in bulanık TOPSIS yöntemi algoritmasının adımları kullanılarak yapılacaktır. İlk olarak, seçim kriterleri iki endüstri mühendisi, bir iktisatçı ve bir dış ticaret-lojistik uzmanı olmak üzere toplam dört karar verici tarafından Tablo 4’te verilen dilsel değişkenler kullanılarak ortak bir görüş doğrultusunda değerlendirilmiş ve değerlendirme sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Bu aşamada, ana kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında, karar vericilerin kendi aralarındaki farklı değerlendirmelerini tek bir ideal çözüme indirgemek için alt kriterlerin ağırlıklarının geometrik ortalaması alınmıştır.

Tablo 6. Yerli Otomobil İçin Fabrika Yeri Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Kriterler	Sembol	Dilsel Değerlendirme	
		Önem Derecesi	Üçgen Bulanık Sayılar
Ekonomik Özellikler	EÖ		(0.34,0.54,0.75)
İşçilik Maliyeti	İM	OY	(0.5, 0.7, 0.9)
Yatırım Maliyeti	YM	O	(0.3, 0.5, 0.7)
Lojistik Maliyeti	LM	O	(0.3, 0.5, 0.7)
Teşvikler	TŞ	O	(0.3, 0.5, 0.7)
Coğrafi Konum Özellikleri	CKÖ		(0.36,0.59,0.77)
Yan Sanayi Olanakları	YS	ÇY	(0.9,1,1)
Limanlara erişim olanağı	LE	OY	(0.5, 0.7, 0.9)
İç pazara ulaşım kolaylığı	İP	OD	(0.1, 0.3, 0.5)
Altyapı Özellikleri	AÖ		(0,0.1,0.3)
Doğal afet riski	DA	D	(0, 0.1, 0.3)
Kuruluşun genişleyebilme	KG	D	(0, 0.1, 0.3)
Teknik Özellikler	TÖ		(0.83,0.97,1)
Teknolojik altyapı	TA	ÇY	(0.9,1,1)
Nitelikli işgücü	Nİ	ÇY	(0.9,1,1)
İşgücü bulunabilirliği	İB	Y	(0.7, 0.9, 1)
Sosyal Özellikler	SÖ		(0,0.17,0.39)
Bölge kalkınmasına etkisi	BK	D	(0,0.1,0.3)
Yaşam standartları	YS	OD	(0.1, 0.3, 0.5)

Sonrasında, alternatiflerin seçim kriterlerine göre değerlendirilmesi aynı ekibin yine ortak görüşleri vasıtasıyla yapılmış ve dilsel değerlendirmeler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Alternatiflerin Karar Vericiler Tarafından Sözel Olarak Değerlendirilmesi

Alternatif Fabrika Yerleri	Ekonomik Özellikler				Coğrafi Konum Özellikleri			Altyapı Özellikleri		Teknik Özellikler			Sosyal Özellikler	
	İM	YM	LM	TŞ	YS	LE	İP	DA	KG	TA	Nİ	İB	BK	YS
Kocaeli	OK	K	Oİ	K	Çİ	Çİ	İ	ÇK	K	İ	İ	Çİ	K	Oİ
Bursa-Gemlik	K	K	İ	K	Çİ	Çİ	İ	K	K	Çİ	Çİ	Çİ	K	İ
Sakarya	E	E	Oİ	OK	İ	K	İ	ÇK	OK	İ	İ	İ	OK	Oİ
Konya	Oİ	Çİ	OK	İ	E	ÇK	Oİ	Çİ	İ	E	Oİ	Oİ	İ	E
İzmir-Aliğa	E	İ	Oİ	OK	E	Çİ	Oİ	OK	Oİ	Oİ	İ	İ	Oİ	İ
Adana	Oİ	İ	E	Oİ	E	İ	E	OK	Oİ	E	E	Oİ	İ	E
Eskişehir	İ	Çİ	K	İ	OK	ÇK	Oİ	OK	İ	OK	E	E	Çİ	E

Tablo 7’deki alternatiflerin sözel olarak değerlendirilmeleri Tablo 5’te verilen üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüş ve Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Alternatiflerin Sözel Değerlendirilmesinin Üçgen Bulanık Sayılarla Gösterimi

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Alternatif Fabrika Yerleri							
		Kocaeli	Bursa- Gemlik	Sakarya	Konya	İzmir- Aliğa	Adana	Eskişehir	
EÖ	İM	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	
	YM	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	
	LM	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	
	TŞ	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	
CKÖ	YS	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	
	LE	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	
	İP	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	
AÖ	DA	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	
	KG	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	
TÖ	TA	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	
	Nİ	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	
	İB	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	
SÖ	BK	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	
	YS	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	

