KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

KENTSEL LOJİSTİKTE ÇOK FAKTÖRLÜ SON ADIM TESLİMAT PROBLEMİNİN ÇOK AMAÇLI MODELLENMESİ

DOKTORA TEZİ

NADİDE AKTAŞ

DANIŞMAN
PROF. DR. NESLİHAN DEMİREL



2025

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

KENTSEL LOJİSTİKTE ÇOK FAKTÖRLÜ SON ADIM TESLİMAT PROBLEMİNİN ÇOK AMAÇLI MODELLENMESİ

(Doktora Tezi)

Hazırlayan
Nadide AKTAŞ

Danışman
Prof. Dr. Neslihan DEMİREL

Jüri Üyeleri
1. Prof. Dr. Neslihan DEMİREL
2. Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN
3. Prof. Dr. Tuncay ÇELİK
4. Prof. Dr. Oğuz ÖCAL
5. Prof. Dr. Mehmet Duran TOKSARI

Ağustos 2025
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Nadide AKTAŞ

İmza

	TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU	Doküman No	FR-287
		İlk Yayın Tarihi	8/02/2022
		Revizyon Tarihi	-
		Revizyon No	0
		Sayfa No	1/1

T.C.
Kayseri Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Anabilim Dalı : Uluslararası Ticaret ve Lojistik
Program Adı : Doktora Tezi
Tez Başlığı : Kentsel Lojistikte Çok Faktörlü Son Adım Teslimat Probleminin Çok Amaçlı Modellenmesi

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş, b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Önsöz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam 88 sayfalık kısmına ilişkin 08/09/2025 tarihinde ***Turnitin*** intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı**: %3'**tür.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Giriş dahil
2- Ana Bölümler dahil
3- Sonuç dahil
4- Alıntılar dahil
5- Kapak hariç
6- Önsöz ve Teşekkür hariç
7- İçindekiler hariç
8- Kaynakça hariç
9- Özet hariç
10- Yedi (7) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Önerisi Hazırlama, Tez Yazma ve Teslim Yönergesini inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. 08/09/2025

Danışman	Öğrenci
Prof. Dr. Neslihan DEMİREL	Nadide AKTAŞ
İmza	İmza

KILAVUZA UYGUNLUK

Kentsel Lojistikte Çok Faktörlü Son Adım Teslimat Probleminin Çok Amaçlı Modellenmesi" başlıklı doktora tezi, Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan	**Tez Danışmanı**
Nadide AKTAŞ	Prof. Dr. Neslihan DEMİREL
İmza	İmza

Uluslararası Ticaret ve Lojistik ABD Başkanı

Dr. Öğr. Üyesi Ayhan DURAK

İmza

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof. Dr. Neslihan DEMİREL danışmanlığında Nadide AKTAŞ tarafından hazırlanan "**Kentsel Lojistikte Çok Faktörlü Son Adım Teslimat Probleminin Çok Amaçlı Modellenmesi**" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

15 /08 / 2025

JÜRİ:

Danışman	**: Prof. Dr. Neslihan DEMİREL**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Tuncay ÇELİK**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Oğuz ÖCAL**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Mehmet Duran TOKSARI**	İmza

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ……...…… tarih ve …… sayılı kararı ile onaylanmıştır.

……. /……../ ……

Unvan Ad SOYAD

İmza

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora süreci boyunca yardım ve katkılarını esirgemeyerek akademik yolculuğumda ışığım olan danışman hocam Prof. Dr. Neslihan DEMİREL'e, Tez İzleme Komisyonunda yer alan ve kıymetli katkıları ile tezi geliştirmemi sağlayan ilham kaynağı hocam Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN'a ve Prof. Dr. Tuncay ÇELİK'e, savunma jürisinde yer alan ve desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Mehmet Duran TOKSARI ve Prof. Dr. Oğuz ÖCAL hocalarıma kalpten teşekkür ederim.

Ayrıca bu zorlu süreçte devam etmem için motivasyon kaynağı olan, zamanlarını ve kıymetli fikirlerini paylaşarak tez sürecine katkı sağlayan hocalarım Doç. Dr. Volkan HAN'a, Doç. Dr. Yılmaz DELİCE'ye ve Öğr. Gör. Dr. Esra Betül KINACI'ya çok teşekkür ederim.

Manevi desteklerini her zaman hissettiren ve hayatımı kolaylaştıran canım aileme; eşim Çağdaş AKTAŞ'a, annem Rabia ONAT'a, ablam Pınar ŞAHİN'e ve kardeşim Rıza ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Nadide AKTAŞ, Kayseri, 2025

KENTSEL LOJİSTİKTE ÇOK FAKTÖRLÜ SON ADIM TESLİMAT PROBLEMİNİN ÇOK AMAÇLI MODELLENMESİ

Nadide AKTAŞ

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Doktora Tezi, Ağustos 2025
Danışman: Prof. Dr. Neslihan DEMİREL

ÖZET

Kentleşmenin hızla artması ve COVID-19 pandemisi sonrası değişen tüketici davranışları, e-ticaret hacmini önemli ölçüde artırarak kentsel lojistik sistemleri üzerinde ciddi bir baskı oluşturmuştur. Bu gelişmeler doğrultusunda son adım teslimat süreçleri, lojistik maliyetlerin en yüksek olduğu aynı zamanda çevresel ve sosyal etkilerin en yoğun şekilde hissedildiği aşama haline gelmiştir. Kargo dolapları, teslimat başarısızlıklarını azaltması, kullanıcıya güvenli ve zaman açısından esnek bir alternatif sunması ve çevresel etkileri sınırlaması bakımından sürdürülebilir bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu sistemden maksimum verim elde edilebilmesi için dolapların kent içinde stratejik olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında, kargo dolaplarının yer seçimi problemi, sürdürülebilir kentsel lojistik çerçevesinde ele alınmış; ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları bütüncül biçimde değerlendiren çok amaçlı bir karar modeli önerilmiştir. Geliştirilen model, ekonomik, sosyal ve çevresel hedefleri gerçekleştirmek üzere Kayseri ili Talas ilçesi için örnek bir problem üzerinde çözülmüştür. Tezde ayrıca farklı kapasite seviyeleri, açılabilecek dolap sayısı ve mesafe eşik değerlerine dayalı senaryo analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar hem yerel yönetimlere hem de lojistik servis sağlayıcılara uygulanabilir politika önerileri sunmaktadır. Bu yönleriyle bu tez çalışması, literatürdeki mevcut eksikliklere çok boyutlu bir çözüm önerisi sunmakta ve sürdürülebilir kentsel lojistik planlamasına katkı sağlayabilecek nitelikte yenilikçi bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kargo dolabı yer seçimi problemi, Çok amaçlı optimizasyon, Sürdürülebilirlik, Kentsel lojistik, Erişilebilirlik

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF MULTI-FACTOR LAST MILE DELIVERY PROBLEM IN URBAN LOGISTICS

Nadide AKTAŞ

Kayseri Üniversity Institute of Graduate Education
Ph.D. Thesis, August 2025
Thesis Advisor: Prof. Dr. Neslihan DEMİREL

ABSTRACT

The rapid growth of urbanization and the changing consumer behaviors following the COVID-19 pandemic have significantly increased e-commerce volumes, thereby placing considerable pressure on urban logistics systems. In this context, last-mile delivery processes have become the stage where logistics costs are the highest and environmental and social impacts are most intensely felt. Parcel lockers emerge as a sustainable solution by reducing delivery failures, offering users a secure and time-flexible alternative, and limiting environmental impacts. However, to maximize the efficiency of this system, parcel lockers must be strategically located within urban areas. In this thesis, the parcel locker location problem is addressed within the framework of sustainable urban logistics, and a multi-objective decision model is proposed that holistically evaluates economic, environmental, and social dimensions. The developed model is applied to a case study in the Talas district of Kayseri, aiming to achieve economic, social, and environmental objectives. Furthermore, scenario analyses are conducted based on different capacity levels, the number of lockers to be installed, and distance thresholds. The results provide practical policy recommendations for both local governments and logistics service providers. In this regard, the thesis offers a multidimensional solution to existing gaps in the literature and presents an innovative approach that can contribute to sustainable urban logistics planning.

