

Kentsel Son Adım Lojistik Çözümleri İçin Yer Seçimi Problemi: Tarsus İlçesi Kargo Dolabı Örneği

Dilan Özdemir¹

Şaban Fatih Yılmaz²

Özet

Eğitim olanakları, ekonomik ve sosyal fırsatlara erişim gibi nedenlerle kırsal alanlardan kentsel merkezlere doğru gerçekleşen göç, kentsel lojistik faaliyetlerine olan ilgiyi artırmıştır. Kentsel alanlardaki trafik sıkışıklığı ve artan kentsel teslimatların yol açtığı olumsuz etkiler, hızlı ve başarılı teslimat ve müşteri memnuniyeti gibi hedeflerle çalışmaktadır. Bu durum, yerel yönetimler ve hükümetler tarafından izlenen sürdürülebilirlik politikalarının uygulanmasında da çeşitli engeller yaratmaktadır. Kentsel alanlarda lojistik faaliyetlerden kaynaklanan olumsuz etkilerin, tedarik zincirlerinin son aşamasını temsil eden son kilometre teslimat faaliyetlerinde hayata geçirilen uygulamalarla giderilmesi hedeflenmektedir. Geleneksel eve teslimat hizmetlerine etkili bir alternatif olabilecek ev dışı teslimat yöntemleri arasında, son yıllarda kargo dolaplarının sayısı giderek artmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'nin önemli şehirlerinden biri olan Mersin'in en kalabalık ilçesi Tarsus'ta kargo dolapları için potansiyel kurulum yerlerini seçmeyi amaçlamaktadır. Yer seçimi için çok kriterli karar verme çerçevesi, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Bulanık AHP) ve Bulanık İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği (Bulanık TOPSIS) ile oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde beş farklı alternatif konum ve yedi farklı değerlendirme kriterinden yararlanılmıştır. Sekiz farklı müşteriden elde edilen veriler kullanılarak, müşteri bakış açısıyla kargo dolapları için uygun kurulum konumları seçilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, Tarsus ilçesi için kargo dolabı konum seçimi problemine ilişkin değerlendirme kriterleri arasında en önemli kriter "Hırsızlık Riski"dir. Sonuçlar, en uygun konumun "Yarenlik Alanı" olduğunu göstermektedir.

- 1 Araş. Gör., Tarsus Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, dilanozdemir@tarsus.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1390-5162
- 2 Araş. Gör., Tarsus Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, fatihyilmaz@tarsus.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4095-7187

1. GİRİŞ

E-ticaret hacminin ve kentte yaşayan nüfusun artması kentsel alanlarda trafik sıkışıklığı, gürültü ve hava kirliliği, ulaşım maliyetleri artışı, güvenlik gibi birtakım ekonomik, çevresel ve sosyal sorunların oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Bu durum, son adım lojistik faaliyetleri içerisinde son adım teslimatın önemini artırırken diğer yandan son adım teslimat giderlerinin dağıtıcıların toplam dağıtım maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaya neden olmaktadır. Başarısız teslimat işlemleri, başarısız olan teslimatların yeniden planlanması ve trafik sıkışıklığı gibi geleneksel teslimatta yaşanan sorunlar dağıtım ve taşıma maliyetlerini artırmaktadır. Dolayısıyla kentsel alanların yapısal karmaşıklığı alternatif teslimat yöntemlerinin benimsenmesini elzem hale getirmesinin yanı sıra dağıtıcıların son adım teslimat faaliyetlerini optimize etmelerini de gerektirmektedir.

E-ticaretin internet kullanımı ile daha erişilebilir bir forma kavuşarak yaygınlaşması, özellikle COVID-19 pandemisi sırasında verimli ve sürdürülebilir son adım teslimata olan talebi ve beklentileri artırmıştır. Dolayısıyla güvenli, esnek, takip ve kontrol edilebilir bir teslimat süreci müşteriler için çevrimiçi alışverişlerinin önemli bir parçası haline gelmiştir (Last Mile Experts, 2025). Bu bağlamda McKinsey & Company'nin 2024 yılında ABD'de binden fazla katılımcı ile yaptığı araştırma sonuçları, tüketicilerin 90%'ının standart ürünler için yüksek kargo ücretleri olan alışveriş sepetlerini terk etme eğiliminde olduğunu, paketlerin vaat edilen teslimat süresi içinde teslimatın gerçekleştirilmesinin daha yavaş teslimatı tolere edebileceğini, esnek teslimat seçeneklerinin önemsendiğini ve müşterilerin sürdürülebilirlik söz konusu olduğunda daha fazla kargo ücreti ödemesi yapılabilme eğiliminde olduğunu göstermektedir (Gosling vd., 2025). Bu araştırmadan yola çıkılarak sürdürülebilir yatırımları, hız ve maliyet arasında denge kuracak biçimde esnek ve çeşitli teslimat seçenekleri sunmanın müşterilerin beklentilerini karşılama noktasında önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Geleneksel teslimat operasyonlarında bir aracın pek çok teslimat noktasına ulaşmak zorunda kalması verimsiz rotaların oluşmasına ve yakıt tüketiminin artmasına neden olabilmektedir (DHL, 2023). Bu noktada kargo dolapları, teslimatları merkezi bir hale getirerek birden fazla durağa olan gereksinimi azaltmakta ve uygun maliyetli bir teslimat süreci sunmaktadır (Rózycki ve Gral, 2022). Bir başka ifade ile kargo dolapları dağıtıcıların daha az teslimat adresine daha az sayıda sefer yapmasını sağlamak suretiyle yakıt tüketimini azaltarak karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Aynı zamanda paket elleçleme süreçlerinin dijital teknoloji ile bütünleşik

bir biçimde yürütülerek teslimat problemlerinin ve trafik sıkışıklığının en aza indirilmesi prensibine dayanan kargo dolapları sayesinde sahip olunan işgücü kaynağının verimli bir biçimde kullanılması ve süreç verimliliğinin artırılması söz konusu olmaktadır. (Zhang ve Demir, 2025, s.1).

Kargo dolaplarının alternatif bir teslimat biçimi olarak kullanılması yukarıda bahsedildiği üzere çevrimiçi alışverişin artması ile yaygınlaşmış ve zamanla dağıtıcılar da buna göre aksiyon almaya başlamıştır. Dünyanın çeşitli yerlerinde kargo dolapları, kentsel alanlarda çok aktörlü bir fayda zincirinin basit ve etkili bir aktörü olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda Polonya’da InPost, Almanya ve genellikle Avrupa’da DHL Packstation, Amerika’da Amazon Locker, Çin’de Cainiao Post, Baltık ülkelerinde Posti ve Avustralya’da Australia Post başlıca kargo dolapları arasında yer almaktadır. Türkiye’de ise Trendyol, PTT ve Hepsiburada platformlarının sırası ile Trendyol Kargo Otomatı, PTT Kargomat ve HepsiMat adında kargo dolapları hizmet vermektedir.



