



LOPCOW-GRI İLİŞKİSEL ANALİZ MODELİYLE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TEMELİNDE LOJİSTİK MERKEZİ YER SEÇİMİ

Ümmühan KARAHALİLOĞLU ¹

Öz

Türkiye’de halihazırda 12 lojistik merkez faaliyet göstermekte, 2030 yılına kadar 25 lojistik merkezin ve 2053 yılına kadar 30 lojistik merkezin işletmede olması planlanmaktadır. Sektörün sanayi, ticaret, ulaşım ve altyapı faaliyetleri gibi bileşenleri itibarıyla etki edeceği sürdürülebilirlik temelinde çevresel, sosyal ve ekonomik faktörler önem kazanmaktadır. Bu çalışmada LOPCOW-GRA modeliyle Türkiye’de sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yer seçimi amaçlanmaktadır. Sürdürülebilir lojistik merkezi yeri seçiminde çevresel, sosyal ve ekonomik kriterlerin yanında, endüstri, ticaret ve hizmetin mevcut şartlarına göre ticaret potansiyeli, ulaşım ağları, arazi ve altyapı kriterleri göz önünde bulundurularak 39 kriter kullanılmıştır. Alternatif olarak planlama, proje ve tasarım aşamasında olan 8 farklı lojistik merkez ve Batı Karadeniz’de lojistik merkez potansiyeli olduğu düşünülen 4 farklı lojistik merkez lokasyonu seçilmiştir. LOPCOW-GRA modeline göre sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkez yeri seçiminde Konya-Kayacık, Kayseri-Boğazköprü, Zonguldak-Çaycuma ve Bilecik-Bozüyük ilk 4 sırada yer almıştır. Kullanılan modele göre demiryoluna yakınlık en önemli kriterdir. Lojistik merkezlerin uygun yerlerde konumlandırılmasıyla emisyonlar, hava kirliliği, trafik sıkışıklığı ve gürültü, enerji kaynaklarının azalması/tükenmesi gibi çeşitli zararların en aza indirilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler : Lojistik Merkezi Yer Seçimi, Sürdürülebilirlik, LOPCOW, Gri İlişkisel Analiz.

JEL Sınıflandırılması : C44, F10, M10, Q01

¹ Millî Eğitim Bakanlığı, ummuhan7478@gmail.com, ORCID: 0009-0000-0491-957.

Atf/Citation (APA 6):

Karahaliloğlu, Ü. (2025). Lopcow-gri ilişkisel analiz modeliyle sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yer seçimi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 858–874. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1621571>.

LOGISTICS CENTER LOCATION SELECTION BASED ON SUSTAINABILITY WITH LOPCOW-GRAY RELATIONAL ANALYSIS MODEL

Abstract

In Turkey, 12 logistics centers are currently operating, and it is planned to operate 25 logistics centers by 2030 and 30 logistics centers by 2053. Environmental, social and economic factors gain importance on the basis of sustainability, which will be affected by the components of the sector such as industry, trade, transportation and infrastructure activities. This study aimed to choose a logistics center location on the basis of sustainability in Turkey with the LOPCOW-GRA model. In the selection of sustainable logistics center location, 39 criteria were used considering the trade potential, transportation networks, land and infrastructure criteria according to the current conditions of industry, trade and service, as well as environmental, social and economic criteria. As alternatives, eight different logistics centers in the planning, project, and design stages and logistics center locations in four different locations in the Western Black Sea region, which are considered to have logistics center potential, were selected. According to the LOPCOW-GRA model, Konya-Kayacık, Kayseri-Boğazköprü, Zonguldak-Çaycuma, and Bilecik-Bozüyük were ranked in the top five in the selection of logistics center location on the basis of sustainability. In this model, proximity to the railway was found to be the most important criterion. It is thought that various damages such as air pollution, emissions, traffic congestion and noise, and decrease/depletion of energy resources can be minimized by locating logistics centers in appropriate places.

Keywords : Logistics center location selection, Sustainability, LOPCOW, Gray Relational Analysis

JEL Classification : C44, F10, M10, Q01

GİRİŞ

Taşımacılık, depolama ve dağıtım gibi lojistik faaliyetler, dünya ticaret tarihinde birçok değişiklikle karşı karşıya kalmış, bunlara ait tüm alt sistemler, endüstriyel devrimlerden, yeni teknolojilerden ve iş hizmetleri gibi gelişmelerden etkilenmiştir (Yavas ve Ozkan-Ozen, 2020:2). Sürekli artan nüfus, büyüyen ekonomi ve artan işlemler, küresel düzeyde sanayi alanında yaşanan gelişmeler ve öngörülemez teknolojik değişim, ülkeleri topluma uyan gelişmiş bir lojistik sistemi uygulamaya itmektedir (Yazdani vd., 2020:1). Üretilen bir mal veya hizmetin üreticiden nihai tüketiciye ulaştırılması sürecinde gerçekleştirilen aktiviteleri kapsayan lojistik, aynı zamanda multidisipliner alanları ve buna göre değerlendirme yapılmasını kapsamaktadır (Yıldız vd., 2021:834). Lojistik, üretim süreci, fabrikalar, antrepolar, toptancılar, perakendeciler ve tüketiciler yoluyla tedarikçiden depoya, kaynakların, finansın, bilginin, depolamanın ve bunların iki yönlü nakliyesinin optimize edilmesi faaliyetlerini gerçekleştirir (Bui ve Nguyen, 2021:89). Diğer yandan AB, UNECE, OECD ve çeşitli uluslararası otoriteler tarafından da kullanılan ve Europlatforms tarafından tanımlanan lojistik merkezi “belirlenmiş bir alanda hem ulusal hem de uluslararası transit için malların nakliyesi, lojistiği ve dağıtımını ile ilgili tüm faaliyetlerin çeşitli operatörler tarafından ticari olarak yürütüldüğü bir merkez” olarak açıklanabilir (Yazdani vd., 2020:3). Yerli ve yabancı yatırımcıların bölgesel ve uluslararası bir alanda etkin bir şekilde kullanabileceği lojistik merkezlerin performansı yüksek olduğunda getirisi ve verimi yüksek olur (Paçacı vd., 2022:943). En uygun lojistik merkez konumu seçildiğinde, nakliye maliyetleri azalır ve iş performansı, rekabet gücü ve karlılık artar (Pamuçar ve Božanić, 2019:55). Lojistik tesislerin hem teorik detaylandırılmasının hem de pratik yerleşiminin yetersiz düzeyi, bu sorunu çözmek için mevcut yöntemlerin araştırılmasını ve ardından bölgenin çekiciliğinin kapsamlı bir değerlendirmesine dayalı olarak lojistik merkezlerin yerlerinin seçilmesine yönelik yöntemlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (Śladkowski vd., 2020:119).

Lojistik merkezler lojistik faaliyetleri şehirden kırsala kaydırma ve demiryolları gibi çevresel ulaşım modüllerini kullanması sebepleriyle ulaşımdan kaynaklanan kirliliği, iklim değişikliği, trafik sıkışıklığı ve karbon emisyonunu azaltmada sürdürülebilirlik hedeflerine doğrudan katkı

sağlamaktadırlar (Ulutaş vd., 2020: 4693). Çevresel kaynakların ve enerjinin verimli kullanılması, karbon salınımının azaltılması ve biyoçeşitliliğin korunması sürdürülebilirliğe önemli değerler katmaktadır (Koçak, 2020:545). Elektrik ve ısı üretiminin karbondioksit emisyonlarının ana kaynakları olduğuna inanılsa da ilgili faaliyetlerle çok sayıda diğer kirleticilerin çevreye karışmasının yanında önemli miktarda karbondioksit salınımı yapan hem sıvı hem de fosil yakıtları büyük miktarda tükettiğinden, lojistik sektörü de yalnızca taşımacılık faaliyetleri değil aynı zamanda depolama ve elleçleme süreçleri nedeniyle de önemli miktarda emisyonlara katkıda bulunur (Sun vd., 2019:2). Avrupa'daki yaklaşık 240 lojistik merkezden toplamda 25.891 Hektar alanda 2400 nakliye şirketine hizmet verilmektedir. Türkiye'de ise 2006 yılından itibaren başlayan lojistik merkez çalışmaları, yoğunlukla kamu kaynaklarıyla yürütülmüş, az da olsa özel sektör tarafından projelendirme ve planlama çalışmaları yapılmıştır. Faaliyette bulunacak lojistik merkezlerin yerlerinin uygun lokasyonlarda seçilmesi için birçok yönden ele alınması, fizibilite çalışmaları yapılması ve eldeki bulgulara göre seçilmeleri beklenir. Lojistik merkezlerin yeri seçilirken, bugünün gereksinimlerini gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetine zarar vermeden karşılayabilecek gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda sürdürülebilirlik için önemli bir adım atıldığı düşünülür. Sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda kurulacak lojistik merkezlerin yalnızca ekonomik ve fiziksel ihtiyaçlara göre değil aynı zamanda çevresel etkileri minimize edecek, sosyal faydayı artıracak ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını göz ardı etmeyecek şekilde çok boyutlu bir değerlendirme ile planlanması gerekir. Böylece sürdürülebilir lojistik merkez yer seçiminde sürdürülebilirlik bileşenleri olan çevresel, sosyal ve ekonomik göstergelerin dengeli bir biçimde göz önünde bulundurulması hem karar vericilerin hem de toplumun çıkarlarını gözetken kapsayıcı bir yaklaşımı zorunlu kılar. Lojistik merkezler için asıl olan sadece yerleşim yerlerinin dışındaki bölgelerde inşa edilmesi değil, aynı zamanda yeşil altyapı entegrasyonu, yenilenebilir enerji kullanımı ve lojistik akışların çevresel etkilerini azaltacak operasyonel planlamaların da değerlendirilmesi, bu yapıların sürdürülebilirlik açısından işlevsel kılınması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma Türkiye bağlamında sürdürülebilir lojistik merkez yer seçimi için özgün bir metodolojik yaklaşım sunmakta, çok kriterli karar verme yöntemlerinden LOPCOW ve GRA'nın entegrasyonu yoluyla çevresel, sosyal ve ekonomik boyutların birlikte ele alındığı sistematik ve objektif bir değerlendirme ortaya koymaktadır.

Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için veri setinden kriter ağırlığı belirlemeye olanak sağlayan objektif bir yöntem olarak, kriterler arasındaki verilerin boyutundan kaynaklanan boşluğu ortadan kaldırma ve daha makul ağırlıklandırmalar oluşturma iddiasıyla oldukça yeni bir yöntem olarak literatüre tanıtılan LOPCOW yöntemi kullanılmıştır. Ölçüm değerlerinde belirsizlik olduğu durumda, karar vericilerin karmaşık görüşleri varlığında, referans serilerin diğer serilere göre ilişkisi dikkate alınmak istendiğinde, alternatiflerden sağlam indeks puanları üretme ve bunları karşılaştırma isteğiyle alternatiflerin belirlenen kriterlere göre değerlendirilmesi için Gri İlişkisel Analiz (GİA-GRA) yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan modelin hem yöntemleri hem analizleri hem de konuyu sürdürülebilirlik açısından ele alması itibarıyla orijinal bir çalışma olduğu söylenebilir.

Çalışma kapsamında aşağıdaki soruların cevaplandırılabilceği düşünülmektedir.

- Sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yer seçiminde hangi kriterlerin kullanılması uygun olur?
- Kamu otoritelerince planlanan ve bu çalışmada tavsiye edilen lojistik merkez yerlerinden en uygun olanı/olanları hangisidir?
- LOPCOW-GRA modelinin sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yer seçiminde kullanılmasının farkı ve faydası nelerdir?

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde belirlenmiştir. Literatür taraması kısmında son yıllarda lojistik merkezi konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Materyal ve yöntemler bölümünde çalışmada kullanılması uygun görülen kriterler ve alternatifler açıklanmış, ardından LOPCOW ve GRA yönteminin uygulama aşamaları yöntemlerin literatürüyle birlikte ifade edilmiştir. Bulgular ve tartışma bölümünde Türkiye'de planlanan ve bu çalışmada tavsiye edilen lojistik merkezlerin sürdürülebilirlik temelinde değerlendirmeleri yapılmış ve literatürdeki lojistik merkezi yer seçimi çalışmalarıyla karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuç bölümünde, bulgulara göre değerlendirmeler yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

I. LİTERATÜR TARAMASI

Bir lojistik sisteminin kilit düğümü olarak lojistik merkezinin en uygun konumu, lojistiğin verimliliğini ve maliyetini etkileyen tüm lojistik sistemlerin yapısal yerleşimini belirlemekte ve sistemin tümünü etkilemektedir. Dünyanın birçok yerindeki araştırmacılar, lojistik merkezleri ve tesislerinin konumu üzerine çalışmalar yürütmüş, teorik ve uygulamalı değeri olan bir dizi optimizasyon modeli ve algoritması ortaya koymuşlardır (Huang vd., 2022:1). Literatürde lojistik merkezlerle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Pamuçar ve Božanić, (2019) Sırbistan’da 8 alternatif arasından 9 kritere göre bir multimodal lojistik merkezi geliştirilmesi için yer seçimini SVNN-MABAC yöntemiyle gerçekleştirmiştir. Bulguları WASPAS, VIKOR, TOPSIS ve CODAS yöntemleriyle karşılaştırmıştır. Kazançoğlu vd. (2020) sürdürülebilir lojistik merkezi yer seçiminde bulanık AHP-PROMETHEE yöntemlerini kullanmış, 3 ana kriter altında 7 kritere göre 4 alternatif konumun değerlendirmesini yapmıştır. Özdemir vd. (2020) Türkiye’de 6 lojistik merkezi 11 kritere göre AHP ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirmiştir. Özmen vd. (2020) Türkiye’de Batı Akdeniz bölgesinde yer alan 5 farklı alanda turizm lojistik merkezi yeri seçimini 6 kriteri dikkate alarak AHP yöntemiyle kriter ağırlıklarını en uygun yeri belirlemiştir. Özmen ve Aydoğan (2020) lojistik merkezi yer seçiminde BWM-EDAS yöntemlerini kullanmış, 9 kriter ve 44 alt kriterin ağırlıklarını BWM yöntemiyle belirlemiş ve 6 farklı yeri EDAS yöntemiyle değerlendirmiştir. Ślaskowski vd. (2020) Kazakistan’da lojistik merkezi bölgesi inşaat yeri seçimi için AHP yöntemiyle 13 kritere göre 14 bölgenin önemlerini hesaplamıştır. Ulutaş vd. (2020) bulanık SWARA ve COCOSO yöntemleriyle Sivas ilinde 12 alternatif yeri 11 kritere göre lojistik merkez yapılabilirliği açısından değerlendirmiştir. Kriterlerden sanayi bölgesine yakınlık (%49,3) ilk sırada, otoyola yakınlık (%25) ikinci sırada bulunmuştur. Yang vd. (2020) Chongqing uluslararası lojistik merkezinin ihracat konteyner yükleri, uluslararası taşıma seviyesi, endüstri çeşitliliği ve katkı oranı açısından Çin-Avrupa Demiryolu ekspresinin gelişimine etkisini araştırmıştır. Yavas ve Ozkan-Ozen (2020) endüstri 4.0 çağında lojistik merkezler için önerilen bir çerçeveyi incelemiştir. Geleneksel lojistik merkezlerle yeni lojistik merkezleri belirlenen 4 ana kategoride Bulanık DEMATEL yöntemiyle değerlendirilen 12 kritere göre lojistik merkez 4.0 için bir çerçeve önermektedir. Yazdani vd. (2020) İspanya Endülüs’de en uygun lojistik merkezi yerini bulmak için BWM ve MABAC yöntemlerine göre 8 alternatifi 9 kritere göre karşılaştırmıştır. Kişi başına düşen gelir %26 ağırlıkla ilk sırada bulunurken Malaga en uygun alternatif olarak bulunmuştur. Du vd. (2021) askeri lojistik merkezi yer seçimi üzerine yaptığı araştırmada 20 birliğin konuşlanacağı en uygun konum için genetik algoritma temelli 3 yerin durumunu değerlendirmiştir. Yıldız vd. (2021) Kemalpaşa lojistik merkezi örneğinde ulaşım ağlarının lojistik merkezi yer seçimine etkisini incelemiştir. Yu vd., (2021) lojistik merkez yer seçiminde bulanık genişletilmiş AHP yöntemiyle 9 kriterin ağırlıklarını ve 3 yerin önemini belirleyerek en uygun yeri seçmiştir. Çavuşoğlu vd. (2022) lojistik merkezlerin geliştirilmesi için belirlenen kriterleri bulanık AHP yöntemiyle değerlendirmiştir. Nitel araştırma yöntemlerinden içerik analizi kullanılarak 14 uzmanla görüşülmüş, 8 kriter belirlenmiş, kriterler 18 uzmanın görüşüne göre AHP yöntemiyle önceliklendirilmiştir. En önemli kriter olarak konum, ardından ise pazar koşulları bulunmuştur. Dyczkowska ve Reshetnikova (2022) Ukrayna’daki lojistik merkezlerin gelişiminin mevcut durumunu analiz etmiş, Lviv’de bölgesel bir lojistik merkezi oluşturarak bölgenin malzeme akışlarını lojistik temelinde optimize etmek için öneriler geliştirmiştir. Huang vd. (2022) Parçacık Sürü Optimizasyonuna dayalı bölgesel lojistik merkezi yer seçimi üzerinde çalışmıştır. Alan, talep ve sabit maliyetlere göre 40 alternatifi değerlendirilmesi MATLAB programı kullanılarak yapılmıştır. Paçacı vd. (2022) lojistik merkezi yer seçiminde kullanılması düşünülen 7 kriterin ve 27 alt kriterin önemlerini AHP yöntemiyle bulmuştur. Ekonomi kriteri %24,27 ile ilk sırada, ardından coğrafi konum %21,66 ile ikinci sırada bulunmuştur. Şengül ve Şengül (2022) Türkiye’de etüt ve planlama aşamasında olan 5 lojistik merkezin yatırım önceliklerinin belirlenmesinde 17 kriter kullanmış ve en uygun yer seçimi için bulanık Entropi ve COPRAS yöntemini kullanmıştır. En önemli dört kriter limana yakınlık, dış ticaret potansiyeli, taşıma modu sayısı ve demiryoluna yakınlık olarak bulunmuştur.