Keywords: Parcel locker location problem, Multi-objective optimization, Sustainability, Urban logistics, Accessibility

İÇİNDEKİLER

KENTSEL LOJİSTİKTE ÇOK FAKTÖRLÜ SON ADIM TESLİMAT PROBLEMİNİN ÇOK AMAÇLI MODELLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... **i**

TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU ..... **ii**

KILAVUZA UYGUNLUK ..... **iii**

KABUL VE ONAY TUTANAĞI ..... **iv**

TEŞEKKÜR ..... **v**

ÖZET ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

İÇİNDEKİLER ..... **viii**

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ ..... **x**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **xii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xiii**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Kentsel Lojistik Kavramı 7

1.2. Kentsel Lojistikte Sürdürülebilirlik 8

1.3. Son Adım Teslimat 11

1.3.1. Son Adım Teslimat Yöntemleri 12

1.3.1.1. Geleneksel Adrese Teslimat 13

1.3.1.2. Kitle Kaynak Teslimatı 14

1.3.1.3. Teslim Alma/ Teslim Alma Bırakma Noktası 15

1.3.1.4. Kargo Bisikleti 16

1.3.1.5. Araç İçi Teslimat 17

1.3.1.6. Otonom Araçlar 18

1.3.1.7. Kargo Dolabı 19

1.4. Türkiye'de Kargo Dolabı Uygulamaları 23

İKİNCİ BÖLÜM
LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Kargo Dolabı, Teslim Alma ve Teslim Alma Bırakma Noktası ile İlişkili Literatür Taraması 28
2.2. Kargo Dolabı Yer Seçimi ve Kapsama Problemleri ile İlişkili Literatür Taraması 34
2.3. Kargo Dolabı Erişilebilirliği ile İlişkili Literatür Taraması 41

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
UYGULAMA

3.1. Çok Amaçlı Optimizasyon 47
3.1.1. Ağırlıklı Toplam Yöntemi 48
3.1.2. Best-worst Yöntemi 48
3.2. 2SFCA Yöntemi 50
3.3. Maksimum Kapsama Problemi 54
3.4. Problemin Tanımlanması 55
3.5. Modelin Amacı 56
3.6. Problemin Matematiksel İfadesi 56
3.7. Model Parametrelerinin Belirlenmesi 59
3.8. Bulgular 65
3.8.1. Uzman Görüşleri Doğrultusunda Amaç Fonksiyonu Ağırlıklarının Belirlenmesi 66
3.8.2. Geliştirilen Modelin Örnek Veri Setine Uygulanması 67
3.9. Senaryo Analizleri 70
SONUÇ 85
KAYNAKÇA 89
TEZ İNTİHAL RAPORU 107
ÖZGEÇMİŞ 110

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

CO_2 : Karbon di-oksit

km : Kilometre

Km/sa : Kilometre/saat

Kwsa : Kilowatt saat

m : Metre

W : Watt

Kısaltmalar

2SFCA : Two Step Floating Catchment Area

AHP : Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process)

Airbnb : Airbedandbreakfast.com isimli konaklama firmasının kısaltması

API : Uygulama Programlama Arayüzü (Application Programming Interface)

ATM : Otomatik Para Çekme Makinesi (Automated Teller Machine)

BWM : Best-Worst Yöntemi

CD : Kitle kaynak teslimatı (crowdsourcing delivery)

FAHP : Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

FedEx : Federal Express lojistik firmasının kısaltması

GPS : Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)

GSYİH : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

KPMG : Klynveld Peat Marwick Goerdeler danışmanlık firmasının kısaltması

LMD : Son adım teslimat (last-mile delivery)

LSS : Lojistik servis sağlayıcı

PP : Teslim alma noktası (pickup point)

PTT : Posta ve Telgraf Teşkilatı

PUDO : Teslim alma bırakma noktası (pickup and drop off)

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

UPS : United Parcel Service kargo firmasının kısaltması

WAM : Ağırlıklı Toplam Modeli (Weighted Additive Model)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Kentsel lojistik paydaşları 8
Tablo 1.2. LMD yöntemleri 23
Tablo 3.1. Nüfus alanlarının koordinat ve nüfus bilgileri 61
Tablo 3.2. Kargo dolabı aday yerlerinin koordinat bilgileri 63
Tablo 3.3. i nüfus alanı ile k dolabı arası mesafeler (km) 64
Tablo 3.4. Karar vericilere ait kriter değerlendirmeleri 66
Tablo 3.5. Karar vericilere ait kriter ağırlıkları 67
Tablo 3.6. Örnek problem sonuçları 68
Tablo 3.7. Örnek problem amaç fonksiyon ve erişilebilirlik değerleri 69
Tablo 3.8. Örnek problem dolaplara atanan nüfus miktarları (xik) 70
Tablo 3.9. Kapasite değişimlerine bağlı amaç fonksiyonu değerleri 71
Tablo 3.10. Kapasite değişimlerine bağlı Ai değerleri 71
Tablo 3.11. Kapasite değişimlerine bağlı yi ve yk değerleri 73
Tablo 3.12. Bütçe kısıtına bağlı amaç fonksiyonu değerleri 74
Tablo 3.13. Bütçe kısıtına bağlı Ai değerleri 75
Tablo 3.14. Bütçe kısıtına bağlı bağlı yi ve yk değerleri 76
Tablo 3.15. Mesafe eşik değerlerine bağlı amaç fonksiyonu değerleri 77
Tablo 3.16. Mesafe eşik değerlerine bağlı Ai değerleri 77
Tablo 3.17. Mesafe eşik değerine bağlı yi ve yk değerleri 78
Tablo 3.18. Amaç fonksiyonu testleri 79
Tablo 3.19. Amaç fonksiyonu testleri sonucunda açılan dolaplar 79
Tablo 3.20. 13 nolu senaryo analizi xik değerleri 80
Tablo 3.21. 14 nolu senaryo analizi xik değerleri 81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Kargo dolabı 20
Şekil 3.1. Kayseri Talas ilçesi 60
Şekil 3.2. Kayseri Talas ilçesi nüfus yoğunluğu haritası 60
Şekil 3.3. Talas ilçesi mahalle haritaları 61
Şekil 3.4. Nüfus alanlarının ve kargo dolabı aday yerlerinin gösterimi 62
Şekil 3.5. Örnek problem sonuçlarının haritada gösterimi 68

GİRİŞ

Kentleşme oranlarının artması ve nüfusun büyük ölçüde kent merkezlerinde yoğunlaşması, kentsel lojistik faaliyetlerinin kapsamını genişletmiş ve karmaşıklığını önemli ölçüde artırmıştır. Kentsel alanlardaki yoğun nüfus ve teknolojinin hızlı gelişimi internet yaygınlığını artırmış ve bu durum günlük hayatı doğrudan etkilemiştir. Günümüzde bilgisayar, tablet, akıllı cep telefonları kullanımı ve internet yaygınlığı ile birlikte müşteriler zaman ve yer fark etmeksizin çevrim içi alışveriş yapabilmektedir. Geleneksel alışverişten farklı olarak çevrim içi alışveriş, müşterilere ürün kıyaslama ve seçme konusunda esneklikler sağlamakta, ek olarak aynı gün veya ertesi gün teslimat seçenekleri gibi hizmetler de çevrim içi alışverişi daha çekici hale getirmektedir. Diğer taraftan, teslim edilmesi gereken siparişlerin her geçen gün artması, hâlihazırda yüksek maliyetli olan son adım teslimatı (last-mile delivery, LMD) daha maliyetli kılmaktadır. Bireysel teslimatların sayısı artarken, bu durum kent içi trafik yükünü ve çevresel baskıları da beraberinde getirmiştir. Geleneksel lojistik altyapılar bu yeni talep yapısıyla baş etmekte yetersiz kalmakta; dolayısıyla daha akıllı, esnek ve yerelleştirilmiş çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Artan kent nüfusu, teslimat noktalarının erişilebilirliği, trafik sıkışıklığı, park alanı kısıtları ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu sorunları daha görünür hale getirmiştir. Bu bağlamda kentsel lojistik, yalnızca mal taşımaktan öte, kent yaşam kalitesini etkileyen kritik bir sistem haline gelmiştir. Lojistik faaliyetlerin kent dokusuna zarar vermeden sürdürülmesi ihtiyacı hem altyapı hem de politika düzeyinde stratejik kararlar alınmasını zorunlu kılmıştır. Kentlerdeki nüfus artışı yalnızca lojistik hacmini değil, aynı zamanda lojistik hizmetlerin erişilebilirlik, çevresel etki ve kullanıcı memnuniyeti boyutlarının da yeniden şekillenmesini gerekli kılmıştır. Bu nedenle, kentsel lojistik artık sadece operasyonel bir faaliyet değil, kent yönetimi ve sürdürülebilirlik politikalarının ayrılmaz bir bileşeni haline gelmiştir.