Her alternatif için alt kriterin değerlendirilmesinin geometrik ortalaması alınarak ana kriter için üçgen bulanık sayılar elde edilmiş ve Tablo 9’da verilen bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 9. Bulanık Karar Matrisi

Alternatif Fabrika Yerleri	Ana Kriterler				
	EÖ	CKÖ	AÖ	TÖ	SÖ
Kocaeli	(0,2.14,4.49)	(8.28,9.65,10)	(0,0,1.73)	(7.61,9.32,10)	(0,2.65,5.2)
Bursa-Gemlik	(1.63,3.95,6.06)	(8.28,9.65,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(0,3,5.48)
Sakarya	(2.59,4.79,6.85)	(0,4.33,6.69)	(0,0,2.24)	(7,9,10)	(2.24,4.58,6.71)
Konya	(4.21,6.59,8.19)	(0,0,3.98)	(7.94,9.49,10)	(4.22,6.26,8.28)	(4.58,6.71,8.37)
İzmir-Aliğa	(3.2,5.54,7.49)	(5.13,7.05,8.57)	(2.24,4.58,6.71)	(6.26,8.28,9.65)	(5.92,7.94,9.49)
Adana	(4.79,6.85,8.68)	(3.98,6.08,7.88)	(2.24,4.58,6.71)	(3.56,5.59,7.61)	(4.58,6.71,8.37)
Eskişehir	(0,5.33,7.4)	(0,0,3.56)	(2.65,5.2,7.07)	(2.08,4.22,6.26)	(5.2,7.07,8.37)

Tablo 9’da verilen bulanık karar matrisi, seçim kriterlerinin faydalarını maksimize, maliyetlerini ise minimize edecek şekilde normalize edilerek Tablo 10’daki normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 10. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Alternatif Fabrika Yerleri	Ana Kriterler				
	EÖ	CKÖ	AÖ	TÖ	SÖ
Kocaeli	(0,0.25,1)	(0.83,0.97,1)	(0,0,0)	(0.76,0.93,1)	(0,0.28,1)
Bursa-Gemlik	(0.19,0.45,0.7)	(0.83,0.97,1)	(0,0.1,0.3)	(0.9,1,1)	(0,0.32,0.58)
Sakarya	(0.3,0.55,0.79)	(0,0.43,0.67)	(0,0,0.22)	(0.7,0.9,1)	(0.24,0.48,0.71)
Konya	(0.42,0.69,0.89)	(0,0,0.4)	(0.79,0.95,1)	(0.42,0.63,0.83)	(0.48,0.71,0.88)
İzmir-Aliğa	(0.37,0.64,0.86)	(0.51,0.7,0.86)	(0.22,0.46,0.67)	(0.63,0.83,0.97)	(0.62,0.84,1)
Adana	(0.55,0.79,1)	(0.4,0.61,0.79)	(0.22,0.46,0.67)	(0.36,0.56,0.76)	(0.48,0.71,0.88)
Eskişehir	(0,0.61,0.85)	(0,0,0.36)	(0.26,0.52,0.71)	(0.21,0.42,0.63)	(0.55,0.75,0.88)

Her bir seçim kriterinin karar vericiler için farklı önem ağırlıklarına sahip olduğu dikkate alınarak, ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi eşitlik (8) kullanılarak elde edilmiş ve Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Alternatif Fabrika Yerleri	Ana Kriterler				
	EÖ	CKÖ	AÖ	TÖ	SÖ
Kocaeli	(0,0.13,0)	(0.29,0.57,1)	(0,0,0)	(0.63,0.9,1)	(0,0.05,0)
Bursa-Gemlik	(0.06,0.25,0.52)	(0.29,0.57,0.77)	(0,0.01,0.09)	(0.74,0.97,1)	(0,0.05,0.22)
Sakarya	(0.1,0.3,0.59)	(0,0.26,0.51)	(0,0,0.07)	(0.58,0.87,1)	(0,0.08,0.27)
Konya	(0.14,0.38,0.67)	(0,0,0.3)	(0,0.09,0.3)	(0.35,0.6,0.83)	(0,0.12,0.34)
İzmir-Aliğa	(0.13,0.35,0.64)	(0.18,0.42,0.66)	(0,0.05,0.2)	(0.52,0.8,0.97)	(0,0.14,0.39)
Adana	(0.19,0.43,0.75)	(0.14,0.36,0.6)	(0,0.05,0.2)	(0.29,0.54,0.76)	(0,0.12,0.34)
Eskişehir	(0,0.33,0.64)	(0,0,0.27)	(0,0.05,0.21)	(0.17,0.41,0.63)	(0,0.13,0.34)