Şekil 1. Kargo Dolabı Örnekleri

Kentlerin yerleşim düzeni, coğrafi özellikleri, yerel yönetimlerin faaliyetleri ve kent içi politikalar kargo dolaplarının yerleşim alanlarının seçiminde etkili olabilmektedir. Bu bağlamda kargo dolaplarının yer seçiminde yaya trafiğinin yoğun olduğu, müşterilerin mevcut ulaşım yöntemlerini aktif

olarak kullanabilecekleri aynı zamanda toplu taşıma duraklarına yakın alanlara yerleştirilmesi gibi pek çok kriter etkili olmaktadır (POLIS, 2025).

Bu çalışmada Mersin iline bağlı Tarsus ilçesinde kurulması planlanan kargo dolabı için yer seçimi problemi ele alınmıştır. Tarsus, coğrafi konumu ile ele alındığında Adana ve Mersin illerinin arasında yer alan bir ilçe olarak karşımıza çıkmaktadır. Mersin merkezine 30 km, Adana merkezine ise 41 km uzaklıkta yer alan Tarsus, Mersin Limanına ve serbest bölgeye olan coğrafi yakınlığı açısından Çukurova bölgesinde stratejik önem teşkil ederek kargo taşımacılığının kritik bir güzergâhları arasında yer almaktadır. Bu nedenle lojistik faaliyetlerde meydan gelebilecek herhangi bir sorun kent içi teslimatları kolayca olumsuz bir biçimde etkileyebilirken müşteri beklentilerinin karşılanabilmesi için alternatif teslimat yöntemlerinin belirlenmesi bir gereklilik halini almaktadır. Bu çalışmanın temel motivasyonunu söz konusu alternatif teslimat seçeneklerinden olan kargo dolaplarının bölgede uygulanabilirliği açısından incelemek oluşturmaktadır. Dolayısıyla çalışmada bölgede kurulması planlanan bir kargo dolabı için uygun yer seçilmesi amaçlanmış ve çalışma bu şekilde kurgulanmıştır. Bunun için Yarenlik Alanı, Kleopatra Kapısı, Tarsus Üniversitesi, Tarsu AVM ve Makam Meydanı olmak üzere beş alternatif belirlenmiş, alternatifler için ampirik literatür dikkate alınarak otopark alanlarına yakınlık, yerleşim alanlarına yakınlık, yaya ulaşımı açısından kolaylık, iş yerlerine yakınlık, toplu taşıma araçlarına yakınlık, hırsızlık riski, trafik yoğunluğu olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir. Söz konusu alternatif ve kriterlerin değerlendirilmesi için ise Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulguların Tarsus'un kargo teslimatı süreçlerinin iyileştirilmesi için önemli kanıtlar sunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma giriş ve sonuç bölümleri de dahil olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan giriş bölümünde son adım teslimatın kavramsal çerçevesi, ikinci bölümde literatür ele alınmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümüne gelindiğinde çalışmanın temel problemi ile uyumlu olarak yöntem bölümü verilmiştir. Diğer bir bölüm uygulama aşamasının ve bulguların ele alındığı bölümdür ve akabinde son bölüm olan sonuç kısmında ise problem, bulgular, sınırlılıklar ve gelecek çalışma önerileri yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Son adım teslimat problemi, ampirik literatürde çeşitli yaklaşımlar çerçevesinde ele alınmıştır (Yılmaz ve Demirel, 2023; Yılmaz, 2024; Mogire, Kilbourn ve Luke, 2025). Bu bağlamda son adım teslimat problemlerini *rotalama* (Song vd., 2019; Jiang vd., 2022; Archetti ve Bertazzi,

2021; Tiwari ve Sharma 2023; Jazemi vd., 2023; Pourmohammadreza ve Jokar, 2023, Tilk vd., 2021), *yenilikçi teslimat yöntemleri* (Yoo ve Chankov, 2018; Mohammad vd., 2023; Alverhed vd., 2024; Deutsch ve Golany, 2018; Punakivi vd., 2001; Brunner vd., 2019; Slabinac, 2015), *çevresel etki* (Zenezini vd., 2018; Comi ve Savchenko, 2021; Bao vd., 2025; Ojha ve Agarwal, 2025; Mkhalfi vd., 2025; Brown ve Guiffida, 2014; Banyai, 2022), *maliyet* (Zosu vd., 2024; Ranieri vd., 2018; Kämäräinen ve Punakivi, 2002; Cárdenas vd., 2017; Tadić vd., 2022; Zang vd., 2023; Peppel ve Spinler, 2021), *güvenlik* (Iwan vd., 2016; Faugere ve Montreuil, 2017), açısından ele alan çalışmalar mevcuttur. Diğer yandan kullanılan metodoloji bağlamında da literatür çeşitlilik göstermekte, çok kriterli karar verme yöntemleri son adım lojistik literatüründe olduğu kadar son adım teslimat literatüründe de geniş yer tutmaktadır. Bu bağlamda kimi çalışmalarda *Bulanık TOPSIS* (Awasthi vd., 2011; Awasthi ve Chauhan, 2012; Rao vd., 2015; He vd., 2016), *Bulanık AHP* (He vd., 2016; Tadic vd., 2018; Wang vd., 2021), *CoCoSo* (Nikolic vd., 2022a; Nikolic vd., 2022b; Pourmohammadreza ve Jokar, 2023), *Bulanık WASPAS* (Nikolic vd., 2022a; Simic vd., 2021; Aktaş ve Kabak, 2022) yöntemleri kullanılmıştır. Ancak çok kriterli karar verme yöntemleri bu yöntemlerle sınırlı olmayıp, söz konusu bu yöntemlerin *sezgisel* (Bilgili vd., 2024) ve *Pisagor* (Aktaş ve Kabak, 2022; Yalçın Kavus vd., 2023) temelli modelleri de bulunmaktadır.

Kargo dolaplarının uygun yer seçimi problemi, son adım teslimat problemi içerisinde çalışılan güncel konular arasında yer almaktadır. Iwan vd. (2016) Polonya'daki kargo dolaplarının verimliliğini araştırdığı çalışmada yaya trafiğinin yoğunluğu, alışveriş merkezleri ve süpermarket otoparkları, yerel ulaşım merkezlerinin yanındaki otobüs/metro istasyonları, benzin istasyonları, iş merkezlerine yakınlık faktörlerinin kargo dolaplarının verimliliğini etkilediğini ifade ederken, Awasthi vd., (2011) erişilebilirlik, güvenlik, çok modlu ulaşımara olan bağlantı, maliyetler, çevresel etki, müşterilere yakınlık, tedarikçilere yakınlık, kaynakların kullanılabilirliği, sürdürülebilir yük taşımacılığı düzenlemelerine uygunluk, genişleme olasılığı hizmet kalitesi; Rao vd., (2015) ekonomik, çevresel ve sosyal ana kriterleri altında arazi edinme fiyatı, teslimat esnekliği, nakliye koşulları, hizmet seviyesi, insan kaynakları durumu, çevre koruma seviyesi, ekolojik peyzaj üzerindeki etkisi, doğal koşullar, kamu tesislerinin durumu, güvenlik, sürdürülebilirlikle ilgili yasa ve yönetmeliklere uygunluk, yakındaki sakinler üzerindeki etki, trafik sıklığı, çevresel etki; Aljohani ve Thompson (2020), mevcut dağıtım merkezleri/depolar, otopark altyapısı, demografik özellikler, birincil arazi kullanım bölgeleri, başlıca nakliye koridorlarına yakınlık, bölgedeki ana yolların trafik yoğunluğu, bölgedeki erişim