Sadece son yıllarda (2019-2022 yılları arası) lojistik merkezleri konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde oldukça fazla sayıda çalışmaya rastlanılmış, konunun çok kriterli karar verme (ÇKKV)

yöntemleriyle oldukça yoğun bir şekilde ele alındığı görülmüştür. Ancak literatür taramasında LOPCOW-GRA yöntemini lojistik merkezi yer seçiminde kullanan bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu sebeplerle kriterleri ağırlıklandırmada objektif verileri kullanan LOPCOW yöntemi ve ölçüm değerlerinde karar vericilerin subjektif görüşleri yani kesin olmayan ölçüm durumlarının varlığında kullanılan GRA yöntemiyle oluşturulan model bu çalışmada kullanılmıştır.

II.MATERYAL VE YÖNTEMLER

Lojistik merkezi yer seçiminde kullanılan çalışmalar incelendiğinde en azı 3 kritere ve en fazlası 44 kritere göre değerlendirme yapıldığı gözlenmiştir. Bu çalışmada ise detaylı bir kriter belirleme sürecine girilmeden literatürde bulunan çalışmalardan sürdürülebilirlik temelinde yapılanları incelendiğinde, Pekaya ve Keleş (2022) tarafından lojistik merkez yer seçimi çalışmasından alınan toplam 39 alt kriterin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kriterler ana ve alt kriterler ayırımına gitmeden bir bütün halinde ve açıklamaları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışmada kullanan kriterler

Kodu	Kriter	Açıklaması	Yön
C1	İthalat hacmi	Dış ticaret potansiyeli (ildeki ithalat miktarı)	mak
C2	İhracat hacmi	Dış ticaret potansiyeli (ildeki ihracat miktarı)	mak
C3	Faaliyet gösteren firma sayısı	İldeki kurumlar vergisi mükellefi sayısı	mak
C4	Lojistik faaliyetlerin yeterliliği	İldeki ürün, bilgi ve hizmetlerin hedeflerine ulaştırılması	mak
C5	Beklenen ticaret kapasitesi	Lojistik merkezin bölgeye sağlayacağı ticaret potansiyeli	mak
C6	Taşıma modu sayısı	İldeki kullanılan taşıma modu sayısı	mak
C7	Denizyolu	Yerin limana yakınlığı	min
C8	Demiryolu	Yerin demiryolu istasyonuna yakınlığı	min
C9	Karayolu	Yerin anayola yakınlığı	min
C10	Havayolu	Yerin havaalanına yakınlığı	min
C11	Arazi yapısı	Arazinin eğimli olup olmaması/düz-dağlık olması	min
C12	Toplam alanı	Kurulacak yerin toplam alanı	mak
C13	Doğalgaz maliyeti	Altyapı imkânları (doğalgaz maliyeti)	min
C14	Kanalizasyon ve şebeke suyuna erişim oranı	Altyapı imkânları (Su maliyeti)	mak
C15	Kişi başı elektrik tüketimi	Altyapı imkânları (elektrik maliyeti)	mak
C16	İnternet abone sayısı (yüz kişide)	Altyapı imkânları (internet imkânı)	mak
C17	Genişleme imkânı	Gelecekte arazinin genişleme durumu	mak
C18	Depolama ve stok alanı	Kurulacak yerdeki depolama ve stok alanı	mak
C19	Hizmetin sunulacağı pazarın genişliği ve pazar payı	Pazar fırsatları (hizmetin sunulacağı pazarın genişliği ve pazar payı)	mak
C20	Pazara yakınlık	Pazar fırsatları (hizmetin sunulacağı pazara yakınlık)	mak
C21	Pazarın büyüme potansiyeli	Pazar fırsatları (hizmetin sunulacağı pazarın büyüme potansiyeli)	mak
C22	Pazar karlılığı	Pazar fırsatları (hizmetin sunulacağı pazar karlılığı)	mak
C23	Devlet teşviki	İlin teşvik seviyesi	mak
C24	Arazi maliyeti	İldeki birim metrekare arazi fiyatları	min
C25	Taşıma maliyeti avantajı	Teslim şekline göre yakıt, navlun, sigorta vb.	mak
C26	Entelektüel sermaye	Rekabet (entelektüel sermaye (insan sermayesi, yapısal sermaye, müşteri sermayesi))	mak
C27	Rakiplere uzaklık	Rekabet (en yakın lojistik köye uzaklık)	min
C28	Trafik yoğunluğu	İldeki trafik yoğunluğu	min
C29	Katı atık bertarafı	Katı atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde toplanma imkânı ve bertarafı	mak
C30	Sürdürülebilirlik duyarlılığı	Lojistik faaliyetlerin çevreye verdiği etkiye çevre halkının duyarlılığı	mak
C31	Ortalama sıcaklık	İklim şartları (ildeki ortalama sıcaklık)	ort
C32	Ortalama yağış	İklim şartları (ildeki ortalama yağış miktarı)	ort
C33	Sıcaklıktaki değişkenlik	İklim şartları (ilde yaşanan sıcaklıktaki değişkenlik)	ort
C34	Gürültü seviyesi	İldeki algılanan gürültü oranı	min
C35	Yaşam kalitesi	İldeki insanların yaşamı, refahı vb.	mak
C36	İş iklimi	İldeki istihdam, işsizlik, günlük kazanç, iş memnuniyeti	mak
C37	Kalifiye personel varlığı	İldeki mühendis ve teknisyen sayısı	mak
C38	Eğitim	İldeki eğitim durumu/+15 eğitim görenlerin sayısı	mak
C39	Nüfus Yoğunluğu	İldeki nüfus yoğunluğu	mak

Çalışmada kullanılan kriterler öncelikle kapsamlı bir literatür araştırmasıyla lojistik, nakliye, depolama, gümrükleme ve kamu sektörü alanlarındaki uzmanlarla nitel bir kıyaslama çalışması

yapılarak 46 uzmanın görüşüne göre belirlenmiştir (Pekkaya ve Keleş, 2022). Kriterleri belirlenen karar probleminde alternatifler için Türkiye’de proje, planlama ve yapım aşamasında olan 8 lojistik merkeze (Bilecik, Bitlis, Kayseri, Konya, Kars, Mardin, Sivas ve Şırnak) ek olarak lojistik merkez potansiyeli yüksek olduğu düşünülen Batı Karadeniz’de 4 alternatif lojistik merkezi yeri (Zonguldak-Çaycuma, Karabük-Eskipazar, Bolu-Gerede ve Düzce-Merkez) belirlenmiştir.

Kriter ağırlıklarını belirlemek için kullanılan LOPCOW (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting) yöntemi literatüre Ecer ve Pamucar (2022) tarafından kriterler arasındaki verilerin boyutundan kaynaklanan boşluğu ortadan kaldırma ve daha makul ağırlıklandırmalar oluşturma iddiasıyla ortaya atılmıştır (Keleş, 2022). Yöntemin çözüm aşamaları 3 adımda oldukça kolay bir şekilde açıklanabilir (Ecer ve Pamucar, 2022:4-5; Bektaş, 2022:255-256).