Daha sonra alternatiflerin bulanık pozitif ideal çözüme olan uzaklıkları eşitlik (11) ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları eşitlik (12) yardımıyla hesaplanarak Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Her Kriter İçin d_i^+ ve d_i^- Değerleri

Alternatif Fabrika Yerleri	d_i^+					d_i^-				
	EÖ	CKÖ	AÖ	TÖ	SÖ	EÖ	CKÖ	AÖ	TÖ	SÖ
Kocaeli	0,84	0,49	0,98	0,22	0,92	0,24	0,58	0,03	0,86	0,13
Bursa-Gemlik	0,75	0,49	0,97	0,15	0,91	0,33	0,58	0,05	0,91	0,13
Sakarya	0,7	0,77	0,98	0,25	0,89	0,39	0,33	0,04	0,83	0,17
Konya	0,64	0,91	0,88	0,45	0,86	0,45	0,18	0,18	0,62	0,21
İzmir-Aliğa	0,66	0,61	0,92	0,3	0,84	0,43	0,46	0,12	0,78	0,24
Adana	0,59	0,66	0,92	0,51	0,86	0,51	0,41	0,12	0,57	0,21
Eskişehir	0,72	0,92	0,92	0,63	0,85	0,41	0,16	0,13	0,44	0,21

Uzaklıkların hesaplanmasından sonra her alternatifin her seçim kriteri için hesaplanan d_i^+ ve d_i^- uzaklıkları toplanmış ve bu uzaklıklara bağlı olarak her alternatifin yakınlık katsayıları (CC_i) eşitlik (14) ile hesaplanarak sonuçlar Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. Alternatiflerin d_i^+ , d_i^- ve CC_i Değerleri

	Kocaeli	Bursa-Gemlik	Sakarya	Konya	İzmir-Aliğa	Adana	Eskişehir
d_i^+	3,459	3,270	3,592	3,737	3,336	3,534	4,040
d_i^-	1,827	2,009	1,756	1,641	2,031	1,817	1,351
CC_i	0,346	0,381	0,328	0,305	0,378	0,340	0,251
Sıralama	3	1	5	6	2	4	7

Tablo 13’teki yakınlık katsayılarına bakıldığında alternatif fabrika yerlerinden Bursa-Gemlik 0,381 yakınlık katsayısı ile birinci sırada yer almıştır. Bunu çok küçük bir farkla İzmir-Aliğa takip etmektedir. Eskişehir ise 0,251 yakınlık katsayısı ile son sırada yer almıştır. Bu sonuçlara göre yukarıda belirlenen kriterler esas alındığında yerli otomobil için en uygun fabrika kuruluş yerinin Bursa-Gemlik alternatifi olduğu söylenebilir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İşletmelerin üreteceği ürünü belirlemesi gibi stratejik kararlarının yanı sıra bu ürünlerini üreteceği fabrikasını nereye kuracağı da oldukça önemlidir. Çünkü yanlış bir yere fabrikanın kurulması maliyet ve fayda anlamında işletmelere zarar verebilir. Bu yüzden yer seçimi yapılırken oldukça dikkatli davranılmalıdır. Türkiye için çok önemli ve prestijli olan yerli otomobilin üretilmesi için tasarım aşamaları tamamlanmış ve prototipin üretilmesi aşamasına geçilmiştir. Başarılı bir şekilde devam eden bu projenin önemli bir adımı da bu fabrikanın nereye kurulması gerektiğidir. Çünkü böylesine stratejik bir projenin fabrikasının yanlış yere

kurulması maliyet artışı gibi sorunlara sebep olabilecektir. Bundan dolayı yer tespiti çalışmaları titizlikle devam etmektedir.

Bu çalışmada, yerli otomobil fabrikası için en uygun yerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yer seçiminde birçok nitel ve nicel kriter bulunduğundan dolayı belirsiz durumlarda karar vermeyi kolaylaştıran bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Öne çıkan yedi alternatif yer, beş ana kriter ve ön dört alt kritere göre değerlendirilmiş ve sonuç olarak Bursa-Gemlik yerli otomobil için en uygun fabrika yeri olarak belirlenmiştir. Bu bölgenin ilk sırada yer almasının nedenlerine baktığımızda; otomotiv sektörünün ilişkili olduğu yan sanayinin oldukça gelişmiş olması, var olan liman aracılığıyla hem yurt içi hem de yurt dışı pazarlara erişiminin kolay olması, nitelikli işgücünün varlığı ve ilin teknolojik altyapı seviyesinin yüksek olması gibi faktörlerin etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca, Renault ve Tofaş'ın burada olması şehrin otomotiv sektöründe tecrübe kazanmasına olanak sağlamıştır. Dolayısıyla, maliyet ve fayda kriterleri baz alındığında yerli otomobil fabrikasının Bursa Gemlik'e kurulmasının doğru yönde bir karar olacağı söylenebilir.