LMD, ürünlerin dağıtım merkezlerinden nihai tüketiciye ulaştırıldığı süreci tanımlamaktadır. Ürünün müşteriye teslim süreci içerisinde en pahalı aşama olması ve toplam maliyetin yaklaşık %28'ini oluşturması sebebiyle LMD (Zenezini vd., 2018; Pronellovd., 2017) teoride ve pratikte oldukça dikkat çekmektedir. Bazı çalışmalarda bu maliyetlerin toplam maliyetler içerisindeki oranının %75'e kadar çıkabildiği belirtilmektedir (Tan vd., 2019; L. Lin vd., 2019; Che vd., 2022). Nitekim, teslimat başarısızlıkları, yeniden gönderim ihtiyacı ve teslimat sırasında alıcının adreste bulunmaması gibi durumlar hem işletmelerin hem de kullanıcıların memnuniyetini ve maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında, kent merkezlerinde gerçekleşen LMD faaliyetleri kaynaklı artan CO_2 salınımları, trafik yoğunluğu, gürültü kirliliği, trafik kazaları, park sorunları gibi diğer negatif etkiler de söz konusu olmaktadır. Bu nedenle, lojistik sektöründe daha çevreci ve verimli teslimat çözümleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. LMD kaynaklı bahsi geçen sorunların önüne geçebilmek ve hızlı, güvenilir ve sürdürülebilir teslimatlar gerçekleştirebilmek adına güncel teslimat yöntemlerinin her geçen gün uygulama alanlarının artmasıyla birlikte önemleri de katlanmaktadır.

Bahsi geçen olumsuz sonuçların elimine edilmesinde güncel LMD yöntemlerinin rolünün araştırılması literatürde çok yeni yer edinmektedir. Yöntemlerden biri olan kargo dolabının pratikte kullanımının hızla artması sebebiyle bu yöntemin kullanılmasının ekonomik, çevresel ve sosyal maliyetlere etkisinin araştırılması ve kullanımının maliyet etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Daha verimli bir hizmet sunmak ve müşteri memnuniyetini artırmak amacına sahip olan kargo dolabı kullanımının geleneksel adrese teslimata oranla ne derece avantajlı olduğunu belirlemek karar vericiler için daha gerçekçi politikaların geliştirilmesi kapsamında faydalı olacaktır. Alıcıların teslimat noktalarına kendi tercih ettikleri zamanda 7/24 erişebilmesini sağlayan bu sistemler hem teslimat başarısızlıklarını azaltmakta hem de dağıtım rotalarının konsolide edilmesine olanak tanıyarak operasyonel verimliliği artırmaktadır. Ancak kargo dolaplarının sunduğu bu potansiyel faydaların hayata geçirilebilmesi için, bu sistemlerin nerelerde konumlandırılacağı büyük önem taşımaktadır ve kentsel lojistik planlamasında önemli bir stratejik karar alanıdır. Doğru konumlandırılmış kargo dolapları, kent içi dağıtım süreçlerinde LMD olarak adlandırılan ve daha önce de bahsedildiği gibi genellikle en maliyetli, zaman alıcı ve çevresel etkisi yüksek olan kısmın verimli yönetilmesini sağlamaktadır. Bu sayede hem teslimat süreleri kısalmakta hem de dağıtım kaynaklı trafik

yoğunluğu azalmaktadır. Böylelikle kargo dolapları, kentsel lojistiğin temel hedeflerinden biri olan dağıtım verimliliği ile kent yaşam kalitesi arasında denge kurulmasına katkıda bulunmaktadır.

Sürdürülebilir kent lojistiği perspektifinden bakıldığında, kargo dolapları sayesinde bireysel teslimat sayısı azalmakta; bu da araç başına düşen emisyonu düşürmekte, gürültü kirliliğini azaltmakta ve enerji tüketimini sınırlamaktadır. Ayrıca yer seçimi kararlarında erişilebilirlik ve kapsayıcılık gibi sosyal sürdürülebilirlik ölçütlerinin dikkate alınması, müşteri sadakatini ön planda tutmakta ve farklı sosyoekonomik grupların eşit hizmet alabilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle yaşlılar, engelliler veya adreste bulunamayan çalışan bireyler için bu sistemler daha esnek ve bağımsız teslimat olanakları sunmaktadır. Bununla birlikte, kargo dolabı yer seçimi problemleri aynı zamanda kent içi mekânsal planlama ile lojistik sistemlerin entegrasyonunu da teşvik etmektedir. Bu kararlar, yalnızca mevcut talep noktalarına değil; toplu taşıma bağlantılarına, yaya hareketliliğine ve kamu alanlarının kullanılabilirliğine göre de şekillenmektedir. Dolayısıyla bu yer seçimi problemleri, lojistik faaliyetlerin kent dokusuyla uyumlu ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir biçimde yürütülmesine zemin hazırlayarak daha yaşanabilir kentsel alanların oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında sürdürülebilir kentleşme, sürdürülebilir yerleşim planlaması, kentlerde kişi başına düşen olumsuz çevresel etkileri azaltmak, iklim değişikliği ile mücadele için somut adımlar atmak önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizin 2019 yılında yayımlamış olduğu Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Değerlendirme Raporu bu hedefler kapsamında atılan adımları detaylı bir şekilde incelemektedir (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019). Ek olarak 2024-2028 On İkinci Kalkınma Planında Lojistik ve Ulaştırma başlığında bu alanda yapılan yatırımların sürdürülebilirlik, etkinlik, erişilebilirlik, güvenlik ve verimlilik odağında gözden geçirilerek mevcut altyapının etkinliğinin artırılması planlanmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Yine bahsi geçen planda e-ticaretin artırılması, e-ticaret süreçlerinin iyileştirilmesi ve güvenli hale getirilmesi, posta sektöründe sürdürülebilir büyümeye katkı sağlanması, vatandaşlara hızlı, kaliteli, erişilebilir, çeşitli ve güvenilir posta hizmeti sunulması, evrensel hizmet yükümlülüğünün değişen koşullara göre etkin bir şekilde sürdürülmesi, değişen teknoloji ve piyasa koşulları dikkate alınarak posta

hizmetinin kapsamının gözden geçirilmesi gibi sürdürülebilir kalkınma çerçevesindeki çözümlerin dikkate alındığı görülmektedir.

Literatürde kargo dolaplarının yer seçimi problemi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle ekonomik maliyetler ön planda tutulmuştur. Özellikle sabit tesis kurulum maliyetleri, ulaşım giderleri ve işletme maliyetleri gibi unsurların modellemeye dahil edildiği görülmektedir. Buna karşın çevresel maliyetler görece daha sınırlı düzeyde ele alınmakta; sosyal maliyetlerin ise büyük oranda göz ardı edildiği dikkat çekmektedir. Sosyal sürdürülebilirlik unsurlarının, özellikle kullanıcı erişimi, kapsayıcılık ve adil hizmet dağılımı gibi bileşenlerin, karar modellerine sistematik biçimde entegre edilmediği anlaşılmaktadır. Bu durum, yalnızca maliyet-minimizasyon temelli bir yaklaşımın benimsendiğine ve kentsel lojistik sistemlerin karmaşık sosyal yapılarla olan ilişkilerinin yeterince yansıtılamadığına işaret etmektedir.

Mevcut literatürdeki bir diğer önemli sınırlılık, kargo dolaplarının kapasite kısıtlarının büyük ölçüde ihmal edilmesidir. Oysa hizmet kapasitesi, tesisin talep karşılayabilme yetisini doğrudan etkileyen, dolayısıyla erişilebilirlik, teslimat başarısı ve kullanıcı memnuniyeti açısından kritik olan bir parametredir. Ayrıca mesafe verilerinin çoğu çalışmada kuş uçuşu (doğrusal) uzaklık şeklinde ele alındığı, gerçek ulaşım altyapısını ve yol ağını yansıtan mesafe ölçümlerinin nadiren kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu durum, model sonuçlarının uygulanabilirliğini ve saha geçerliliğini sınırlamaktadır. Benzer şekilde, müşteri davranışları, yolculuk tercihleri, ulaşım aracı kullanımı ve bireysel erişim maliyetleri gibi müşteri bakış açısını temsil eden unsurlar da pek çok çalışmada göz ardı edilmiştir. Oysa kargo dolabı aracılığıyla teslimat müşteri iş birliğini gerektirmekte ve bu faktörler doğrudan müşteri sadakati ve memnuniyeti üzerinde etkili olmaktadır. Erişilebilirlik genellikle yalnızca en yakın tesisle olan mesafe üzerinden tanımlanmış; hizmet kalitesi, tesisin erişim yoğunluğu ya da kapasiteye göre hizmet sunabilirlik gibi daha karmaşık faktörler dikkate alınmamıştır.