Adım 1: Belirlenen karar matrisi kriterlerin fayda-maliyet özelliklerine göre veya ortalama (x_j^0) bir değere göre normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \text{ Fayda} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \text{ Maliyet} \quad (2)$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{|x_{ij} - x_j^0|}{\max (x_{ij} - x_j^0)} \text{ Referans} \quad (3)$$

Adım 2: Normalize matris değerleri kullanılarak kriterlerin ayrı ayrı yüzde değerleri (PV) bulunur.

$$PV_{ij} = \left| \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}{m}}}{\sigma} \right) 100 \right| \quad (4)$$

Adım 3: Nihai olarak her bir kriterin objektif ağırlığı hesaplanır.

$$w_j = \frac{PV_{ij}}{\sum_{i=1}^n PV_{ij}} \quad (5)$$

LOPCOW yöntemi kısa, basit ve kolay hesaplanabilir olması sebebiyle literatürde yeni bir yöntem olmasına rağmen çeşitli çalışmalarda uygulama alanı bulmuştur. LOPCOW yöntemi, sigorta sektörü performansını değerlendirmede (Bektaş, 2022), firma performansının araştırılmasında (Biswas vd., 2022a), firmaların satış ve operasyonel performanslarını karşılaştırmada (Biswas vd., 2022b), bilgi ve iletişim teknolojilerinin değerlendirilmesinde (Demir, 2022) illerin sağlık performansını değerlendirmede (Keleş, 2023) başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

Gri ilişkisel analiz (GRA-gray relational analysis) yönteminin temeli Deng (1982) tarafından gri sistem teorisi olarak disiplinler arası bir yaklaşımla ortaya atılmıştır. Gri sistem teorisinde siyah sistem hiçbir bilginin olmadığını, beyaz sistem ise tüm bilgilerin var olduğunu gösterir. Bununla birlikte gri sistem, siyah ve beyaz sistemler arasındaki kısmi bir bilgi olarak ifade edilir (Koçak, 2020:548; Khan vd., 2020:3904; Singh vd., 2023:10). GRA, tanımlanan sistemin referans serisi ile karşılaştırma serisi arasındaki mesafenin ölçüldüğü, karar vericilerin yeterli deneyime sahip olmadığı ve sınırlı miktarda verinin mevcut olduğu durumlarda sağlam çözümler üretme gücüne sahip bir yöntemdir (Canbulut vd., 2021:2). Bu çalışmada alternatiflerden bazılarında ait verilerin eksik olması, kriterler arasında karmaşık ilişkilerin varlığı, verilerin örtük/sınırlı bilgiyle elde edilebildikleri, güvenilir çözümler üretme gücüne sahip bir yöntem olması ve bulanık yöntemlere alternatif oluşturması sebepleriyle GRA yöntemi tercih edilmiştir.

GRA yöntemi hesaplamaları verilerin normalleştirilmesi, ilişkisel katsayının hesaplanması ve korelasyonların hesaplanması olmak üzere genel olarak 3 aşamada yapılabilir (Chen ve Lee, 2019:1510; Koçak, 2020:548-550; Canbulut vd., 2021:4-5; Derse, 2022:5).

Adım 1: Karar matrisi oluşturulur, daha büyük, daha küçük ya da nominal değerün uygun olanına göre referans serileri belirlenir, alternatiflerin kriter değerleri normalize edilir;

$$\chi_i(k) = \frac{\chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}, \text{ daha büyük daha iyi} \quad (6)$$

$$\chi_i(k) = \frac{\max \chi_i^0(k) - \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}, \text{ daha küçük daha iyi} \quad (7)$$

$$\chi_i(k) = 1 - \frac{|\chi_i^0(k) - \chi^0|}{\max \chi_i^0(k) - \chi^0}, \text{ nominal değer daha iyi} \quad (8)$$

Adım 2: Gri ilişki katsayısı referans seri ile alternatif seri arasındaki benzerliğin göstergesi olarak hesaplanır. Bu aşamada, sapma dizisi de hesaplanır.

$$\Delta_{oi}(k) = |\chi_0^*(k) - \chi_i^*(k)| \quad (9)$$

$$\varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{oi} + \xi \Delta_{\max}} \quad (10)$$

Adım 3: Gri ilişki derecesi (GRG) katsayıları bulunur. Kriterlerin ağırlığı eşit olması isteniyorsa (11), kriterler farklı ağırlık derecelerine sahipse (12) hesaplamaları yapılır.

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \quad (11)$$

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \sum_{k=1}^n w_i(k) \cdot \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \quad (12)$$

Gri ilişki dereceleri, alternatifleri referans serinin benzerliğine göre sıralamak için kullanılmaktadır. Daha yüksek GRG değeri ideal serilerle daha yüksek benzerlik olduğunu ve amaca en yüksek derecede sahip olanı ifade eder.

GRA yöntemi literatürde çeşitli çalışmalarda; binalar için elektrik tüketimi tahmininde (Chen ve Lee, 2019), OECD ülkelerinde yeşil büyüme dinamiklerinin incelenmesinde (Koçak, 2020), tornalama amaçlı materyal işleme parametrelerinin optimizasyonunda (Khan vd., 2020), toplu ulaşım aracı seçiminde (Canbulut vd., 2021), karbon emisyonu yakalama, kullanma ve depolama yeri seçiminde (Derse, 2022) kullanılmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sürdürülebilirlik temelinde alternatif lojistik merkezleri değerlendirebilmek için öncelikle kriter ağırlıkları belirlenir (bu çalışmada Ms Excel kullanılmıştır). Kriter ağırlıklarını belirlemek için kriterler arasındaki verinin boyutu sorununu ortadan kaldırmayı hedefleyen ve oldukça yeni bir yöntem olan LOPCOW yöntemi kullanılmıştır. LOPCOW yöntemi hesaplamalarında kullanılan kriterlerin alternatiflere göre aldıkları değerleri gösteren karar matrisi oluşturulmuş ve değerleri Ek-1’de sunulmuştur. Diğer yandan hesaplamalar yapıldığında (Eşitlik 2, 3, 4 ve 5 kullanılarak) PV değerleri ve kriter ağırlıkları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kriterlerin ağırlıkları

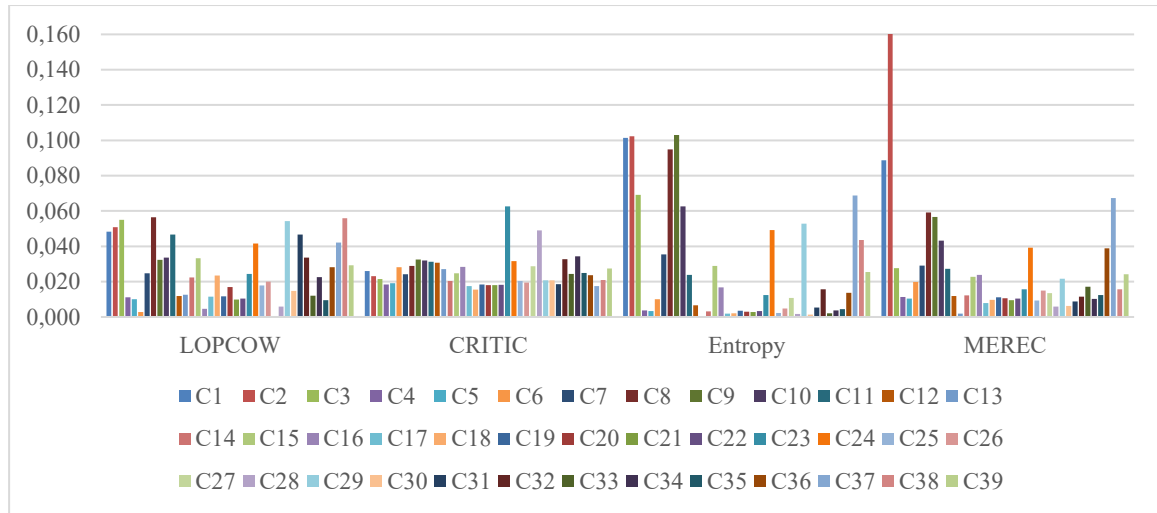
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	
PV	37,657	39,709	42,894	8,737	7,805	2,146	19,326	44,111	25,231	26,244	36,438	9,319	9,890	
Ağırlık	0,048	0,051	0,055	0,011	0,010	0,003	0,025	0,057	0,032	0,034	0,047	0,012	0,013	
	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	
PV	17,523	25,930	3,666	8,921	18,352	9,123	13,202	7,779	8,184	18,974	32,409	13,959	15,580	
Ağırlık	0,022	0,033	0,005	0,011	0,024	0,012	0,017	0,010	0,010	0,024	0,042	0,018	0,020	
	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	Toplam
PV	0,360	4,540	42,422	11,469	36,385	26,303	9,430	17,604	7,390	22,043	32,900	43,693	22,912	780,557
Ağırlık	0,000	0,006	0,054	0,015	0,047	0,034	0,012	0,023	0,009	0,028	0,042	0,056	0,029	1,000

LOPCOW yöntemi hesaplamalarına göre 39 kriter arasından sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yeri seçiminde en yüksek ağırlığa sahip kriter C8-demiryoluna yakınlık kriteri (%5,7), ardından C38-eğitim kriteri (%5,6), üçüncü sırada C3-faaliyet gösteren firma sayısı kriteri (%5,5), dördüncü C29-katı atık bertarafı kriteri (%5,4), beşinci C2-ihracat hacmi kriteri (%5,1), altıncı C1-ithalat hacmi kriteri (%4,8) bulunmuştur. İlk altı sırada bulunan kriterler toplamda %32,1 ağırlıkla genel ağırlığın 1/3'üne denk gelmektedir. Diğer yandan kriter ağırlıkları aynı karar matrisi kullanılarak farklı objektif ağırlığı hesaplama yöntemlerine göre bulunmuş ve karşılaştırma için ağırlıklar Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. Farklı yöntemlere göre bulunan kriter ağırlıkları