Yapılan çalışma, özelde yerli otomobil için fabrika yeri seçimi problemini çözmek için önerilmiştir. Ancak, kullanılan kriterler ve yöntem başka sektörlerdeki kuruluş yeri seçimlerinde de karar vericilere yol gösterebilir. Gelecekte yapılan çalışmalarda, coğrafi bilgi sistemi (GIS) yönteminin bulanık küme yöntemlerine entegre edilmesiyle daha hassas olarak yer seçimi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Alimoradi, A. Yussuf, R. M., & Zulkifli, N. (2011). A hybrid model for remanufacturing facility location problem in a closed-loop supply chain. *International Journal of Sustainable Engineering*, 4(01), 16-23.
- Amindoust, A. Ahmed, S. & Saghafinia, A. (2012). Location decision of supply chain management in the automotive industry. *International Journal of Engineering*, 1(2), 2305-8269.
- Aruldoss, M. Lakshmi, T. M. & Venkatesan, V. P. (2013). A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1), 31-43.
- Athawale, V. M. & Chakraborty, S. (2010, January). Facility location selection using PROMETHEE II method. *In Proceedings of the 2010 international conference on industrial engineering and operations management* (pp. 9-10). Bangladesh Dhaka.
- Bhatia, M. S. Dora, M. & Jakhar, S. K. (2019). Appropriate location for remanufacturing plant towards sustainable supply chain. *Annals of Operations Research*, 1-22.
- Bolturk, E. & Kahraman, C. (2018). Interval-valued intuitionistic fuzzy CODAS method and its application to wave energy facility location selection problem. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, (Preprint), 1-13.
- Boran, F. (2011). An integrated intuitionistic fuzzy multi criteria decision making method for facility location selection. *Mathematical and Computational Applications*, 16(2), 487-496.
- Chang, H. S. & Liao, C. H. (2015). Planning emergency shelter locations based on evacuation behavior. *Natural Hazards*, 76(3), 1551-1571.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, 114(1), 1-9.
- Chen, J. Wang, J. Baležentis, T. Zagurskaitė, F. Streimikiene, D. & Makutėnienė, D. (2018). Multicriteria approach towards the sustainable selection of a teahouse location with sensitivity analysis. *Sustainability*, 10(8), 2926.
- Demirel, T. Demirel, N. Ç. & Kahraman, C. (2010). Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral. *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3943-3952.
- Deveci, M. Akyurt, I. Z. & Yavuz, S. (2018). A GIS-based interval type-2 fuzzy set for public bread factory site selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(6), 820-847.
- Ertuğrul, İ. (2011). Fuzzy group decision making for the selection of facility location. *Group Decision and Negotiation*, 20(6), 725-740.
- Ervural, B. C. Zaim, S. Demirel, O. F. Aydin, Z. & Delen, D. (2018). An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1538-1550.
- Farahani, R. Z. SteadieSeifi, M. & Asgari, N. (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7), 1689-1709.
- Genç, T. & Filipe, J. A. (2016). A fuzzy MCDM approach for choosing a tourism destination in Portugal. *International Journal of Business and Systems Research*, 10(1), 23-44.
- Gupta, H. (2018). Assessing organizations performance on the basis of GHRM practices using BWM and Fuzzy TOPSIS. *Journal of environmental management*, 226, 201-216.
- Güneşli İ. Gündoğan, M. Şeker Alper. (2017). Facility Location Selection Problem: An Application for Student Selection and Placement Centers. *Journal of Turkish Operations Management*, 1, 27- 37
- Han, H. & Trimi, S. (2018). A fuzzy TOPSIS method for performance evaluation of reverse logistics in social commerce platforms. *Expert Systems with Applications*, 103, 133-145.
- Hatami-Marbini, A. & Kangi, F. (2017). An extension of fuzzy TOPSIS for a group decision making with an application to Tehran stock exchange. *Applied Soft Computing*, 52, 1084-1097.
- Hwang, C.L. and Yoon, K. *Multiple attribute decision making methods and applications*, Springer-Verlag. New York, 1981.
- İnançlı, s. & Konak, A. (2011). Türkiye'de ihracatın ithalata bağımlılığı: otomotiv sektörü. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 343-362.