kısıtlamaları, tesis kiralama maliyetleri, bölgedeki mevcut mal alıcılarının varlığı, bisiklet altyapısına yakınlık, yakındaki sakinler üzerindeki etki; Kovac vd., (2021) verimlilik, ek altyapı geliştirme gereksinimi, teslimat faaliyetlerinin operasyonel karmaşıklığı, dışsal maliyetler, ulaşım işlerinin modüler dönüşümü, uygulama olasılığı, esneklik, güvenilirlik, yasalar, kamusal alanların serbestleştirilmesi; Moslem ve Pilla (2023) güvenilirlik, erişilebilirlik, trafik ve işletim, güvenlik, çevresel etki; Gayen vd., (2023) trafik etkisi, güvenlik, güvenilirlik, erişilebilirlik kriterlerini kullanarak kargo dolabı için uygun yer seçimi problemini ele almıştır. Yalçın Kavus vd., (2023) ise kriterleri fiziksel koşullar, dayanıklılık, finansal, sosyal, kolaylık, yakınlık olarak sınıflandırmış ve uzman görüşleri doğrultusunda aday konumun çevresinde ikamet eden kişilerin ortalama yaşı, ana dağıtım merkezlerine yakınlık, en yakın kargo şubesine uzaklık ve alışveriş merkezlerine yakınlık kriterlerini çalışmaya dahil etmiştir.

3. YÖNTEM

3.1. Bulanık AHP Yöntemi

Karar verme problemleri arasında en eski yöntemlerden biri olan ve Thomas L. Saaty (1980) tarafından üretilen AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi, hassas bir hiyerarşik düzen takip ederek, ikili karşılaştırmalar yoluyla karar verme prosedürünü gerçekleştiren bir karar verme yöntemidir. Bu yöntem, kesin sayılar kullanılarak ve kriterlerin önem düzeyleri belirlenerek, ardından alternatifler mevcutsa her kriter için ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar yapılarak gerçekleştirilir. Daha sonra yöntemin gerçek hayat problemlerindeki karmaşıklığı giderecek şekilde bulanık sayılar yardımıyla uygulandığı versiyonları üretilmiştir. Bu çalışmada alternatiflerin sıralanması ve seçilmesi için Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin adımları aşağıdaki adımlarda açıklanmıştır (Buckley, 1985; Chou vd., 2019):

Adım 1. İlk olarak uzmanlardan kriterlere yönelik ikili değerlendirmeleri elde edilir. Uzmanlardan elde edilen ikili karşılaştırmalarda her biri $\tilde{p}_{ij}^k$ şeklinde temsil edilir.

$$\tilde{p}^k = \begin{bmatrix} \tilde{p}_{11}^k & \cdots & \tilde{p}_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{p}_{n1}^k & \cdots & \tilde{p}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Daha sonra uzmanlardan elde edilen veriler Eşitlik 2 yardımıyla birleştirilir:

$$\tilde{p}_{ij} = \frac{\sum_{d=1}^d \tilde{p}_{ij}^k}{K} \quad (2)$$

Adım 4. Birleştirilmiş karar matrisi Eşitlik 3'teki gibi temsil edilir.

$$\tilde{p}^k = \begin{bmatrix} \tilde{p}_{11} & \cdots & \tilde{p}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{p}_{n1} & \cdots & \tilde{p}_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Adım 5. Kriterlerin geometrik ortalaması Eşitlik 4'te yer alan formülle elde edilir.

$$\hat{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{p}_{ij} \right)^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Adım 6. Her kriterin bulanık ağırlıkları elde edilir:

$$\tilde{a}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (5)$$

Adım 7. Ortalama ve normalize işlemleri sonrası kriterlerin ağırlıkları elde edilir:

$$M_i = \frac{\tilde{a}_1 \oplus \tilde{a}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{a}_n}{n} \quad (6)$$

$$N_i = \frac{M_i}{M_1 \oplus M_2 \oplus \dots \oplus M_n} \quad (7)$$

3.2. Bulanık TOPSIS

Çok kriterli karar verme yaklaşımları içerisinde sıralama yapan teknikler açısından en sık kullanılan yöntemlerden birisi Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen (TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemidir. Bu yöntem basit ve kullanışlı olması sebebiyle seçim ve sıralama problemlerinde sıkça kullanılmış ve çeşitli bulanık varyasyonları geliştirilmiştir. Belirsizlik içeren karar verme koşullarını sağlamak amacıyla kesin sayılar yerine belirsizliklerin dahil edildiği Bulanık TOPSIS yöntemi geliştirilmiştir (Chen 2000). Bu çalışmada alternatiflerin sıralanması ve seçilmesi için Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Yöntemin adımları aşağıdaki sıralamayla açıklanmıştır (Sodhi ve Prabhakar, 2012):

Adım 1. K adet üyesi olan bir karar verici grubunun j. kriter açısından i. alternatif değerlendirmesi $\tilde{t}_{ij}^k = (x_{ij}^k, y_{ij}^k, z_{ij}^k)$ ile temsil edilir. Kriterlerin önem ağırlığı ise $\tilde{w}_j^k = (w_{j1}^k, w_{j2}^k, w_{j3}^k)$ şeklinde ifade edilir. Alternatiflerin kriterler açısından bütünsel bulanık değerlendirilmesi Eşitlik 8 ile temsil edilir:

$$a_{ij} = \min_k \{x_{ij}^k\}, \quad b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K y_{ij}^k, \quad c_{ij} = \max_k \{z_{ij}^k\} \quad (8)$$

Adım 2. Kriterlerin birleştirilmiş bulanık ağırlıkları ise Eşitlik 9 ile hesaplanır:

$$w_{j1} = \min_k \{w_{j1}^k\}, \quad w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{j2}^k, \quad w_{j3} = \max_k \{w_{j3}^k\} \quad (9)$$

Adım 3. Problemin bulanık karar matrisi Eşitlik 10 ile gösterilir:

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \tilde{t}_{11} & \cdots & \tilde{t}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{m1} & \cdots & \tilde{t}_{mn} \end{pmatrix} \quad (10)$$

Adım 4. Normalizasyon aşamasında normalize karar matrisi elde edilir (Eşitlik 11)

$$R = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{x_{ij}}{z_j^*}, \frac{y_{ij}}{z_j^*}, \frac{z_{ij}}{z_j^*} \right) \text{ and} \\ z_j^* = \max z_{ij} (\text{fayda kriteri için}) \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{x_j^-}{x_{ij}}, \frac{x_j^-}{y_{ij}}, \frac{x_j^-}{z_{ij}} \right) \text{ and} \\ x_j^- = \min x_{ij} (\text{maliyet kriteri için}) \end{array} \right. \quad (13)$$