	LOPCOW	CRITIC	Entropi	MEREC
C1	0,048	0,026	0,101	0,089
C2	0,051	0,023	0,102	0,162
C3	0,055	0,021	0,069	0,028
C4	0,011	0,018	0,004	0,011
C5	0,010	0,019	0,003	0,010
C6	0,003	0,028	0,010	0,020
C7	0,025	0,024	0,035	0,029
C8	0,057	0,029	0,095	0,059
C9	0,032	0,032	0,103	0,057
C10	0,034	0,032	0,063	0,043
C11	0,047	0,031	0,024	0,027
C12	0,012	0,031	0,007	0,012
C13	0,013	0,027	0,000	0,002
C14	0,022	0,020	0,003	0,012
C15	0,033	0,025	0,029	0,023
C16	0,005	0,028	0,017	0,024
C17	0,011	0,018	0,002	0,008
C18	0,024	0,016	0,002	0,010
C19	0,012	0,018	0,004	0,011
C20	0,017	0,018	0,003	0,011
C21	0,010	0,018	0,003	0,010
C22	0,010	0,018	0,003	0,010
C23	0,024	0,063	0,012	0,016
C24	0,042	0,032	0,049	0,039
C25	0,018	0,020	0,002	0,009
C26	0,020	0,019	0,005	0,015
C27	0,000	0,029	0,011	0,014
C28	0,006	0,049	0,002	0,006
C29	0,054	0,021	0,053	0,022
C30	0,015	0,021	0,001	0,006
C31	0,047	0,019	0,005	0,009
C32	0,034	0,033	0,016	0,011
C33	0,012	0,024	0,002	0,017
C34	0,023	0,034	0,004	0,010
C35	0,009	0,025	0,004	0,012
C36	0,028	0,024	0,014	0,039
C37	0,042	0,017	0,069	0,067
C38	0,056	0,021	0,044	0,016
C39	0,029	0,027	0,025	0,024
std	0,017	0,009	0,032	0,029
ort	0,026	0,026	0,026	0,026
d,k	65,732	35,015	126,365	113,937

LOPCOW yönteminin etkililiğini değerlendirmek için diğer objektif kriter ağırlığı belirleme yöntemlerinden CRITIC, Entropi ve MEREC yöntemleri kullanıldığında farklı sıralamalarda farklı kriter ağırlıkları bulunmuştur. Örneğin CRITIC yönteminde 1. sırada C23-devlet teşviki (0,063), 2. sırada C28-trafik yoğunluğu (%4,9), 3. sırada C34-gürültü seviyesi (%3,4) bulunmuştur. Her ne kadar da sürdürülebilirlik temelinde bir değerlendirme yapılmak istense de CRITIC yönteminde ilk sıralarda bulunan kriterler incelendiğinde ekonomiklikten oldukça uzak oldukları değerlendirilmiştir. Entropi yönteminde 1. sırada C9-karayoluna yakınlık (%10,3), 2. sırada C2-ihracat hacmi kriteri (%10,2), 3. sırada C1-ithalat hacmi kriteri (%10,1) bulunmuştur. LOPCOW yönteminde de ilk sıralarda bulunan bazı kriterler Entropi yönteminde de ilk sıralarda bulunduğu bir benzerliğin varlığına işaret edebileceği düşünülmektedir. Ancak Entropi yönteminde en yüksek ağırlığa sahip C9-karayoluna yakınlık (%10,3) kriteri ile en düşük ağırlığa sahip C13-doğalgaz maliyeti (%0,000) arasında en yüksek kriter ağırlığına sahip kriter kadar yani %10,3 fark vardır. Bunun yanında Entropi yönteminde ilk 9 sırada bulunan kriterlerin ağırlıkları %70,4 gibi bir rakamla oldukça yüksek bulunmuş ancak son 9 sırada bulunan kriter ağırlıklarının toplamı sadece %1,8 olarak neredeyse hiç ağırlık atanmamış gibi bulunmuştur. MEREC yönteminde ise 1. sırada C1-ithalat hacmi kriteri (%16,1), 2. sırada C2- ihracat hacmi kriteri (%8,88), 3. sırada C37-kalifiye personel varlığı (%6,73) bulunmuştur. MEREC yönteminde ilk 7 sırada bulunan kriterler %51,6 ağırlıkla kriter ağırlıklarının yarısından fazlasına denk gelmektedir. Bununla birlikte farklı yöntemlerin daha iyi analiz edilebilmesi için farklı kriter bulguları görsel olarak sunulabilir.

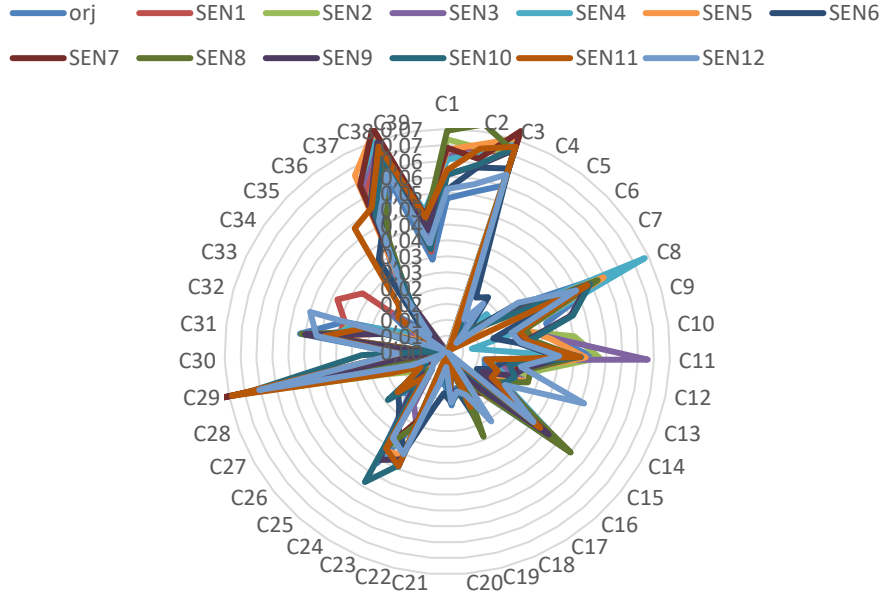


Şekil 1. Farklı yöntemlerin kriter ağırlıkları bulguları

LOPCOW, CRITIC, Entropi ve MEREC yöntemlerine göre bulunan ağırlıklar görsel olarak incelendiğinde daha iyi bir anlayışın ortaya çıkması sağlanabilir. Buna göre MEREC yönteminin ilk sıralarda yer alan bazı kriterlere oldukça yüksek değerler atadığı, Entropi yönteminin ya çok yüksek ya da çok düşük ağırlıklar bulduğu, CRITIC yönteminin ise ortalamaya yakın bulgular elde ettiği söylenebilir. LOPCOW yönteminde ise kriterlere ait verilerin boyutundan kaynaklı sorunun diğerlerine göre ortadan kaldırıldığı ifade edilebilir. Bunun bir diğer nedeni Tablo 3'ün son satırında ifade edilen standart sapmaya ve ortalamalara göre hesaplanan değişkenlik katsayısı (d.k.) hesabında LOPCOW (d.k. 65,732) yönteminin MEREC (d.k. 113,937) ve Entropi (d.k. 126,365) yönteminden çok daha iyi durumdan olmasından kaynaklanmaktadır. CRITIC yönteminin ise değişkenlik katsayısı daha düşük olmasına rağmen LOPCOW yönteminin hem ilk sıralarda bulunan kriterlerin özellikleri sebebiyle, hem de oldukça yeni bir yöntem olduğundan literatüre katkıda bulunmak için tercih sebebi olmasını sağlamıştır. Bunun yanında çalışmada kullanılan objektif kriter ağırlığı bulma yöntemleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir.

LOPCOW-Entropi ($r=0,740$) arasında pozitif kuvvetli derecede ilişki, LOPCOW-MEREC ($r=0,540$) arasında pozitif orta düzeyde ilişki tespit edilmiştir. Diğer bir önemli bulguda ise MEREC-Entropi ($r=0,824$) arasında pozitif kuvvetli derecede ilişki bulunmuştur.

Diğer taraftan çalışmada tercih edilen LOPCOW yöntemiyle bulunan ağırlıklarla birlikte 12 farklı senaryoya göre duyarlılık analizi yapılmıştır. Senaryo bulguları her bir alternatifi değerlendirme kapsamından çıkartılması ile elde edilmiştir. Buna göre Senaryo 1’de LM1 alternatifi değerlendirmeden çıkarılmış, Senaryo 2’de LM2 alternatifi değerlendirmeden çıkarılmış ve böylece devam ederek kriter ağırlıkları tekrar hesaplanmıştır. Elde edilen senaryo bulguları Şekil 2 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Farklı senaryolara göre LOPCOW yöntemi duyarlılık analizi

Farklı senaryo bulgularına göre C1, C2, C3, C29 ve C38 kriterlerinde yoğunlaşma olduğu, bu kriterlerin diğerlerinden daha fazla ağırlığa sahip oldukları ve göze çarptıkları izlenmektedir. Orijinal ağırlıklar ve 12 senaryoya göre elde edilen ağırlıkların ortalaması incelendiğinde C38 kriteri %6,7 ağırlıkla ilk sırada, ardından C3 kriteri %6,6, C29 kriteri %6,5, C2 kriteri %6,2, C1 kriteri %5,9 ve C8 kriteri %5,2 ağırlıkla ilk sıralarda bulunmuştur.