Bu bağlamda literatürde yalnızca bir çalışmada erişilebilirlik hesaplamalarında hem mesafe faktörünün hem de tesislerin hizmet verebilirliğinin eşzamanlı olarak dikkate alındığı tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında, erişilebilirlik ölçütü nüfusun tesislere olan uzaklığına duyarlı olarak modellenirken, aynı zamanda her tesisin hizmet kapasitesine dayalı potansiyel yükü de göz önünde bulundurulmuştur. Bu yaklaşım, yalnızca fiziksel yakınlığa değil, aynı zamanda hizmet dengesine de vurgu yaparak sosyal faydanın

artırılmasını amaçlamaktadır. Ayrıca geliştirilen modelde, sürdürülebilirliğin üç temel boyutu olan ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik eşzamanlı olarak dikkate alınmış; bu şekilde literatürdeki tekil yaklaşımların ötesine geçmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çok amaçlı kargo dolabı yer seçimi modeli önerilmiştir. Karma tamsayılı programlama modeli olarak geliştirilen model, paket program aracılığıyla optimum çözümler elde etmek üzere örnek bir gerçek hayat problemi üzerinde çözülmüştür.

Örnek problem, Türkiye'nin Kayseri iline bağlı Talas ilçesinde yer alan mahalleler üzerinde uygulanmıştır. Modelde kapasite kısıtları, talep merkezlerinin gerçek mesafe verilerine göre kargo dolaplarına olan uzaklıkları, karbondioksit (CO_2) emisyonları ve bireysel müşteri davranışları gibi çok sayıda gerçekçi unsur dikkate alınmıştır. Elde edilen bulgular, yalnızca akademik katkı sağlamakla kalmayıp, yerel yönetimlerin lojistik altyapı planlamasında ve lojistik servis sağlayıcıların (LSS) dağıtım stratejilerinde doğrudan kullanılabilecek politika önerileri üretme potansiyeline sahiptir.

Tez çalışmasının bir diğer katkısı ise, kentsel lojistikteki temel paydaşları modelleme sürecine dâhil etmesidir. Bu çok paydaşlı yapı, gerçek dünya problemlerinin daha gerçekçi biçimde modellenmesine imkân sağlamakta ve elde edilen çözüm önerilerinin uygulamaya aktarılabilirliğini güçlendirmektedir. Literatürde erişilebilirlik artarken aynı anda hizmet kapsamını genişleten bütüncül bir yaklaşıma rastlanamamıştır. Bu iki kavramın birlikte ele alınması hem kapsayıcılığı artırmak hem de lojistik kaynakların etkin kullanımını sağlamak açısından oldukça önemlidir. Sonuç olarak bu tez çalışması ile literatürdeki mevcut boşluklara çok boyutlu bir yaklaşımla cevap vermek, sürdürülebilir kent lojistiği hedefleri doğrultusunda daha dengeli, erişilebilir, çevreci ve kullanıcı dostu bir dağıtım altyapısının nasıl tasarlanabileceğine dair bir örnek sunmak amaçlanmaktadır.

Birinci bölüm; kentsel lojistik, sürdürülebilir kent lojistiği ve LMD yöntemleri hakkında detaylı bilgi vermektedir. İkinci bölüm kargo dolapları, kargo dolabı yer seçimi problemleri ve kargo dolabı erişilebilirliği ile ilgili literatür taraması bölümlerinden oluşmaktadır. Üçüncü bölümde ise geliştirilen matematiksel model, örnek problem ve çözüm sonuçları ile senaryo analizleri paylaşılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kentleşme, politik, ekonomik, sosyo-kültürel ve teknolojik faktörlerin karmaşık etkileşimiyle yönlendirilen çağdaş küresel kalkınmanın belirleyici bir özelliğini temsil etmektedir. Kent merkezleri hem nüfus hem de coğrafi kapsam olarak genişledikçe, mal, hizmet ve altyapıya olan talep yoğunlaşmakta, bu durum kentsel sistemler üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Hızlı kentsel büyüme, tüketim kalıplarını güçlendirerek, son derece koordineli, verimli ve sürdürülebilir ulaşım ve dağıtım ağlarının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Uygun şekilde tasarlanmış ve uygulanmış kent lojistiği çözümleri, vatandaşların sağlığı, güvenliği ve ekonomik refahı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Yük taşımacılığına odaklanıldığında kentsel lojistik, kent alanlarında malların nihai varış noktasına fiziksel dağıtımıyla ilgilenmektedir ve maliyet etkinliği, sürdürülebilir kalkınma gibi hedefleri dikkate almaktadır (Pan vd., 2021). Çevrim içi satın alınan ürünlerin son tüketiciye ulaştırıldığı lojistik sürecinin son aşaması olan LMD, çağdaş tedarik zinciri yönetiminin temel bir unsurunu oluşturmaktadır. E-ticaretteki artış, hızlı kentleşme ve tüketicilerin hızlı ve uyarlanabilir teslimat hizmetlerine yönelik artan talepleriyle beslenen bu aşama, kentsel sıkışıklık, yüksek operasyonel maliyetler ve çevresel sürdürülebilirlik gibi önemli zorluklar ortaya koymaktadır. LMD, optimize edilmiş rota planlaması, otonom araçlar gibi gelişmiş teknolojilerin benimsenmesi veya kargo dolapları gibi alternatif teslimat çerçevelerini içeren yenilikçi yaklaşımları içermektedir. Bu yaklaşımlar operasyonel verimliliği, maliyet etkinliğini, müşteri memnuniyetini ve kentsel sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu bölümde kentsel lojistik ve LMD kavramları detaylanarak kavramsal çerçeve sunmak amaçlanmıştır. LMD'nin kentsel lojistikle ilişkisi ve kentsel lojistik içerisindeki önemine değinilmiş, bu kapsamda Türkiye'deki güncel durumdan bahsedilmiştir.

1.1. Kentsel Lojistik Kavramı

Lojistik, temel amacı müşteri gereksinimlerini verimli bir şekilde karşılamak olan mal, hizmet ve ilgili bilgilerin başlangıç noktasından varış noktasına kadar akışının ve depolanmasının sistematik olarak planlanmasını, yürütülmesini ve denetlenmesini kapsamaktadır (Ballou & Srivastava, 2004). Bu çok yönlü disiplin, ürünlerin üreticilerden tüketicilere sorunsuz bir şekilde teslim edilmesini sağlamak için nakliye, depolama, envanter yönetimi, sipariş işleme ve dağıtım gibi kritik işlevleri bir araya getirmektedir (Chopra & Meindl, 2016). Lojistiğin temel amacı, doğru ürünü, uygun miktarda, doğru konuma, en uygun zamanda ve uygun maliyetle teslim ederek operasyonel verimlilik ve müşteri memnuniyeti sağlamaktır (Christopher, 2016).

Lojistik, küresel ekonomik eğilimler, teknolojik yenilikler ve tüketicilerin hızlı ve güvenilir teslimat konusundaki artan beklentileri tarafından şekillenmektedir (Rushton vd., 2017). Modern lojistik, salt taşımacılık ve depolamanın ötesine geçerek tedarik zinciri yönetiminin kurumsal sınırlar arasında stratejik entegrasyonunu kapsar duruma gelmiştir (Ballou & Srivastava, 2004). Bu entegrasyon, arz ve talep arasında gelişmiş koordinasyonu teşvik ederek firmaların piyasa dinamiklerine hızlı bir şekilde yanıt vermesini sağlamaktadır (Chopra & Meindl, 2016). Lojistik; müşteri değeri yaratma, kısalan teslim süreleri, iyileştirilmiş yanıt verme hızı ve maliyet optimizasyonu gibi araçlarla sahip olduğu stratejik rol sayesinde tedarik zinciri süreçlerinde ciddi rekabet avantajı sağlamaktadır (Christopher, 2016).