Adım 5. Normalizasyon sayesinde normalize edilmiş olan bulanık üçgensel sayıların $[0,1]$ aralığında kalması sağlanmış olur. Değerlendirme

kriterlerinin ağırlıkları ($\widetilde{w}_j$) ile normalize karar matrisinin ($\widetilde{r}_{ij}$) çarpılması işlemi sonucunda ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi $\widetilde{V}$ elde edilir:

$$\widetilde{V} = [\widetilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad \widetilde{v}_{ij} = \widetilde{r}_{ij}(\cdot) \widetilde{w}_j \quad (14)$$

Adım 6. Daha sonra alternatiflere ilişkin bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri elde edilir:

$$A^* = (\widetilde{v}_1^*, \widetilde{v}_2^*, \dots, \widetilde{v}_n^*), \quad \widetilde{v}_j^* = \max\{v_{ij3}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

$$A^- = (\widetilde{v}_1^-, \widetilde{v}_2^-, \dots, \widetilde{v}_n^-), \quad \widetilde{v}_j^- = \min_i\{v_{ij1}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

Adım 7. Alternatiflerin bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm değerlerine olan uzaklıkları bulunur:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n dv(\widetilde{v}_{ij}, \widetilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n dv(\widetilde{v}_{ij}, \widetilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (18)$$

Adım 8. Son olarak her alternatifin yakınlık katsayısı bulunur:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

Elde edilen yakınlık katsayılarına göre en iyi alternatif en yüksek değeri alır.

4. UYGULAMA

Çalışmada, kargo dolabı yeri seçimi sürecinde Tarsus ilçesinin merkezi ve önemli konumları belirlenmiştir. İlk olarak, çalışmanın veri toplama evresinde, Tarsus ilçesinde yerleşik sekiz farklı online alışveriş müşterisinden, modelde yer alan kriterleri ikili karşılaştırma yoluyla değerlendirmeleri istenmiştir. Çalışmada kullanılacak olan kriterler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1 Kriterler ve Referans Çalışmalar

Otopark İmkânı	Kuo vd. (2002); Yalcin Kavus vd. (2023)
Hırsızlık Riski	Yalcin Kavus vd. (2023)
Trafik Yoğunluğu	Tadić vd. (2014); Bilgili vd. (2024)
Toplu Taşıma Araçlarına/Duraklarına Yakınlık	Awasthi vd. (2011); Yalcin Kavus vd. (2023)
Yaya Ulaşımı Açısından Kolaylık	Kuo vd. (2002); Yalcin Kavus vd. (2023)
Yerleşim Alanına Yakınlık	Yalcin Kavus vd. (2023); Bilgili vd. (2024)
İş Yerlerine Yakınlık	Moslem ve Pilla (2023)

Dilbilimsel ifadeler şeklinde elde edilen veriler (Tablo 2) bulanık eşdeğerlerine dönüştürülmüştür.

Tablo 2 Bulanık Dilsel Terimler

Dilsel Tanım	Bulanık Karşılıkları
Eşit Önem	1,1,1
Biraz Daha Önemli	2,3,4
Önemli	4,5,6
Çok Önemli	6,7,8
Kesinlikle Önemli	9,9,9
Aralık Değerler	1,2,3
	3,4,5
	5,6,7
	7,8,9

Bulanık matrisler daha sonra geometrik ortalama yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirilmiş bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3 Birleştirilmiş Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

		K1_L	K1_M	K1_U	K2_L	K2_M	K2_U	K3_L	K3_M	K3_U	K4_L	K4_M	K4_U	K5_L	K5_M	K5_U	K6_L	K6_M	K6_U	K7_L	K7_M	K7_U
Otopark İmkânı		1			0,16078	0,172932	0,188406	0,361142	0,461026	0,616375	0,454754	0,536451	0,629605	0,272627	0,296356	0,326329	0,172769	0,205134	0,239198	0,333333	0,358747	0,388073
Hırsızlık Riski		5,307685	5,782611	6,219688	1		1	4,032969	4,347311	4,626632	2,279507	2,48582	2,615057	1,732051	1,925563	2,166853	1,335594	1,49005	1,75774	2,36297	2,556133	2,851739
Trafik Yoğunluğu		1,62239	2,169075	2,768992	0,21614	0,230027	0,247956	1		1	0,420448	0,525675	0,638943	0,336081	0,3942	0,468344	0,246346	0,309086	0,393828	0,573601	0,655325	0,759836
Toplu Taşıma Araçlarına/ Duraklarına Yakınlık		1,588298	1,864102	2,198992	0,382401	0,402282	0,438691	1,565085	1,902318	2,378414	1		1	0,585913	0,69923	0,811195	0,366499	0,428367	0,537285	0,917004	1,019456	1,189207
Yaya Ulaşımı Açısından Kolaylık		3,064393	3,37432	3,668016	0,461499	0,519329	0,57735	2,135185	2,536781	2,975476	1,23275	1,430144	1,706737	1		1	0,985385	1,065936	1,130436	1,646453	1,951109	2,246192
Yerleşim Alanına Yakınlık		4,180634	4,874872	5,788072	0,568912	0,671119	0,748731	2,539177	3,235343	4,059327	1,86121	2,334445	2,728523	0,884614	1	1,014832	1	1	1,316074	1,435189	1,509804	
İş Yerlerine Yakınlık		2,576838	2,787483	3	0,350663	0,391216	0,423196	1,316074	1,525961	1,743371	0,840896	0,980916	1,090508	0,445198	0,512534	0,607366	0,662338	0,696772	0,759836	1	1	1

Ardından, Eşitlik 4'teki formülasyona göre, her bir kriterin bulanık geometrik ortalaması kullanılarak her bir kriterin bulanık boyutları elde edilmiştir. Toplam değerler, ters değerler ve ters değerlerin sırası elde edildikten sonra, olan yeni bulanık ağırlıklar, sıra satırındaki değerlerin, Eşitlik 5'te yer alan formüle göre karşılık gelen değerlerle çarpılmasıyla tanımlanmıştır.

Sonraki aşamada, kriterler ile ilgili değerlerin ortalaması alınarak kriterlerin durulaştırılması gerçekleştirilmiştir. Son olarak, normalizasyon aşaması tamamlandıktan sonra kriterlerin nihai ağırlıkları elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4 Kriterlerin Nihai Ağırlıkları

KRİTERLER	DURULAŞTIRMA	NORMALİZE	SIRALAMA
Otopark İmkânı	0,045625	0,044927	7
Hırsızlık Riski	0,29481	0,290295	1
Trafik Yoğunluğu	0,071322	0,07023	6
Toplu Taşıma Araçlarına/ Duraklarına Yakınlık	0,110556	0,108863	5
Yaya Ulaşımı Açısından Kolaylık	0,177495	0,174776	3
Yerleşim Alanına Yakınlık	0,202178	0,199081	2
İş Yerlerine Yakınlık	0,113567	0,111828	4

Tarsus ilçesinde yaşayan sekiz farklı çevrimiçi alışveriş müşterisinden elde edilen veriler, Tarsus ilçesinde kargo dolaplarının yerlerinin seçilmesinde en önemli kriterin hırsızlık riski olduğunu ortaya koymuştur. İkinci ve üçüncü en önemli seçim kriterleri sırasıyla “yerleşim alanlarına yakınlık” ve “yaya ulaşımı açısından kolaylık” olarak belirlenmiştir. Kriterlerin nihai ağırlıklarına göre, en az önemli yer seçim kriteri “otopark imkânı” olmuştur.