Bununla birlikte kriterlerdeki değişkenlik standart sapmaya ve ortalama göre hesaplandığında yine aynı kriterlerde değişkenliğin diğerlerine göre daha az olduğu saptanmıştır. Değişkenlik katsayıları C3 kriteri için 7,75, C38 kriteri için 7,98, C29 kriteri için 8,20, C2 kriteri için 9,01, C1 kriteri için 11,08 ve C8 kriteri için 12,39 bulunmuştur.

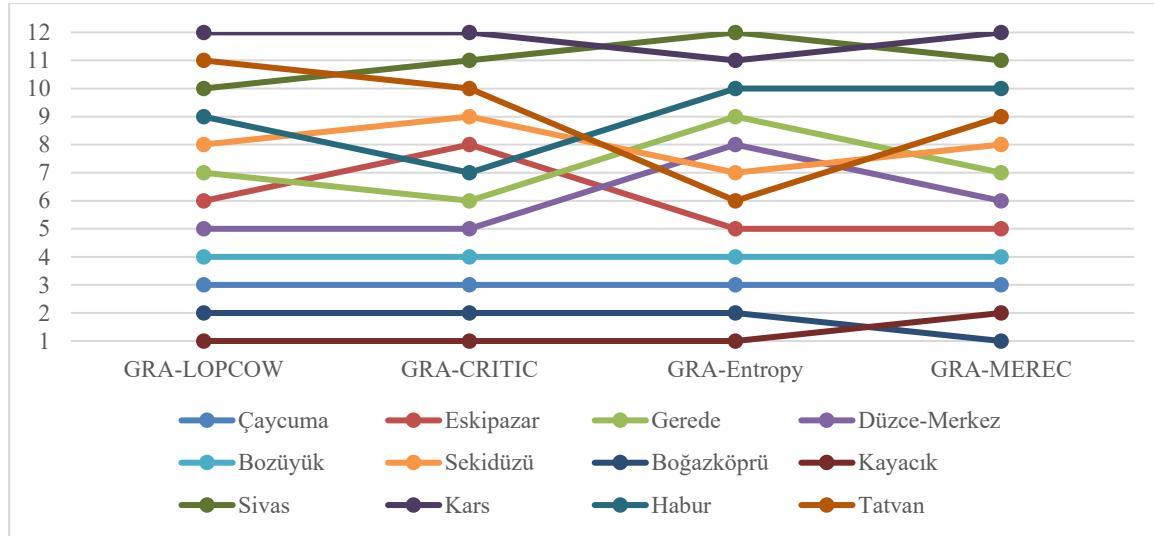
LOPCOW yönteminde bulunan orijinal ağırlıklarla senaryo bulguları karşılaştırma yapıldığında ilk sırada bulunan C8 kriteri hariç diğerleri için aynı sıralama ve yakın kriter ağırlıklarının elde edildiği söylenebilir. Bu durumda alternatiflerin teker teker değerlendirilmeden çıkarıldığı duyarlılık analizi bulgularına göre kriter ağırlığı hesaplamalarında çok fazla değişiklik olmayacağı düşünülmektedir.

Kriterlerin ağırlıkları LOPCOW yöntemine göre bulunduktan sonra alternatiflerin değerlendirilmesi GRA yöntemine göre yapılmıştır (Eşitlik 6, 7, 8, 9, 10 ve 12 kullanılarak). GRA yöntemine göre hesaplama aşamaları gerçekleştirildiğinde model bulgularının duyarlılığını ve sağlamlığını sınamak için farklı ağırlıklara göre elde edilen alternatif sıralamaları Tablo 4’de sunulmuştur.

Tablo 4. GRA yöntemine göre alternatiflerin sıralamaları

	Alternatif	GRG	GRA- LOPCOW	GRG	GRA- CRITIC	GRG	GRA- Entropi	GRG	GRA- MEREK
LM1	Çaycuma	0.655	3	0.671	3	0.709	3	0.690	3
LM2	Eskipazar	0.528	6	0.552	8	0.560	5	0.547	5
LM3	Gerede	0.523	7	0.558	6	0.511	9	0.513	7
LM4	Düzce-Merkez	0.549	5	0.574	5	0.516	8	0.524	6
LM5	Bozüyük	0.597	4	0.632	4	0.594	4	0.589	4
LM6	Sekidüzü	0.521	8	0.533	9	0.518	7	0.498	8
LM7	Boğazköprü	0.714	2	0.687	2	0.730	2	0.768	1
LM8	Kayacık	0.780	1	0.696	1	0.750	1	0.732	2
LM9	Sivas	0.503	10	0.521	11	0.478	12	0.484	11
LM10	Kars	0.480	12	0.521	12	0.482	11	0.470	12
LM11	Habur	0.516	9	0.555	7	0.508	10	0.488	10
LM12	Tatvan	0.497	11	0.528	10	0.537	6	0.491	9

LOPCOW-GRA yöntemi sıralamalarına göre sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yeri seçiminde ilk sırada LM8-Konya-Kayacık bulunmuştur. Ardından Kayseri-Boğazköprü, Zonguldak-Çaycuma ve Bilecik-Bozüyük gelmiştir. Bununla birlikte farklı kriter ağırlığı belirleme yöntemlerine göre alternatifler sıralanmış, ilk 4 sırada aynı alternatifler bulunmuştur. Alternatiflerin sıra değişimleri görsel olarak Şekil 3’de daha iyi incelenebilir.



Şekil 3. Farklı kriter ağırlıklarına göre alternatiflerin sıralamaları

GRA-LOPCOW bulgularına göre sıralamaların GRA-MEREC sıralamalarına daha çok benzerlik gösterdiği düşünülmektedir. Ancak LOPCOW-Entropi arasında kriter ağırlıkları açısından LOPCOW-MEREC arasından daha yüksek düzeyde ilişki tespit edilmişti. Bunun için farklı sıralamalar arasındaki korelasyonların incelenmesi faydalı olacaktır.

Tablo 5. Sıralamalar arasındaki korelasyonlar

	GRA-LOPCOW	GRA-CRITIC	GRA-Entropi	GRA-MEREC
GRA-LOPCOW	1			
GRA-CRITIC	,958**	1		
GRA-Entropi	,839**	,797**	1	
GRA-MEREC	,965**	,916**	,923**	1

Not: **p=0,01'de anlamlı.