- Kheybari, S. Kazemi, M. & Rezaei, J. (2019). Bioethanol facility location selection using best-worst method. *Applied energy*, 242, 612-623.
- Kumar, A. Sah, B. Singh, A. R. Deng, Y. He, X. Kumar, P. & Bansal, R. C. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596-609.
- Li, S. & Wei, Z. (2018). A hybrid approach based on the analytic hierarchy process and 2-tuple hybrid ordered weighted averaging for location selection of distribution centers. *PLoS one*, 13(11), e0206966.
- Lima-Junior, F. R. & Carpinetti, L. C. R. (2016). Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. *International Journal of Production Economics*, 174, 128-141.
- Liu, J. & Wei, Q. (2018). Risk evaluation of electric vehicle charging infrastructure public-private partnership projects in China using fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, 189, 211-222.
- Oztaysi, B. Onar, S. Ç. Goztepe, K. & Kahraman, C. (2019). A Multi-Expert Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Location Selection for the Maintenance Facility of Armored Vehicles. *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing*, 32.
- Rahman, M. S. Ali, M. I. Hossain, U. & Mondal, T. K. (2018). Facility location selection for plastic manufacturing industry in Bangladesh by using AHP method. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 7(3), 307-319.
- Rashidi, K. & Cullinane, K. (2019). A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: Implications for sourcing strategy. *Expert Systems with Applications*, 121, 266-281.
- Rath, S. & Gutjahr, W. J. (2014). A math-heuristic for the warehouse location–routing problem in disaster relief. *Computers & Operations Research*, 42, 25-39.
- Rezaei, J. (2015). A systematic review of multi-criteria decision-making applications in reverse logistics. *Transportation Research Procedia*, 10, 766-776.
- Roszkowska, E. & Wachowicz, T. (2015). Application of fuzzy TOPSIS to scoring the negotiation offers in ill-structured negotiation problems. *European Journal of Operational Research*, 242(3), 920-932.
- Rudnik, K. & Kacprzak, D. (2017). Fuzzy TOPSIS method with ordered fuzzy numbers for flow control in a manufacturing system. *Applied Soft Computing*, 52, 1020-1041.
- Sang, X. Liu, X. & Qin, J. (2015). An analytical solution to fuzzy TOPSIS and its application in personnel selection for knowledge-intensive enterprise. *Applied Soft Computing*, 30, 190-204.
- Sennaroglu, B. & Celebi, G. V. (2018). A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 160-173.
- Singh, R. K. Gunasekaran, A. & Kumar, P. (2018). Third party logistics (3PL) selection for cold chain management: a fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS approach. *Annals of Operations Research*, 267(1-2), 531-553.
- Sirisawat, P. & Kiatcharoenpol, T. (2018). Fuzzy AHP-TOPSIS approaches to prioritizing solutions for reverse logistics barriers. *Computers & Industrial Engineering*, 117, 303-318.
- Solangi, Y. A. Tan, Q. Mirjat, N. H. & Ali, S. (2019). Evaluating the strategies for sustainable energy planning in Pakistan: An integrated SWOT-AHP and Fuzzy-TOPSIS approach. *Journal of Cleaner Production*, 236, 1-14
- Stanujkić, D. & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2018). An approach to the production plant location selection based on the use of the Atanassov interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Transport*, 33(3), 835-842.
- Tavakkoli, M. R. Mousavi, S. M. & Heydar, M. (2011). An integrated AHP-VIKOR methodology for plant location selection. *IJE Transactions B: Applications*, 24(2), 127-137.
- Trivedi, A. & Singh, A. (2017). A hybrid multi-objective decision model for emergency shelter location-relocation projects using fuzzy analytic hierarchy process and goal programming approach. *International Journal of Project Management*, 35(5), 827-840.
- Uludağ, A. S. & Doğan, H. (2016). Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılmasına odaklı bir hizmet kalitesi uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(2), 17-48.

- Yayla, A. Y., Yildiz, A., & Ozbek, A. (2012). Fuzzy TOPSIS method in supplier selection and application in the garment industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 4(93): 20-23.
- Yildiz, A., & Yayla, A. (2017). Application of fuzzy TOPSIS and generalized Choquet integral methods to select the best supplier. *Decision Science Letters*, 6(2), 137-150.
- Yu, S. M., Wang, J., Wang, J. Q., & Li, L. (2018). A multi-criteria decision-making model for hotel selection with linguistic distribution assessments. *Applied Soft Computing*, 67, 741-755.