Sekiz farklı müşteriden elde edilen kriter önem ağırlıkları belirlendikten sonra, kriter ağırlıklarının yardımıyla kargo dolabı için alternatif kurulum yeri seçim aşamasının değerlendirilmesinde kullanılacak veriler elde edilmiştir. Müşterilerden, Tarsus ilçesi içindeki önemli ve merkezi konumdaki 5 farklı yeri yine belirlenen 7 farklı kriterle göre değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirme aşamasında kullanılacak dilsel değerler listelenmiştir. Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5 Bulanık Dilsel Terimler

Dilsel Tanım	Bulanık Karşılıkları
Çok Kötü	1,1,3
Kötü	1,3,5
Orta	3,5,7
İyi	5,7,9
Çok İyi	7,9,9

Daha sonra, sekiz müşteriden elde edilen veriler Eşitlik 4’ te sunulan formüle göre birleştirilmiştir. Ortaya çıkan birleştirilmiş bulanık değerler yer almaktadır (Tablo 6).

Tablo 6 Birleştirilmiş Bulanık Değerler

	K1_L	K1_M	K1_U	K2_L	K2_M	K2_U	K3_L	K3_M	K3_U	K4_L	K4_M	K4_U	K5_L	K5_M	K5_U	K6_L	K6_M	K6_U	K7_L	K7_M	K7_U
Yarenlik Alanı	1	4	9	3	7,5	9	1	1	3	7	9	9	1	3	5	3	5	7	5	7	9
Kleopatra Kapısı/ Meydanı	1	3,25	7	3	6,25	9	1	1	3	3	5	7	1	1	3	1	3	5	3	5	7
Tarsus Üniversitesi	5	8,75	9	1	1,25	5	1	1	3	1	3	5	1	1	3	1	3	3	1	1	3
Tarsu AVM	5	8,5	9	1	2,5	9	1	1	3	5	7	9	1	1	3	3	5	1	3	3	5
Makam Meydanı	1	3,5	7	1	6	9	1	3	5	3	7	9	1	1	3	3	5	1	3	3	5

Daha sonra, eşitlik 10, 11 ve 12’de belirtilen formüller kullanılarak normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmiştir. Normalleştirilmiş karar matrisi Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7 Normalleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K1_L	K1_M	K1_U	K2_L	K2_M	K2_U	K3_L	K3_M	K3_U	K4_L	K4_M	K4_U	K5_L	K5_M	K5_U	K6_L	K6_M	K6_U	K7_L	K7_M	K7_U
Yarenlik Alanı	0,111	0,444	1,000	0,111	0,133	0,333	0,333	1,000	1,000	0,778	1,000	1,000	0,200	0,600	1,000	0,429	0,714	1,000	0,556	0,778	1,000
Kleopatra Kapısı/Meydanı	0,111	0,361	0,778	0,111	0,160	0,333	0,333	1,000	1,000	0,333	0,556	0,778	0,200	0,200	0,600	0,143	0,429	0,714	0,333	0,556	0,778
Tarsus Üniversitesi	0,556	0,972	1,000	0,200	0,800	1,000	0,333	1,000	1,000	0,111	0,333	0,556	0,200	0,200	0,600	0,143	0,143	0,429	0,111	0,111	0,333
Tarsu AVM	0,556	0,944	1,000	0,111	0,400	1,000	0,333	1,000	1,000	0,556	0,778	1,000	0,200	0,200	0,600	0,143	0,429	0,714	0,111	0,333	0,556
Makam Meydanı	0,111	0,389	0,778	0,111	0,167	1,000	0,200	0,333	1,000	0,556	0,778	0,778	0,200	0,200	0,600	0,143	0,429	0,714	0,111	0,333	0,556

Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması aşamasında, Eşitlik 14’teki denklem kullanılmıştır. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi, Tablo 7’de yer alan değerlerin kriter ağırlıklarıyla çarpılmasıyla elde edilmiştir. Alternatifler için bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri, Eşitlik 15 ve 16 kullanılarak elde edilmiştir. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi ve alternatifler için bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8 Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisi ve Alternatifler İçin Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

Ağırlıklar	0,044927			0,290295			0,0702299			0,108863			0,174776			0,199081			0,111828		
Yarenlik Alanı	0,005	0,020	0,045	0,032	0,039	0,097	0,023	0,070	0,070	0,085	0,109	0,109	0,035	0,105	0,175	0,085	0,142	0,199	0,062	0,087	0,112
Kleopatra Kapısı/Meydanı	0,005	0,016	0,035	0,032	0,046	0,097	0,023	0,070	0,070	0,036	0,060	0,085	0,035	0,035	0,105	0,028	0,085	0,142	0,037	0,062	0,087
Tarsus Üniversitesi	0,025	0,044	0,045	0,058	0,232	0,290	0,023	0,070	0,070	0,012	0,036	0,060	0,035	0,035	0,105	0,028	0,028	0,085	0,012	0,012	0,037
Tarsu AVM	0,025	0,042	0,045	0,032	0,116	0,290	0,023	0,070	0,070	0,060	0,085	0,109	0,035	0,035	0,105	0,028	0,085	0,142	0,012	0,037	0,062
Makam Meydanı	0,005	0,017	0,035	0,032	0,048	0,290	0,014	0,023	0,070	0,036	0,060	0,085	0,035	0,035	0,105	0,028	0,085	0,142	0,012	0,037	0,062
A*	0,025	0,044	0,045	0,058	0,232	0,290	0,023	0,070	0,070	0,085	0,109	0,109	0,035	0,105	0,175	0,085	0,142	0,199	0,062	0,087	0,112
A-	0,005	0,016	0,035	0,032	0,039	0,097	0,014	0,023	0,070	0,012	0,036	0,060	0,035	0,035	0,105	0,028	0,028	0,085	0,012	0,012	0,037

Eşitlik 17 ve 18 yardımıyla elde edilen alternatiflerin bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm değerlerine olan uzaklıkları sırasıyla Tablo 9 ve 10'da gösterilmiştir.