GRA-LOPCOW modeliyle GRA-MEREC sıralaması arasında ($r=0,965$, en yüksek düzeyde) pozitif yüksek düzeyde ilişki bulunmuş, ardından GRA-LOPCOW modeliyle GRA-CRITIC arasında ($r=0,958$) yine yüksek düzeyde ilişki tespit edilmiştir. GRA-LOPCOW modeliyle GRA-Entropi arasında diğerlerine göre biraz daha düşük ($r=0,839$) ama yine yüksek düzeyde ilişki bulunmuştur. Ağırlıklar açısından LOPCOW-Entropi ($r=0,740$) yöntemlerinin LOPCOW-MEREC ($r=0,540$) yöntemlerine göre daha yüksek ilişkili bulunması ancak bunun sıralama sonuçlarına aynı şekilde yansımamasının sebebi GRA yönteminin özelliklerinin, referans serilerin diğer serilere göre ilişkisinin dikkate alınmasının, hesaplama aşamalarının, ölçüm değerlerinde belirsizlik ve sınırlı bilginin var olmasının farklılığından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Bulguların literatürle karşılaştırılmasının çalışmaya fark katacağı düşünülmektedir. Bunun için literatürde bulunan çalışmalar incelenmiş, Şengül ve Şengül (2022)'ün 5 lojistik merkezin değerlendirilmesi için kullandığı 17 kriterden üç farklı alfa kesme seviyesindeki ilk dört kriterin limana yakınlık, dış ticaret potansiyeli (ithalat-ihracat), taşıma modlarının sayısı ve demiryoluna yakınlık olduğundan mevcut çalışma bulgularıyla uyumlu olduğu söylenebilir. Paçacı vd. (2022), 7 kriterin ve 27 alt kriterin önemlerini AHP yöntemiyle değerlendirdiği çalışmada ekonomik ve coğrafi konum kriterlerinin ilk sıralarda bulunmasından dolayı kısmen benzer bulgular olduğu ifade edilebilir. Özdemir vd. (2020) 6 lojistik merkezi 11 kriter gere AHP ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirmiş, yük akış miktarları, ticaret koridorlarına yakınlık, karayolu, demiryolu ve limanlara yakınlık kriterleri diğerlerine göre daha önemli kriterler olarak bulunmuş, ancak 6 alternatiften 4'ünün aynı olmasına rağmen yakın sıralamalar elde edilmemiş, bu yüzden kısmen benzer bulgular olduğu söylenebilir. Elgün ve Aşıkoğlu (2016) çalışmasında 22 kriter kullanmış, karayolu, demiryolu ve denizyolu bağlantısı kriterleri diğerlerine göre daha önemli bulunduğundan, ayrıca benzer alternatifler üzerinden yapılan değerlendirmede birbirine yakın sıralama sonuçları gözlemlendiğinden mevcut çalışma bulgularıyla uyumludur denilebilir. Tomić vd. (2014) çalışmasında kullandığı 29 kriterden 11'inin mevcut çalışmayla benzerlik gösterdiği, bunlarla yapılan sınırlı karşılaştırmada devlet teşviki ve anayola yakınlık kriterlerinin daha önemli bulunduğu ancak diğer yakınlık kriterlerinin bunların ardından geldiği için kısmen de olsa benzer bulgular gözlenmiştir. Bununla birlikte diğer çalışmalarda farklı yapıdaki kriter özellikleri ve kriter sayıları itibarıyla ve kullanılan alternatiflerden dolayı karşılaştırma imkânı sağlanamamıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dünya nüfusu sürekli olarak arttığı gibi insanların da ihtiyaçları buna paralel olarak artmaktadır. Sınırlı kaynaklar arza yönelik talepleri sürekli olarak çeşitlendirmektedir. Günümüzde 8 milyar nüfusa ulaşan Dünya nüfusunun ihtiyaçlarını zamanında ve istenen şekilde karşılamak lojistiğin farklı unsurlarının biraya getirilmesi ile daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilir. Lojistik, üretilen bir mal veya hizmeti nihai tüketiciye ulaştırması görevinin yanında salt mal ve hizmet üretimiyle sınırlı kalmamakta, bu etkinlikleri yaparken gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetine zarar vermeden gerçekleştirilen işlemler sürdürülebilirliği önemli kılmaktadır. Taşıma, depolama, dağıtım, gibi faaliyetlerin tek bir tanımlanmış alanda bir arada yapıldığı lojistik merkezler insan ihtiyaçlarının hızlı bir şekilde karşılanmasının yanında ülke ekonomilerine de önemli kazançlar sağlamaktadır. Lojistik faaliyetlerin bir arada yapıldığı lojistik merkezler çevresel, sosyal ve ekonomik gereksinimlere göre şekillendirildiğinde sürdürülebilirlik açısından daha önemli bir yerde bulunabilirler. Bunun için bu

çalışmada LOPCOW-GRA modeliyle Türkiye’de sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yer seçimi yapmak amaçlanmıştır.

LOPCOW yöntemine göre sürdürülebilirlik temelinde lojistik merkezi yeri seçiminde 39 kriter arasından en yüksek ağırlığa sahip kriter demiryoluna yakınlık (%5,7), ardından eğitim (%5,6), üçüncü sırada faaliyet gösteren firma sayısı (%5,5), dördüncü katı atık bertarafı (%5,4), beşinci ihracat hacmi (%5,1), altıncı ithalat hacmi (%4,8) bulunmuş, ilk altı sıradaki kriterler toplamda %32,1 ağırlıkla genel ağırlığın yaklaşık 1/3’üne denk gelmiştir. Ağırlık itibarıyla ilk altı sırada bulunan kriterler arasında sosyal, çevresel ve ekonomik kriterlerin yer alması sürdürülebilirlik için önemli görülmektedir. Farklı objektif ağırlığı belirleme yöntemlerine göre karşılaştırmalar yapılmış, LOPCOW yöntemi için duyarlılık analizi gerçekleştirilerek bu yönüyle literatüre önemli katkılar sağlanmıştır. Ayrıca son yıllarda yapılan lojistik merkez çalışmaları geniş ve detaylı bir şekilde incelenerek, CRITIC, Entropi ve MEREC gibi ÇKKV yöntemleri kullanılarak ve kullanılan yöntemlerin istatistiksel olarak da incelenmesiyle literatüre katkıda bulunulduğu düşünülmektedir.

LOPCOW-GRA modelinde alternatif lojistik merkezler sürdürülebilirlik temelinde Konya-Kayacık, Kayseri-Boğazköprü, Zonguldak-Çaycuma ve Bilecik-Bozüyük olarak sıralanmıştır. Kayacık lojistik merkezinin ilk sırada bulunmasının sebebi ihracat, ticaret kapasitesi, demiryoluna yakınlık, toplam alanı, genişleme imkânı, pazar fırsatları gibi 13 kriterde en iyi değere sahip olması olarak açıklanabilir. Diğer yandan Boğazköprü lojistik merkezi 7 kriterde Kayacık’tan daha iyi durumda olsa da ikinci sırada bulunmuştur.

Bu bağlamda lojistik merkezi yeri seçimini sadece ekonomik anlamda düşünmeyip aynı zamanda sosyal açıdan ve çevresel faktörlere göre gerçekleştirmek gelecek nesillerin daha iyi bir çevre ve toplum bulmasını sağlayacaktır. Bu çalışmada daha önceden yürütücü kuruluş tarafından planlanan lojistik merkezlere ek olarak önerilen Çaycuma’nın 3. sırada, Düzcü’nin 5. sırada, Eskipazarı’nın 6. sırada, Gerede’nin 7. sırada bulunmasıyla ve diğer planlanan 5 yerden daha ön sıralarda bulunmalarıyla sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyele sahip oldukları gözden kaçırılmamalıdır. İleride yapılacak çalışmalarda faaliyette bulunan mevcut lojistik merkezlerin de planlanan yerler ile birlikte sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi önerilebilir. İleride bu çalışma kapsamında elde edilen bulguların başka ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Biswas, S., Bandyopadhyay, G., & Mukhopadhyaya, J. N. (2022a). A multi-criteria based analytic framework for exploring the impact of Covid-19 on firm performance in emerging market. *Decision Analytics Journal*, 5, 100143.
- Biswas, S., Bandyopadhyay, G., Pamucar, D., & Sanyal, A. (2022b). A decision making framework for comparing sales and operational performance of firms in emerging market. *International Journal of Knowledge-based and Intelligent Engineering Systems*, 26(3), 229-248.
- Bui, V. D., & Nguyen, H. P. (2021). A Systematized review on rationale and experience to develop advanced logistics center system in Vietnam. *Management*, 18, 89-101.
- Canbulut, G., Köse, E., & Arik, O. A. (2021). Public transportation vehicle selection by the grey relational analysis method. *Public Transport*, 1-18.
- Chen, H. Y., & Lee, C. H. (2019). Electricity consumption prediction for buildings using multiple adaptive network-based fuzzy inference system models and gray relational analysis. *Energy Reports*, 5, 1509-1524.
- Çavuşoğlu, D., Zorba, Y., & Esmer, S. (2022). A set of criteria for logistics center development: A fuzzy analytic hierarchy process. *Journal of ETA Maritime Science*, 10(1), 47-60.
- Demir, G. (2022). Bilgi ve iletişim teknolojisinin G8 ülkelerindeki gelişiminin değerlendirilmesi. *Journal of Business and Communication Studies*, 1(2), 165-179.
- Derse, O. (2022). CO2 capture, utilization, and storage (CCUS) storage site selection using DEMATEL-based Grey Relational Analysis and evaluation of carbon emissions with the ARIMA method. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Deng, J.L. (1982). Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, 5: 288-294.
- Dyczkowska, J. A., & Reshetnikova, O. (2022). Logistics centers in Ukraine: analysis of the logistics center in Lviv. *Energies*, 15(21), 7975.