Lojistik alanının bir alt dalı olan kentsel lojistik, yoğun nüfuslu kentlerde yük dağıtımının verimli yönetimine odaklanmaktadır. Geleneksel lojistiğin aksine kentsel lojistik, trafik sıkışıklığı, rijit teslimat süresi kısıtlamaları, çevre düzenlemeleri ve yük verimliliği ile kentsel yaşanabilirlik arasında denge kurma gibi benzersiz zorlukların üstesinden gelmek zorundadır (Dablanc, 2007). Kentsel yük dağıtımının karmaşıklığı ve kilit paydaşlar arasındaki olası çatışmalar kapsamlı bir yaklaşımı gerektirmektedir. Bu paydaşlar, kentsel lojistiği etkileme ve şekillendirme gücüne sahiptir (Rodrigue & Dablanc, 2024): Tablo 1.1 kentsel lojistik paydaşlarını içermektedir.

Tablo 1.1. *Kentsel lojistik paydaşları (Rodrigue & Dablanc, 2024)*

Paydaşlar	İlgi
Yük sahipleri	Ticari faaliyetler veya üretim faaliyetleri kapsamında mal taşınmasına ihtiyaç duyan aktörlerdir. Temel öncelikleri, teslimatların maliyeti, kapasitesi ve güvenilirliğidir.
Kent sakinleri	Kentsel teslimatların nihai alıcılarıdır. Tüketim ürünlerine kolay erişim ve atıkların zamanında toplanmasını beklerler. Aynı zamanda kamyon trafiği, gürültü ve hava kirliliği gibi olumsuz dışsallıklardan etkilenmek istemezler.
Perakendeciler	Ürün temini ve atık yönetimi ihtiyaçları bulunan aktörlerdir. Operasyonel verimliliği koruyabilmek için tutarlı, zamanında ve güvenilir teslimatlara odaklanırlar; envanter maliyetlerini asgari düzeyde tutmaya çalışırlar.
Dağıtıcılar (yük taşıyıcılar)	Malların fiziksel taşınmasından sorumlu olan bu paydaşlar, operasyonel verimlilik ve hizmet güvenilirliğini artırmaya yönelik stratejiler geliştirirler. Özellikle trafik sıkışıklığı ve uygun park yeri yetersizliği gibi kentsel koşullar, operasyonlarını doğrudan etkileyen başlıca sorunlardır.
Planlamacılar ve yöneticiler	Kentsel lojistiğin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla politika ve düzenlemeler geliştiren aktörlerdir. Çoğu zaman birbirleriyle çelişen paydaş taleplerini dengeleyerek, kentsel ulaşımın sürdürülebilir ve etkin biçimde yönetilmesini sağlamaya çalışırlar.

Kentsel yük sistemlerinin karmaşıklığı, e-ticaretin hızla büyümesiyle daha da artmakta ve bu durum, genellikle aynı gün veya ertesi gün teslimat gerektiren LMD hizmetlerine olan talebi yoğunlaştırmaktadır (Savelsbergh & Van Woensel, 2016). Kentsel lojistik, geleneksel yük taşıma sistemlerinin kentsel nüfusun dinamik taleplerini karşılamadaki yetersizliklerini gidermek için yenilikçi yaklaşımlar gerektirmektedir (Taniguchi vd., 2016). Hizmet ekonomisinin yükselişiyle birlikte ekspres taşımacılık ve kurye hizmetlerine olan talep de hızla artmıştır. Bu unsurlar, kentsel ekonomileri ulaşım sistemlerine daha bağımlı hâle getirmiş ve daha sık ve özelleştirilmiş teslimatları gerekli kılmıştır. E-ticaretin yaygınlaşması, kentsel yük dinamiklerini önemli ölçüde dönüştürmüş ve LSS'ler üzerinde LMD operasyonlarını optimize etmeleri için benzeri görülmemiş bir baskı oluşturmuştur (Joerss vd., 2016). Dablanc (2007), geleneksel yük sistemlerinin modern kent içi karmaşıklıklarıyla başa çıkmak için yeterli donanımda olmadığını ve bu nedenle araç teknolojilerinde, teslimat modellerinde ve düzenleyici çerçevelerde ilerlemeler gerektirdiğini savunmaktadır.

1.2. Kentsel Lojistikte Sürdürülebilirlik

2050 yılına kadar küresel nüfusun %70'inin kentsel alanlarda ikamet etmesi öngörülmekte olup bu durum kentsel pazarların dağıtım merkezi olarak artan stratejik önemini ortaya koymaktadır. Üretim, dağıtım ve tüketim faaliyetlerinin büyük bir bölümü

kent merkezlerinde gerçekleştiğinden şehirler ulusal ekonomik çıktının temel belirleyicisi konumundadır ve ekonomik faaliyetlerin mekansal ve işlevsel konsantrasyonunda kritik bir rol üstlenmektedir (Rodrigue & Dablanc, 2024). Sürdürülebilir bir toplumda ulaşım sistemleri, insan sağlığı ve güvenliği üzerindeki doğrudan etkileri nedeniyle kritik bir öneme sahiptir. Dünya Bankası'nın tahminlerine göre, gelişmekte olan ülkelerde her yıl yaklaşık 500.000 kişi ulaşım kaynaklı hava kirliliğine bağlı nedenlerle hayatını kaybetmektedir. Benzer şekilde, trafik kazalarına bağlı ölüm oranları da bu seviyeye yakın bir düzeydedir (Kauf, 2016). Kentsel ve metropol alanlarda yük taşıyan araç sayısındaki hızlı artış, trafik sıkışıklığı, hava kirliliği, gürültü seviyesi ve lojistik maliyetlerinde artışa yol açmakta; bu durum nihai olarak ürün fiyatlarının yükselmesine neden olmaktadır. Ayrıca, farklı türde araçların aynı ulaşım ağını paylaşması, trafik güvenliğini olumsuz etkileyerek kaza riskini artırmaktadır. Bu bağlamda, verimli bir kentsel yük dağıtım sistemi, şehirlerin rekabet gücünü artıran temel unsurlardan biri olup aynı zamanda kentsel ekonomide gelir kaynağı oluşturulması ve istihdam düzeylerinin korunması açısından da kritik bir rol üstlenmektedir (Russo & Comi, 2010).

Sürdürülebilir kalkınma, mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetini tehlikeye atmayan bir kalkınma modelidir (Brundtland, 1987). Günümüzde, yaşam kalitesinde uzun vadeli ve sürekli bir iyileşme sağlamayı hedefleyen sürdürülebilir kalkınma stratejisine yönelik küresel bir yönelim söz konusudur. Bu strateji, doğal kaynakların etkin ve verimli kullanımını esas alarak ekonomik, ekolojik ve sosyal yenilik potansiyelini değerlendirebilen refahı artırırken çevresel koruma ve toplumsal uyumu gözeten sürdürülebilir toplulukların oluşturulmasını amaçlamaktadır (Russo & Comi, 2010). Böyle bir eğilim, şehirlerin kesintisiz tedarik akışını sağlarken aynı zamanda yaşam kalitesini koruma ve ulaşımın çevresel etkilerini azaltma (örneğin, CO_2 emisyonlarının düşürülmesi, gürültü ve araç yoğunluğunun azaltılması) gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, kentsel lojistikte yeni ve karmaşık zorluklar ortaya çıkmaktadır (Kauf, 2016).

Kentsel yük taşımacılığı analizinde iki temel yük hareketi türü tanımlanabilir: son-tüketici hareketleri ve lojistik hareketler (Russo & Comi, 2010):

- *Son-tüketici hareketleri*, bireysel veya ticari müşterilerin ikamet ettikleri ya da tükettikleri alanlardan mal temin ettikleri bölgelere yaptıkları seyahatleri kapsamaktadır. Bu tür hareketlerde karar alıcı genellikle son-tüketicinin kendisidir.

Söz konusu hareketler, tüketicinin satın aldığı malları doğrudan tüketim noktasına taşımasını ifade eder; örneğin, bir müşterinin mağazadan satın aldığı ürünleri kendi aracıyla ikamet ettiği yere götürmesi bu kategoriye girer. Son-tüketiciler tarafından taşınan yük birimi genellikle "parsel" olarak adlandırılmaktadır.

- *Lojistik hareketler* ise ürünlerin üretim tesislerinden, dağıtım merkezlerinden veya depolardan perakende satış noktalarına ya da doğrudan son-tüketicilere ulaştırılması sürecini ifade eder. Bu tür hareketlerde genellikle birden fazla taraf (örneğin tedarikçiler, dağıtım firmaları, perakendeciler) söz konusudur.