Tablo 9 Bulanık Pozitif İdeal Çözüm Değerine Uzaklık

Yarenlik Alanı	0,018	0,159	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,177
Kleopatra Kapısı/Meydanı	0,020	0,156	0,000	0,042	0,057	0,057	0,025	0,357
Tarsus Üniversitesi	0,000	0,000	0,000	0,066	0,057	0,099	0,067	0,288
Tarsu AVM	0,001	0,069	0,000	0,020	0,057	0,057	0,050	0,253
Makam Meydanı	0,020	0,107	0,028	0,042	0,057	0,057	0,050	0,360

Tablo 10 Bulanık Negatif İdeal Çözüm Değerine Uzaklık

Yarenlik Alanı	0,006	0,006	0,006	0,066	0,057	0,099	0,067	0,306
Kleopatra Kapısı/Meydanı	0,000	0,004	0,028	0,024	0,000	0,046	0,043	0,146
Tarsus Üniversitesi	0,020	0,159	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,207
Tarsu AVM	0,020	0,120	0,028	0,048	0,000	0,046	0,020	0,283
Makam Meydanı	0,001	0,112	0,000	0,024	0,000	0,046	0,020	0,204

Yakınlık katsayısı hesaplanmış ve alternatiflerin nihai sıralaması Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11 Alternatiflerin Sıralanması

	CC _i	SIRALAMA
Yarenlik Alanı	0,634414	1
Kleopatra Kapısı/Meydanı	0,289999	5
Tarsus Üniversitesi	0,417501	3
Tarsu AVM	0,528083	2
Makam Meydanı	0,361032	4

Alternatif sıralamasına göre, yedi yer seçimi kriteri açısından değerlendirilen beş farklı lokasyon arasında en iyi değerlendirmeyi alan yer Yarenlik Alanı olmuştur. İkinci en iyi yer Tarsu AVM, üçüncü ise Tarsus Üniversitesi olmuştur. Makam Meydanı alternatif yerler arasında dördüncü en iyi yer olurken, Kleopatra Kapısı sonuncu olmuştur.

5. SONUÇ

Artan kentsel nüfus nedeniyle, kentsel sürdürülebilirlik önlemlerinin artırılması Birleşmiş Milletler, yerel yönetimler ve kamu kurumları için öncelikli bir konu haline gelmektedir. Kentsel alanlarda artan nüfus, daha dar ve kalabalık bir alanda yüksek hareketlilik ve büyük çevresel zorluklarla karakterize bir hal almaktadır. Kentsel alanlardaki çevresel zorluklar ve sürdürülebilirlik önlemleri çerçevesinde, en öne çıkan konu kuşkusuz lojistik faaliyetlerdir. Bu bağlamda, tedarik zincirinin son adımını temsil eden ve kentsel lojistik faaliyetlerinin büyük bir bölümünü oluşturan son adım teslimat aşaması, sürdürülebilir çözümlerin uygulanması açısından maliyet ve emisyonlar yönüyle en önemli aşamayı temsil etmektedir. Dolayısıyla, çözüm arayışında sürdürülebilirlik perspektifinden yaklaşımlar söz konusudur. Bu noktada en öne çıkan yaklaşımlardan biri, geleneksel eve teslimatın maliyet ve emisyon gibi olumsuz yönlerine çözüm üretme potansiyeli bulunan, ev dışı son adım kentsel teslimat yaklaşımlarıdır. Bu yaklaşım, müşterinin evde olmadığı durumlarda teslimatın başarısız olmasını önlemek, yeniden teslimat girişimlerinin sayısını azaltmak ve ticari teslimat araçlarının sıkışık ve dar alanlara girmesini önleyerek kentsel sıkışıklığı ve trafik yoğunluğunu azaltmak gibi etkenlerle motive edilmektedir.

Ev dışındaki son adım teslimat çözümleri arasında, son yıllarda kargo dolapları giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Kargo dolapları, emisyonları azaltma ve maliyetleri düşürme konusunda önemli bir potansiyele sahip oldukları için, özellikle gelişmiş ülkelerde giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışma, kentsel son adım teslimatlarla ilgili maliyet ve emisyon sorununu ele almakta ve özellikle Mersin ilinin en büyük nüfusa sahip olan ilçesi Tarsus için kargo dolaplarının yer seçimi konusuna odaklanmaktadır. Tarsus ilçesi, büyük bir ticari limana sahip olan ve Akdeniz deniz ticareti için önemli olan, aynı zamanda Türkiye'nin Anadolu bölgeleri ile Akdeniz arasında ticari bir merkez görevi gören, Mersin ilinin Anadolu ile bağlantısını sağlayan bir bölgede yer almaktadır. Ticari bir geçiş noktası olmasının yanı sıra, yüksek nüfusu nedeniyle kentsel hareketlilik hem ticari hem de sivil açıdan zorluklar yaratmaktadır. Kargo dolabı için, Tarsus ilçesi içinde farklı nüfus ve sosyal alan kümeleri içinde merkezi konumlara sahip beş farklı alan değerlendirme amacıyla modele dâhil edilmiştir. Değerlendirme kriterleri, ilgili literatürden ve bu çalışmanın değerlendirme aşaması için gerekli olan çerçeve içinde belirlenmiş olup, Tarsus ilçesinde yaşayan sekiz farklı çevrimiçi alışveriş müşterisinden elde edilen veriler kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Uygulama aşamasında, kriterlerin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin seçilmesi için iki farklı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleridir. Karar verme grubundan elde edilen verilerdeki belirsizliklerin modele dâhil edilebilmesini sağlamak için bulanık karar verme çerçevesinin seçilmiştir.

Müşterilerden elde edilen verilere dayanarak, değerlendirme kriterlerinin önem düzeyleri değerlendirilmiş ve en önemli değerlendirme kriterinin “Hırsızlık Riski” kriteri olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuç, müşterilerin perspektifinden değerlendirildiğinde, lojistik faaliyetlerinde hız ve maliyet gibi faktörlerin yanı sıra güvenliğin de büyük önem taşıdığını göstermiştir. Sonuç olarak, ev dışı teslimat konsepti, tek kullanımlık teslimat kodu gibi güvenlik açısından tatmin edici görünen güvenlik önlemlerini içermesine rağmen, hırsızlık riskinin müşteriler için oldukça önemli olduğu ve göz ardı edilemeyeceği açıktır. İkinci en önemli değerlendirme kriteri, “Yerleşim Alanına Yakınlık” kriteridir. Bu kriter, müşterilerin boş zamanlarında veya iş çıkışı paketlerini almak istedikleri yerin yerleşim bölgelerine yakın olmasını istediklerini göstermektedir. Üçüncü önemli kriter ise “Yaya Ulaşımı Açısından Kolaylık” kriteridir. Müşteriler, sadece özel araçlara veya toplu taşıma araçlarına bağlı kalmak yerine, lokasyonun yaya olarak ulaşılabilir olmasını önemsemektedir. Alternatiflerin değerlendirilmesi açısından sonuçlar, Tarsus ilçesi içindeki neredeyse tüm toplu taşıma araçlarının durağı olan Yarenlik Alanı'nın ulaşım açısından en uygun lokasyon olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, üçüncü önemli kriter olan “Yaya Ulaşımı Açısından Kolaylık” için özel bir alternatif niteliğindedir. Yarenlik Alanı, sadece yaya ulaşımına açık bir konumdur. İkinci en iyi konum, bölgedeki tek alışveriş merkezi olan Tarsu AVM'dir. Bu konum, ilk alternatifle benzer

şekilde, toplu taşıma araçlarının geçiş noktalarından biridir. Online alışveriş müşterileri için en düşük puanı alan konum Kleopatra Kapısı'dır.