- Du, J., Zhan, H., & Du, L. (2021, February). Research on site selection and algorithm of military logistics center. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1792, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*, 102690.
- Elgün, M. N., & Aşıkoğlu, N. O. (2016). Lojistik köy kuruluş yeri seçiminde topsis yöntemiyle merkezlerin değerlendirilmesi, *AKÜ İİBF Dergisi*, 18(1), 161-170.
- Huang, Y., Wang, X., & Chen, H. (2022). Location selection for regional logistics center based on particle swarm optimization. *Sustainability*, 14(24), 16409.
- Kazançoğlu, Y., Özbiltekin, M., & Özkan-Özen, Y. D. (2020). Sustainability benchmarking for logistics center location decision: An example from an emerging country. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(5), 1239-1260.
- Keleş, N. (2022). Adana ve Kayseri havalimanı performanslarının LOPCOW, COCOSO ve WASPAS yöntemleriyle karşılaştırılması. *2nd International Conference On Digital Business Management & Economics ICDBME-2022*, September 9-11, 2022, 320-321.
- Keleş, N. (2023). Türkiye'nin 81 ilinin sağlık performansının güncel karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (75), 120-141, <https://doi.org/10.51290/dpusbe.1134082>.
- Khan, M. A., Jaffery, S. H. I., Khan, M., Younas, M., Butt, S. I., Ahmad, R., & Warsi, S. S. (2020). Multi-objective optimization of turning titanium-based alloy Ti-6Al-4V under dry, wet, and cryogenic conditions using gray relational analysis (GRA). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106, 3897-3911.
- Koçak, D. (2020). Green growth dynamics in OECD countries: an application of grey relational analysis. *Grey Systems: Theory and Application*, 10(4), 545-563.
- Özdemir, S., Keskin, B., Eren, T., & Özcan, E. (2020). Türkiye'deki lojistik merkezleri yatırım önceliklerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar modeli önerisi, *Demiryolu Mühendisliği*, (12), 83-94.
- Özmen, K. A., Nurcan, E., & Köksal, C. D. (2020). The Selection of the tourism logistics center location with AHP: a west mediterranean application. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(4), 403-416.
- Özmen, M., & Aydoğan, E. K. (2020). Robust multi-criteria decision making methodology for real life logistics center location problem. *Artificial Intelligence Review*, 53, 725-751.
- Paçacı, B., Erol, S., & Çubuk, M. K. (2022). AHP application for logistics center location selection according to criteria. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(4), 943-952.
- Pamuçar, D., & Božanić, D. (2019). Selection of a location for the development of multimodal logistics center: Application of single-valued neutrosophic MABAC model. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(2), 55-71.
- Pekkaya, M., & Keleş, N. (2022). Determining criteria interaction and criteria priorities in the freight village location selection process: the experts' perspective in Turkey. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 34(7), 1348-1367.
- Singh, M., Rath, R., Antony, J., & Garza-Reyes, J. A. (2023). A toolset for complex decision-making in analyze phase of Lean Six Sigma project: a case validation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(1), 139-157.
- Sun, Y., Lu, Y., & Zhang, C. (2019). Fuzzy linear programming models for a green logistics center location and allocation problem under mixed uncertainties based on different carbon dioxide emission reduction methods. *Sustainability*, 11(22), 6448.
- Śladowski, A., Teltayev, B., & Izteleuova, M. (2020). Multi-criteria choice of the region for the construction of a logistics center based on AHP: case study for Kazakhstan. *Transport Problems*, 15(2), 119-131.
- Şengül, Ü., & Şengül, A. B. (2022). Fuzzy Entropy based COPRAS method in determining the investment priorities of logistics centers in survey and planning stage in Turkey. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 15(3), 964-986.
- Tomić, V., Marinković, D., & Marković, D. (2014). The selection of logistic centers location using multi-criteria comparison: case study of the Balkan Peninsula. *Acta Polytechnica Hungarica*, 11(10), 97-113.
- Ulutaş, A., Karakuş, C. B., & Topal, A. (2020). Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693-4709.
- Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135, 101864.
- Yang, Z., Sun, Y., & Lee, P. T. W. (2020). Impact of the development of the China-Europe railway express—a case on the chongqing international logistics center. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 136, 244-261.

- Yazdani, M., Muñoz-Ocaña, Y., Fernández-Rodríguez, V., & Torres-Jiménez, M. (2020). Logistics center location decision using a multi-attribute analysis structure. *In Sustainability Modeling in Engineering: A Multi-Criteria Perspective* (pp. 1-26).
- Yıldız, K., Yerlikaya, M. A., & Keskin, B. N. (2021). Evaluation of the effect of transport networks on the kemalpaşa logistics center in logistics site selection. *Politeknik Dergisi*, 24(3), 833-841.
- Yu, H., Wang, N., & Pan, J. (2021). Application of fuzzy extension analytic hierarchy process in location selection of logistics center. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1995, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.

Ek-1: Karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
LM1	1350582	471771	2636	5.55	5.73	4	17	6.1	0.20	4.30	1.00	620	1.04	64.60	4790	12.20	5.10	5.48	5.2	5.43
LM2	733438	367166	1246	4.83	5.20	2	144	14.8	0.20	132.00	3.70	275	1.22	75.90	6614	12.50	5.03	5.08	4.65	4.70
LM3	173379	144544	1997	5.18	5.45	1	122	53.4	0.20	110.00	2.80	320	1.20	70.10	3621	12.40	4.80	5.08	5.35	5.43
LM4	82215	109025	2409	5.80	6.03	1	88.8	80.8	0.20	191.00	0.90	320	1.25	59.80	2655	10.60	5.18	5.38	6.15	5.80
LM5	119226	101366	1073	5.38	5.73	2	147	9.8	0.20	97.20	1.50	654	1.20	80.30	8325	12.60	5.38	5.35	5.425	5.58
LM6	151829	905276	4542	3.25	3.38	3	531	7.9	6.00	8.30	0.80	404	1.25	84.00	1994	3.10	4.50	4.35	3.75	3.90
LM7	1340390	2362967	11248	6.53	6.75	3	303	0.2	1.50	20.70	1.50	676	1.22	96.50	2722	10.10	7.03	6.68	6.6	6.33
LM8	828158	1782997	17084	6.33	6.53	3	320	20.2	1.70	3.60	0.90	519	1.18	94.00	3649	9.00	6.83	6.95	6.55	6.08
LM9	50958	96098	3204	4.20	4.23	3	354	14.2	4.30	41.10	1.10	549	1.22	72.90	2046	8.00	5.30	5.35	4.625	4.15
LM10	10350	208	818	4.05	4.60	3	279	8.7	4.30	12.10	1.80	400	1.22	42.10	1111	4.70	5.35	5.08	3.8	4.03
LM11	46719	429143	2604	4.65	5.05	2	711	140	0.20	67.00	0.50	320	1.05	66.20	1251	2.70	5.40	4.75	4.55	4.43
LM12	3186	6369	1236	2.95	3.25	2	542	9.9	0.20	68.40	0.90	579	1.30	57.50	1022	3.40	3.78	3.45	3.03	3.08

	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39
LM1	5.48	5.23	3	84	6.43	5.65	224	4.95	160733	5.7	13.70	1219.4	5.94	19.8	0.55	0.79	1415	437527	181.5
LM2	4.68	4.43	3	172	5.38	5.03	137	4.5	90535	5.15	13.30	201.1	7.63	13.2	0.63	0.66	590	183415	60.36
LM3	5.38	5.03	2	740	5.68	5.20	109	5.33	116400	5.25	10.40	549.5	7.09	9.52	0.66	0.62	1389	232219	37.48
LM4	5.93	5.45	4	281	6.28	5.78	115	5.85	109190	5.6	13.00	831.0	6.85	11	0.53	0.51	1583	277594	151.1
LM5	5.78	5.30	3	94	5.15	5.50	49	5.38	74790	5.35	12.50	458.2	7.26	11.6	0.63	0.71	1751	171190	51.94
LM6	3.80	3.23	6	139	3.90	3.43	193	4.45	220514	4.6	16.00	685.3	9.97	15.3	0.29	0.10	391	430533	94.16
LM7	6.63	6.25	2	296	5.90	6.10	195	5.95	476183	5.65	10.60	389.2	8.63	21.7	0.55	0.53	3291	958924	81.54
LM8	6.38	5.98	2	184	5.78	6.10	278	6.08	856705	5.73	11.60	327.7	8.63	15.5	0.62	0.63	5724	1537421	56.74
LM9	4.43	3.98	4	408	4.38	4.70	195	4.93	193399	4.83	8.90	432.0	8.57	13.2	0.56	0.54	802	447020	22.65
LM10	4.28	4.10	6	500	4.63	3.35	209	4.1	86295	3.98	4.70	509.6	10.33	14.8	0.38	0.63	126	179102	28.53
LM11	4.63	4.50	6	23	4.88	3.63	193	4.18	207238	4.35	15.00	712.1	9.87	17	0.32	0.17	447	261785	73.29
LM12	3.30	2.95	6	23	3.43	2.43	289	3.65	63258	3.78	8.90	1066.9	10.02	16.09	0.40	0.39	47	193546	49.76

Etik Beyanı : Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazar(lar)ına aittir.

Bu çalışmada kullanılan veriler, herkesin kullanımına açık şekilde paylaşıldığından ve etik kurul izni gerektiren araştırmalar içerisinde bulunmadığından etik kurul izni alınmamıştır.

Teşekkür (Varsa) : Yayın sürecinde katkısı olan hakemlere ve editör kuruluna teşekkür ederim.

Ethics Statement : The authors declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In case of detection of a contrary situation, ÖHÜİBF Journal does not have any responsibility and all responsibility belongs to the author (s) of the study. Since the data used in this study is shared publicly and does not include research requiring ethics committee approval, ethics committee approval has not been obtained.

Acknowledgement : I thank the referees and editorial board who contributed to the publishing process.