Bireylerin artan hareketliliği ve bireysel ulaşım araçlarının yaygınlaşması, kent içi mal akışlarıyla birlikte ulaşım sistemleri üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Çevrim içi alışverişin artması sebebiyle teslimatların daha sık gerçekleşmesi ve küçük miktarda partilerden oluşması tedarik zincirlerinin esnekliğine yönelik talebi daha da artırmaktadır. Yük taşımacılığı toplam trafik akışının %10'undan daha azını oluştursa da altyapı üzerindeki yük, çevresel kirlilik ve gürültü açısından orantısız derecede yüksek bir etki yaratmaktadır (Kauf, 2016). Bu çerçevede, sürdürülebilir kentsel ulaşım ve lojistik hedeflerine ulaşabilmek adına uygun teşvik ve yaptırım mekanizmalarının geliştirilmesi kritik bir gereklilik haline gelmektedir.

Artan nüfus ve internet yaygınlığı ile birlikte çevrim içi alışveriş, hayatın vazgeçilmez bir parçası hâline gelmiş ve kargo gönderim oranlarında hızlı bir artışa neden olmuştur. Bu durum kent içi yük taşımacılığını her zamankinden daha karmaşık hale getirmiştir. Tedarik zinciri süreçlerinin merkezinde lojistik faaliyetler yer almakta ve lojistik maliyetlerin %33'ünü en görünür faaliyet olan taşıma kapsamaktadır (Chiang vd., 2019). Taşıma faaliyeti, sera gazı emisyonlarının %27 düzeyinde ana kaynağı olarak görülmektedir. Avrupa Birliği ölçeğinde, toplam nitrojen oksit emisyonunun yaklaşık %54'ünün, karbonmonoksitin %45'inin ve PM10 ve PM2,5 partiküllerinin sırasıyla %23'ünün ve %28'inin kaynağı durumundadır (Grondys, 2019). LMD ise lojistik süreçler içerisinde yalnızca ekonomik maliyetlerin değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal maliyetlerin de önemli bir kaynağı olması sebebiyle lojistiğin darboğazı haline gelmiştir. Özellikle LMD aşaması toplam taşıma maliyetlerinin yaklaşık %28'ini oluşturarak farklı teslimat yöntemlerine olan ihtiyacı artırmıştır. LMD kavramı ve yeni nesil teslimat yöntemleri sonraki başlıklarda detaylandırılmıştır.

1.3. Son Adım Teslimat

Lojistikte "son adım" kavramı, herhangi bir ürünün son kullanıcıya ulaştırıldığı son aşamayı ifade etmektedir. Bu aşama, yüksek maliyet payı, operasyonel verimsizlikler ve kentsel tıkanıklık gibi sorunlar nedeniyle hem akademik çevrelerin hem de sektörün artan ilgisini çekmektedir. Günümüzde birçok sektör, taşımacılık ihtiyaçlarını kara yolu taşımacılığına kaydırmış ve bu durum şehir içi yol altyapısının yükünü artırmıştır. Özellikle kent merkezleri, tüketim noktaları veya yeniden dağıtım merkezleri olarak işlev gördüğünden bu durum kentsel tıkanıklığı daha da derinleştirmektedir. Son adım dağıtımları, teslimat sıklığını azaltma ve sabit hizmet kalitesini koruma çabasıyla, daha fazla taşıma kapasitesine olan ihtiyacı beraberinde getirmektedir (Rodrigue, 2020).

LMD çeşitli hizmetleri kapsayan geniş bir kavramdır. Allen vd. (2018), hazır yemekler, market alışverişi, kurye hizmetleri, büyük tüketim malları (beyaz eşya, mobilyalar vs.) ve paket gönderileri dahil olmak üzere taşınan malların doğasına göre LMD'nin bir kategorizasyonu olduğunu belirtmektedir. Her alt kategori benzersiz operasyonel özellikler sergilerken, kentsel lojistik uygulamalarında önemli örtüşmeler de söz konusu olmaktadır. Örneğin, kurye hizmetleri genellikle bisikletle teslim edilen hafif ürünleri içerirken, hacimli ev eşyaları daha büyük araçlar ve ekipler gerektirmektedir. Bu durum, dronlar veya kargo bisikletleri gibi yenilikçi teslimat yöntemlerinin kullanımını sınırlamaktadır.

Müşterilerin hızlı ve düşük maliyetli teslimat beklentileri, firmaları LMD sürecini optimize etmeye zorlamaktadır. Dağıtım altyapısının yetersizliği, rotaların verimsiz planlanması, teslimat saatlerinde alıcıların adreste bulunmaması gibi sorunlar sürecin etkinliğini azaltırken teslimatta gecikmeler ve tekrar teslimat girişimleri gibi etkenler süreci daha da maliyetli hale getirmektedir. Teslimat noktalarının farklılığı, sık duraklamalar, teslimatın bireyselleştirilmiş yapısı, başarısız teslimatlar ve sıkışık kent merkezleri LMD süreçlerindeki verimsizliklerin başında gelmektedir.

LMD sürecinde özellikle adreste bulunmama sorunsalı ev dışı teslimat yöntemlerinin önemini artırmaktadır. Che vd. (2022) gönderilen paketlerin yaklaşık %20–30'unun tekrar teslim edilmeye çalışıldığını bildirmiştir. Müşterinin adreste bulunmaması durumunda yapılan gözetimsiz ürün teslimatları "veranda korsanlığı" olarak da adlandırılan hırsızlıkların hiç de azımsanmayacak düzeyde olduğunu göstermektedir. The Chamber of Commerce adlı bir ürün araştırma şirketi, 1.250 ABD'li tüketiciyle yaptığı

ankette katılımcıların %26'sının paket hırsızlığı mağduru olduğunu belirtmiştir. Capitol One bankası tarafından çeşitli kaynaklar kullanılarak derlenen başka bir rapor ise geçtiğimiz yıl Amerikalıların %14'ünün "veranda hırsızlığı"na maruz kaldığını göstermektedir. Bu hırsızlıkların toplamda 29,2 milyar dolarlık kayba yol açtığı ifade edilmiştir (Hadero, 2023). Bu durum LSS'leri kargo dolapları ve teslim alma noktaları (pickup point, PP) gibi çözümleri araştırmaya teşvik etmiştir. UPS ve FedEx gibi firmalar, müşterilerin evde olmadıkları durumlarda paket teslimatlarını ertelemelerine veya başka teslimat noktalarına yönlendirmelerine olanak tanımaktadır; bu hizmetler bazı durumlarda ücretsiz, bazılarında ise ücretli olmaktadır.

Müşteri gözünde ürünün değerini belirleyen en görünür aşama olması, LSS'ler tarafından teslim edilmesi gereken sipariş miktarının her geçen gün artması, adreste bulunmama nedeniyle teslimatın gerçekleştirilememesi, yanlış adrese teslimat, iş yerine teslimatlarda mesai kısıtı, çevre ile ilişkili yasal düzenlemeler ve artan müşteri bilinci LMD süreçlerinin yönetimini zorlaştırmaktadır. Bunun sonucu olarak ortaya çıkan sorunlar yalnızca ekonomik maliyetlere değil, çevresel ve sosyal maliyetlere de dönüşmektedir. Bu doğrultuda müşteriler, daha hızlı, daha güvenli, daha az maliyetli ve daha sürdürülebilir ürün teslimatları talep etmekte iken LSS'ler adreste bulunmamaya bağlı olarak gerçekleşen verimsizlikleri elimine etmek ve maliyetlerini düşürmek, yerel yönetimler ise bir taraftan kent içi lojistik faaliyetlerin kent ekonomisine olan katkısı artarken, bir taraftan da faaliyetlerin kent sakinlerinin yaşam kalitesini düşürmemesini istemektedir. LMD sorununu ele almak, kentsel planlama, ulaşım politikası, lojistik inovasyonu ve çevresel sürdürülebilirliği kapsayan çok ölçekli stratejiler gerektirmektedir. Politika yapıcıların, son adım çözümlerinin mekânsal eşitsizlikleri artırmamasını veya çevresel maliyetleri dışsallaştırmamasını sağlayarak verimlilik ve eşitlik arasında denge kurmaları gerekmektedir. Kargo dolapları, otonom araçlar ve müşteriyle gerçek zamanlı iletişim gibi yenilikçi uygulamalar, operasyonel maliyetleri düşürmenin yanı sıra müşteri memnuniyetini artırmada önemli rol oynamaktadır (Onfleet, 2023).