Çalışma, müşteri sayısının sınırlı olması, farklı paydaş gruplarının değerlendirme aşamasına tabi tutulmaması ve kriter setinin sadece yedi kriterden oluşması bakımından sınırlıdır. Kargo dolaplarının yer seçimi için değerlendirme aşamasına farklı paydaş gruplarının dâhil edilmesi ve gelecekteki çalışmalarda kriter setinin genişletilmesi, çalışmanın etkinliği açısından faydalı olabilir. Ayrıca, gelecekteki çalışmalarda, modelde karar vericilerden elde edilen verilerdeki belirsizliği ve tereddütleri yansıtmak için daha gelişmiş bulanık karar verme yaklaşımları uygulanabilir.

Kaynakça

- Aktas, A., & Kabak, M. (2022). An application of interval valued pythagorean fuzzy WASPAS method for drone selection to last mile delivery operations. In *Multiple criteria decision making with fuzzy sets: MS Excel® and other software solutions* (pp. 179-191). Springer International Publishing.
- Aljohani, K., & Thompson, R. G. (2020). A multi-criteria spatial evaluation framework to optimise the siting of freight consolidation facilities in inner-city areas. *Transportation Research Part a: Policy and Practice*, 138, 51–69. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.05.020>.
- Alverhed, E., Hellgren, S., Isaksson, H., Olsson, L., Palmqvist, H., & Flodén, J. (2024). Autonomous last-mile delivery robots: a literature review. *European Transport Research Review*, 16(1), 4
- Archetti, C., & Bertazzi, L. (2021). Recent challenges in Routing and Inventory Routing: E-commerce and last-mile delivery. *Networks*, 77(2), 255-268.
- Awasthi, A., & Chauhan, S. S. (2012). A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning. *Applied Mathematical Modelling*, 36(2), 573-584.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centres under uncertainty. *Mathematical and Computer Modelling*, 53(1–2), 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.07.023>.
- Bányai, T. (2022). Impact of the integration of first-mile and last-mile drone-based operations from trucks on energy efficiency and the environment. *Drones*, 6(9), 249.
- Bao, D., Yan, Y., Li, Y., & Chu, J. (2025). The Future of Last-Mile Delivery: Lifecycle Environmental and Economic Impacts of Drone-Truck Parallel Systems. *Drones*, 9(1), 54.
- Buckley, J. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, 15(1), 21-31. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90013-2)
- Bilgili, F., Yılmaz, Ş.F., Zaralı, F. *et al.* Evaluation of integrated sustainable last-mile delivery methods in an intuitionistic fuzzy environment. *Environ Dev Sustain* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05461-0>.
- Brown, J. R., & Guiffrida, A. L. (2014). Carbon emissions comparison of last mile delivery versus customer pickup. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 17(6), 503-521.
- Brunner, G., Szebedy, B., Tanner, S., & Wattenhofer, R. (2019, June). The urban last mile problem: Autonomous drone delivery to your balcony. In *2019 international conference on unmanned aircraft systems (icuas)* (pp. 1005-1012). IEEE.

- Cardenas, I., Borbon-Galvez, Y., Verlinden, T., Van de Voorde, E., Vanelander, T., & Dewulf, W. (2017). City logistics, urban goods distribution and last mile delivery and collection. *Competition and regulation in network industries*, 18(1-2), 22-43.
- Chen, C. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1-9. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1)
- Chou, Y., Yen, H., Dang, V. T., & Sun, C. (2019). Assessing the Human Resource in Science and Technology for Asian Countries: Application of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS. *Symmetry*, 11(2), 251. <https://doi.org/10.3390/sym11020251>
- Comi, A., & Savchenko, L. (2021). Last-mile delivering: Analysis of environment-friendly transport. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103213
- Deutsch, Y., & Golany, B. (2018). A parcel locker network as a solution to the logistics last mile problem. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 251-261.
- DHL (2023). How parcel lockers can contribute to more sustainable logistics. <https://lot.dhl.com/parcel-lockers-more-sustainable-logistics/> adresinden alındı.
- Faugere, L., & Montreuil, B. (2017, July). Hyperconnected pickup & delivery locker networks. In *Proceedings of the 4th International Physical Internet Conference* (Vol. 6, pp. 1-14).
- Gayen, S., Biswas, A., Sarkar, A., Senapati, T., & Moslem, S. (2023). A novel Aczel-Alsina triangular norm-based group decision-making approach under dual hesitant q-rung orthopair fuzzy context for parcel lockers' location selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 106846.
- Gosling, S., Pan, I., Li, L., Shenoy, S. (2025). What do US consumers want from e-commerce deliveries? Mc&Kinsey Company. https://www.mckinsey.com/industries/logistics/our-insights/what-do-us-consumers-want-from-e-commerce-deliveries?utm_source=chatgpt.com#/ adresinden alındı.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making* (pp. 58-191). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3
- Iwan, S., Kijewska, K., & Lemke, J. (2016). Analysis of parcel lockers' efficiency as the last mile delivery solution—the results of the research in Poland. *Transportation Research Procedia*, 12, 644-655. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.018>

- Jazemi, R., Alidadiani, E., Ahn, K., & Jang, J. (2023). A review of literature on vehicle routing problems of last-mile delivery in urban areas. *Applied Sciences*, 13(24), 13015.
- Jiang, X., Wang, H., Guo, X., & Gong, X. (2019). Using the FAHP, ISM, and MICMAC approaches to study the sustainability influencing factors of the last mile delivery of rural E-commerce logistics. *Sustainability*, 11(14), 3937. <https://doi.org/10.3390/su11143937>
- Kämäräinen, V., & Punakivi, M. (2002). Developing cost-effective operations for the e-grocery supply chain. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 5(3), 285–298. <https://doi.org/10.1080/1367556021000026727>
- Kovač, M., Tadić, S., Krstić, M., & Bouraima, M. B. (2021). Novel spherical fuzzy MARCOS method for assessment of drone-based city logistics concepts. *Complexity*, 2021, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2021/2374955>
- Kuo, R., Chi, S., & Kao, S. (2002). A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network. *Computers in Industry*, 47(2), 199–214. [https://doi.org/10.1016/S0166-3615\(01\)00147-6](https://doi.org/10.1016/S0166-3615(01)00147-6)
- Last Mile Experts (2025). Out-of-Home Delivery in Europe, PUDOs and Automated Parcel Machines Report. <https://lastmileexperts.com/wp-content/uploads/2025/06/OOH-REPORT-2025-TEASER.pdf#page=16.04> adresinden alındı.
- Ma, B., Teo, C. C., & Wong, Y. D. (2024). Location analysis of parcel locker Network: Effects of spatial characteristics on operational performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 192, 103776.
- Masteguim, R., & Cunha, C. B. (2022). An optimization-based approach to evaluate the operational and environmental impacts of pick-up points on E-commerce urban last-mile distribution: a case study in são paulo, Brazil. *Sustainability*, 14(14), 8521.
- Mkhalfi, J., Jawab, F., El Mhamedi, A., & Moufad, I. (2025, May). Urban Last-Mile Delivery: Environmental Challenges and Expertise-A Comprehensive Literature Review. In *2025 16th International Conference on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)* (pp. 1-9). IEEE
- Mohammad, W. A., Nazih Diab, Y., Elomri, A., & Triki, C. (2023, April). Innovative solutions in last mile delivery: concepts, practices, challenges, and future directions. In *Supply Chain Forum: An International Journal* (Vol. 24, No. 2, pp. 151-169). Taylor & Francis.
- Mogire, E., Kilbourn, P., & Luke, R. (2025). Electric vehicles in last-mile delivery: A bibliometric review. *World electric vehicle journal*, 16(1), 52.