1.3.1. Son Adım Teslimat Yöntemleri

LMD yöntemleri, eve teslimat ve ev dışı teslimat olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Geleneksel eve teslimat süreçlerinde karşılaşılan zorluklar gerek eve teslimat gerekse ev dışı teslimatlara yönelik alternatif yaklaşımların geliştirilmesine zemin hazırlamış, bu yöntemler hem akademik çevrelerin hem de uygulayıcıların

dikkatini çekmiştir. Alt başlıklarda öncelikle geleneksel adrese teslimat yöntemine değinilmiş ardından yeni nesil teslimat alternatiflerinden bahsedilmiştir. LMD çerçevesinde yeni nesil teslimat alternatifleri çeşitlidir. Alternatifler içerisinde yer alan kitle kaynak kullanımı, PP, teslim alma ve bırakma (pickup and dropoff, PUDO) noktası, kargo bisikleti, araç içi teslimat, otonom araçlar (hava ve kara) ve kargo dolabı yer almaktadır.

1.3.1.1. Geleneksel Adrese Teslimat

Geleneksel minibüs veya kamyonetlerle gerçekleştirilen kapıdan kapıya teslimata dayalı LMD modeli, dünya genelinde paket dağıtımı için halen en yaygın kullanılan sistemdir. Bu modelde, teslimat araçları merkezi bir depodan hareket ederek sürücü denetiminde ürünleri doğrudan müşterilerin adreslerine ulaştırmaktadır. Ancak çoğu zaman trafik veya müşteri tercihleri gibi dinamik faktörleri hesaba katmada mevcut yazılımların sınırlılıkları nedeniyle optimizasyon araçları yerine kişisel bilgilere güvenilmektedir (Allen vd., 2012).

Bu teslimat modeli, özellikle kentsel alanlarda önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Temel operasyonel sorunlar arasında, teslimat sürelerini ve park ihlali riskini artıran park yeri eksiklikleri ve ilk seferde başarısız teslimatların olması, alternatif alıcılar veya depoya dönüş yolculukları gerektirme durumları yer almaktadır (Nguyê˜n vd., 2019). E-ticaretin yükselişi ve hızlı teslimatlara olan talep, geleneksel sistemlerin aynı gün teslimat gereksinimlerini karşılamakta zorlanması nedeniyle operasyonları daha da karmaşık hale getirmektedir (Winkenbach vd., 2016). Bu sorunların çözümü için rota optimizasyonu kritik öneme sahiptir. Birçok LSS, günlük planlamayı kolaylaştırmak için hizmet alanlarını sabit bölgelere ayırmaktadır, ancak bu durum müşteri-tur atamalarındaki esnekliğin azalmasına neden olmaktadır (Haugland vd., 2007). Trafik sıkışıklığı ve teslimat süresi aralıkları gibi zamana bağlı faktörler de rotalamayı daha karmaşık hale getirerek tur sürelerini en aza indirmek için gelişmiş algoritmalar gerektirmektedir (Ehmke vd., 2012).

Geleneksel kamyonetlerin çevreye zararını azaltmak adına tercih edilen elektrikli araçlar sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için giderek daha fazla tercih edilmektedir, ancak bunların bölge tasarımına ve filo büyüklüğüne entegrasyonu yakın geçmişte henüz yeterince araştırılmamıştır (Hiermann vd., 2016). Diğer yandan çevresel olumlu etkilerine karşın geleneksel adrese teslimatın neden olduğu bahsi geçen diğer maliyetlere çözüm

sunamamaktadır. İngiltere'de müşterilerin %43'ü geleneksel adrese teslimat süreçlerinde olumsuz deneyimler yaşadıklarını belirtmektedir (Nguyê˜n vd., 2019). Yaygın kullanımına rağmen, bu model, özellikle gerçek zamanlı verilerin entegrasyonu, çoklu tur programlarının optimizasyonu ve kentlere özgü kısıtlamaların ele alınması konularında çok sayıda araştırma açığı ortaya koymaktadır.

1.3.1.2. Kitle Kaynak Teslimatı

Kitle kaynak teslimatı (Crowdsourced delivery, CD), geleneksel lojistik sistemlerinin yetersiz kaldığı LMD sorunlarına alternatif bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır (Guo vd., 2019). Özünde CD, bireylerin mevcut yolculuklarını mal taşımacılığıyla birleştirerek geçici sürücüler ya da yayalar aracılığıyla teslimat yapılmasını sağlamaktadır (Arslan vd., 2016). Operasyonel çerçevesi, merkezi olmayan geçici iş gücüne dayanmaktadır. Bu model, özellikle yoğun kentsel alanlarda artan teslimat talebiyle birlikte, trafik sıkışıklığı, yüksek maliyetler ve teslimat süresi gibi lojistik sorunları hafifletme potansiyeline sahiptir (Hamari et al., 2016; Wang et al., 2016). Bununla birlikte, CD sisteminin ölçek ekonomisinden yoksun olması, geleneksel taşıyıcılarla (UPS, DHL gibi) maliyet rekabetine girmesini zorlaştırmaktadır. Büyük lojistik firmalarının konsolidasyon gücü sayesinde birim başına maliyetleri düşürebilmesi, bireysel CD girişimlerinin yaygınlaşamamasının temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Gammelgaard, 2015). Bu durum, 2013-2014 yıllarında Walmart ve DHL gibi büyük firmalar tarafından başlatılan CD pilot projelerinin sürdürülememesine de yansımıştır.

CD, kişisel araçlar kullanan profesyonel olmayan dağıtıcıların devreye girmesiyle LMD süreçlerini yeniden tanımlamış ve Uber, Airbnb gibi platformların paylaşım ekonomisi prensiplerini somutlaştırmıştır (Habibi vd., 2017). E-ticaretin katlanarak büyümesiyle ve tüketicilerin hızlı hatta aynı gün teslimat beklentileriyle desteklenen bu model, yeterince kullanılmayan kaynakları optimize ederek uygun maliyetli ve uyarlanabilir çözümler sunmaktadır. Amazon Flex ve Walmart Spark Delivery gibi büyük perakendeciler, dalgalanan talebi karşılamak için gerçek zamanlı planlama ve dinamik fiyatlandırmadan yararlanarak bu yaklaşımı benimsemiştir (Alnaggar vd., 2021). Amazon Flex, sürücülerin mobil bir uygulama aracılığıyla teslimat bloklarını seçmesine olanak tanıyan kendi kendini planlama modelini kullanırken, Walmart Spark Delivery, yoğun dönemlerde güvenilirliği sağlamak için merkezi planlamayı performansa dayalı teşviklerle entegre etmektedir (Alnaggar vd., 2021). Bu teslimat modeli, filo bakımını ortadan kaldırarak

operasyonel maliyetleri düşürmekte, aynı gün hizmetler için kritik olan teslimat hızını artırmakta ve talebe göre ölçeklendirme esnekliği sağlamaktadır (Deloitte, 2020).

Paylaşım ekonomisinin yükselişi, bilgi iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ve modern lojistik süreçler CD sistemlerinin önünü açan önemli etkenlerdir. Özellikle Uber, Airbnb ve Peerby gibi girişimlerle şekillenen bu yeni ekonomi modeli, mal ve hizmetlerin paylaşımını esas alarak bireylerin aktif ekonomik aktörler haline gelmesini desteklemektedir (Martin, 2016). CD de bu bağlamda, kullanıcıları aynı zamanda taşıyıcıya dönüştürerek ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar sunmayı amaçlamaktadır. Arslan et al. (2016) CD ile %37'ye kadar sürüş mesafesi tasarrufu sağlanabileceğini ortaya koyarken, Kafle et al. (2017) yayalar ve bisikletlilerin de dahil edildiği sistemlerin hem maliyeti hem de seyahat mesafesini azalttığını vurgulamıştır. Sonuç olarak, kitle kaynaklı teslimat, e-ticaretin yaygınlaşmasıyla birlikte LMD süreçlerini yeniden şekillendiren ölçeklenebilir ve uygun maliyetli bir çözüm sunmaktadır. Diğer taraftan bu hizmet modeli güvenilirlik, adil ücretlendirme ve yasal uyumluluk gibi zorlukların üstesinden gelmek, optimize edilmiş eşleştirme algoritmaları ve dinamik rotalama modelleri de dahil olmak üzere yenilikçi operasyon araştırmalarının yanı sıra net politika çerçeveleri gerektirmektedir.