- Moslem, S., & Pilla, F. (2023). A hybrid decision making support method for parcel lockers location selection. *Research in Transportation Economics*, 100, 101320
- Nikolić, I., Petrović, M., Jovčić, S., & Dobrodolac, M. (2022a). Last-mile delivery (LMD) mode selection using a multi-criteria decision-making approach. In *5th logistics international conference*.
- Nikolić, I., Bojković, N., Živojinović, T., & Dobrodolac, M. (2022b). A design of sustainable last-mile delivery of postal items in cities using multi-criteria decision-making techniques. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 12(2), 253–271. [https://doi.org/10.7708/ijtte2022.12\(2\).08](https://doi.org/10.7708/ijtte2022.12(2).08)
- Ojha, R., & Agarwal, A. (2025). Examining environmental sustainability in last-mile delivery: a quality function deployment analysis. *The TQM Journal*.
- Peppel, M., & Spinler, S. (2022). The impact of optimal parcel locker locations on costs and the environment. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 52(4), 324–350.
- Pourmohammadreza, N., & Jokar, M. R. A. (2023). A novel two-phase approach for optimization of the last-mile delivery problem with service options. *Sustainability*, 15(10), 8098.
- Punakivi, M., Yrjölä, H., & Holmström, J. (2001). Solving the last mile issue: reception box or delivery box?. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(6), 427–439.
- POLIS. (2025). Let's talk about parcel lockers: Location, size, and operation. <https://www.polisnetwork.eu/news/lets-talk-about-parcel-lockers-location-size-and-operation/> adresinden alındı
- Ranieri, L., Digiesi, S., Silvestri, B., & Roccotelli, M. (2018). A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction vision. *Sustainability*, 10(3), 782.
- Rao, C., Goh, M., Zhao, Y., & Zheng, J. (2015). Location selection of city logistics centers under sustainability. *Transportation Research Part d: Transport and Environment*, 36, 29–44. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.008>
- Różycki, M., & Gral, M. (2022, Eylül). Lockers (and PUDOs) taking Europe by storm. Parcel and Postal Technology International: <https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/analysis/lockers-and-pudos-taking-europe-by-storm.html> adresinden alındı.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.
- Simić, V., Lazarević, D., & Dobrodolac, M. (2021). Picture fuzzy WASPAS method for selecting last-mile delivery mode: A case study of Belgrade. *European Transport Research Review*, 13, 1–22. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00501-6>.

- Slabinac, M. (2015). Innovative solutions for a “Last-Mile” delivery—a European experience. *Business Logistics in Modern Management*.
- Sodhi, B., & Prabhakar, T. V. (2012). *A simplified description of fuzzy TOPSIS. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1205.5098>*
- Song, L., Cherrett, T., McLeod, F., & Guan, W. (2009). Addressing the last mile problem: transport impacts of collection and delivery points. *Transportation research record*, 2097(1), 9-18.
- Tadić, S., Zečević, S., & Krstić, M. (2014). A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. *Expert Systems With Applications*, 41(18), 8112-8128. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.07.021>
- Tadić, S., Zečević, S., & Krstić, M. (2018). Assessment of the political city logistics initiatives sustainability. *Transportation Research Procedia*, 30, 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.031>
- Thao, T. T., & Binh, D. T. T. (2021, October). Impacts of last mile delivery on environment in urban areas: Hanoi case study. In *CIGOS 2021, Emerging Technologies and Applications for Green Infrastructure: Proceedings of the 6th International Conference on Geotechnics, Civil Engineering and Structures* (pp. 1653-1661). Springer Nature Singapore.
- Tilk, C., Olkis, K., & Irnich, S. (2021). The last-mile vehicle routing problem with delivery options. *Or Spectrum*, 43(4), 877-904
- Tiwari, K. V., & Sharma, S. K. (2023). An optimization model for vehicle routing problem in last-mile delivery. *Expert Systems with Applications*, 222, 119789
- Wang, Y., Zhang, Y., Bi, M., Lai, J., & Chen, Y. (2022). A robust optimization method for location selection of parcel lockers under uncertain demands. *Mathematics*, 10(22), 4289.
- Yalcin Kavus, B., Ayyildiz, E., Gulum Tas, P., & others. (2023). A hybrid Bayesian BWM and Pythagorean fuzzy WASPAS-based decision-making framework for parcel locker location selection problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(60), 90006–90023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23965-y>
- Yılmaz, Ş. F., & Demirel, N. (2023). Evaluation Of Out-Of-Home Last-Mile Delivery Methods In Terms Of Sustainability. *International Journal of Industrial Engineering*, 30(5). doi: 10.23055/ijietap.2023.30.5.9015.
- Yılmaz, F. D. (2024). Son Adım Teslimat Problemi: Bir E-Ticaret Firmasında Uygulama. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Yöktez No: 856492.
- Yoo, H. D., & Chankov, S. M. (2018, December). Drone-delivery using autonomous mobility: An innovative approach to future last-mile delivery

- problems. In *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1216-1220). IEEE.
- Zenezini, G., Lagorio, A., Pinto, R., De Marco, A., & Golini, R. (2018). The collection-and-delivery points implementation process from the courier, express and parcel operator's perspective. *IEAC-PapersOnLine*, 51(11), 594-599.
- Zhang, Q. & Demir, E. (2025). Parcel locker solutions for last mile delivery: a systematic literature review and future research directions. *Frontiers in Future Transp.* 6:1654621. doi: 10.3389/ffutr.2025.1654621
- Zhu, X., Cai, L., Lai, P. L., Wang, X., & Ma, F. (2023). Evolution, challenges, and opportunities of transportation methods in the last-mile delivery process. *Systems*, 11(10), 509.
- Zosu, S., Amaghionyeodiwe, C., Oyetunji, E., & Yussouf, A. (2024). Last-Mile delivery optimization: balancing cost efficiency and environmental sustainability. *International Journal*, 12(11), 153-166.