1.3.1.3. Teslim Alma/ Teslim Alma Bırakma Noktası

PP ve PUDO noktaları müşterilerin ürünlerini toplamak üzere son adımı kendilerinin tamamladıkları yeni nesil teslimat yöntemlerindendir. PP'den farklı olarak PUDO, ürün toplamanın yanında ürün iadesine de izin veren noktalardır. İade süreçlerinde etkili olan PUDO'lar, müşterilerin paketleri kolayca bırakabilmelerine olanak tanıyarak, iade lojistiğinin konsolidasyonunu kolaylaştırmaktadır (Morganti vd., 2014b). Bu noktalar halihazırda var olan işletmelerin LSS'lerle iş birliği yaparak ürün dağıtımında bir teslimat noktası olmasını sağlamaktadır. Çiçekçi, kuruyemişçi, elektronik mağazası gibi çok çeşitli skalada hizmet veren işletmeler PP veya PUDO olabilmektedir. Müşteri çevrim içi alışveriş sırasında ürünün varış noktası olarak daha önceden PP veya PUDO olarak belirlenmiş noktaları tercih ettikten sonra ürünler kargo araçları tarafından bu noktalara teslim edilir ve müşteri ürünlerini işletmelerin çalışma saatleri içerisinde toplar (Yılmaz vd. 2022). Güncel literatür, bu sistemlerin gönderileri birleştirerek ve kapıdan kapıya teslimatı sınırlayarak teslimat hatalarını, trafik sıkışıklığını ve CO_2 emisyonlarını önemli

ölçüde azaltabileceğini göstermektedir (Pourmohammadreza vd., 2025; Alidaee vd., 2023).

Tüketici kabulü, PP/PUDO stratejilerinin etkinliğinde önemli bir faktördür. Araştırmalar yakınlık, güvenlik ve kullanım kolaylığının, tüketicilerin bu tür sistemleri benimseme isteğinin temel belirleyicileri olduğunu vurgulamaktadır (Tsai vd., 2024). Bu noktalar, müşterilerin kolayca ulaşabileceği ve düzenli olarak ziyaret ettiği marketler, büfeler, alışveriş merkezleri ve benzin istasyonları gibi yerlerde konumlandırılmaktadır. Aslında yeni bir çözüm olmayan bu teslimat türü eskiden postaneler tarafından yerine getirilmekteyken günümüzde müşteriye istediği yerde gönderi alma ve bırakma özgürlüğü tanıdığından kullanışlı bulunmaktadır (Kawa, 2020). Bu yaklaşım, dağıtım araçlarının seyahat mesafesini azaltmakta ve yakıt tüketimini düşürmektedir (Gevaers vd., 2011). Çevresel açıdan bakıldığında daha kısa seyahat mesafesi, karbon emisyonlarını ve enerji tüketimini önemli ölçüde azaltır, bu da kentlerin sürdürülebilirliği için oldukça önemlidir (Chen vd., 2017; Edwards vd., 2010; Moroz & Polkowski, 2016).

Bu tür sistemlerin başarısı, operasyonel verimliliğin tüketici davranışlarıyla dengelenebilmesine bağlıdır. Dolayısıyla hem operasyonel hem de tüketici odaklı bakış açılarının bütüncül bir şekilde entegre edilmesi, PUDO'ların etkinliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır (Schaefer & Figliozzi, 2021). Yöntem, yanlış teslimat ve adreste bulunmama kaynaklı maliyetleri azalttığından maliyet, verimlilik ve çevresel performansta somut faydalar sunmaktadır. Ancak ürünlerin PP/PUDO olarak belirlenmiş işletmelerin çalışma saatleri içerisinde toplanması gerektiğinden zaman kısıtı söz konusudur.

1.3.1.4. Kargo Bisikleti

Artan kentsel trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve sürdürülebilir teslimat çözümlerine olan talebin artmasıyla birlikte, kargo bisikletleri yoğun kentsel ortamlarda LMD için umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Kargo bisikletleri, iki aşamalı bir lojistik modelinde en etkili şekilde çalışmaktadır. Minibüsler aracılığıyla ürünler mikro depolara taşınmakta ve kargo bisikletleri buradan son teslimat ayağını tamamlayarak ürünleri müşterilerin adreslerine ulaştırmaktadır. Bu depo-minibüs-bisiklet-adres konfigürasyonu, araç emisyonları, yol tıkanıklığı ve gürültü kirliliği gibi son kilometredeki çeşitli verimsizlikleri ele almaktadır. Örneğin, Antwerp'te kargo bisikletlerinin kullanımı, harici teslimat maliyetlerinde %40'lık bir azalma sağlamıştır (Arnold vd., 2018). Ancak, bu

modelin operasyonel ölçeklenebilirliği, kargo bisikletlerinin sınırlı yük kapasitesi ve sık sık stok yenilemeye olan bağımlılığı nedeniyle sınırlıdır ve bu da optimum bir mikro depo ağı gerektirmektedir (Fikar vd., 2018).

Kargo bisikletlerinin mevcut teslimat sistemlerine verimli bir biçimde entegre edilmesi, kapsamlı ve çok katmanlı planlama zorluklarını beraberinde getirmektedir (Boysen vd, 2021). Mikro depoların konumu ve kapasitesine ilişkin stratejik kararlar, sabit ve değişken maliyetler ile müşteri teslimat maliyetlerinde sağlanan azalmalar arasında bir denge gözetilerek alınmalıdır. Bununla birlikte, personel planlaması ve filo kompozisyonuna dair operasyonel kararlar, sistemin karmaşıklığını daha da artırmaktadır. Teslimat performansı göstergeleri (örneğin dakiklik), elektrikli ya da geleneksel kargo bisikletlerine yapılacak yatırımlar ve işçilik maliyetleri ile birlikte değerlendirilmelidir. Choubassi vd. (2016) farklı bisiklet türlerini karşılaştırarak, net bugünkü değer yöntemine göre elektrikli üç tekerlekli bisikletlerin en uygun maliyetli çözüm olduğunu ortaya koymuştur.

Kargo bisikletleri sürdürülebilir lojistik için önemli bir potansiyele sahip olsa da bazı sınırlamaları da söz konusudur. Bisiklet sürücülerinin yaş ve fiziksel yeterlilikleri, bu teslimat yönteminin uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bu durum, işin fiziksel açıdan daha zorlayıcı doğasıyla birlikte yüksek iş gücü maliyetlerine, sağlık sigortası ve yan haklara ilişkin ek maliyetlere yol açabilmektedir. Hava koşulları ve topografik özellikler de bu taşıma modunun etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, buzlu yüzeyler ya da eğimli araziler, kargo bisikleti kullanımını kısıtlayıcı koşullar yaratmaktadır. Elektrikli bisikletler ise bataryaların her şarjda sağladıkları sınırlı menzil (yaklaşık 40 ila 65 km) nedeniyle, teslimat rotalarının görece kısa mesafelerde planlanmasını zorunlu kılmaktadır (Choubassi vd., 2016).

1.3.1.5. Araç İçi Teslimat

Araç içi teslimat, kargo şirketlerinin müşterinin aracına uzaktan erişim sağlayarak paketi doğrudan aracın bagajına bırakmasına olanak tanıyan bir yöntemdir. Bu sistem, özellikle teslimat anında müşterinin adreste bulunma zorunluluğunu ortadan kaldırarak teslimat başarısızlıklarını azaltmayı amaçlamaktadır (Marinagi vd., 2015). Kurye, müşterinin belirli bir zaman aralığında aracını park ettiği konumu sistem üzerinden öğrenir ve mobil uygulama üzerinden tek seferlik erişim izni alarak paketi aracın bagajına yerleştirir. Bu teslimat modeli, kent içi trafiğini azaltma, CO_2 emisyonunu düşürme ve teslimat

sürecinde zaman tasarrufu sağlama gibi çeşitli avantajlara sahiptir (Punel & Stathopoulos, 2017).

Ancak araç içi teslimatın yaygınlaşmasının önünde bazı teknik ve davranışsal engeller bulunmaktadır. Güvenlik ve mahremiyet endişeleri, tüketicilerin bu sisteme olan yaklaşımında belirleyici rol oynamaktadır. Araştırmalar, kullanıcıların araçlarının uzaktan açılması konusuna temkinli yaklaştıklarını ve LSS'ye olan güven düzeyinin tercihleri etkilediğini göstermektedir (Buldeo vd., 2019). Ayrıca araç konumunun dinamik olması, teslimat rotalarının önceden planlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, araç içi teslimat sistemlerinin etkinliği, sadece teknolojik altyapıya değil, aynı zamanda kullanıcı kabulü ve davranışsal faktörlere de bağlıdır.

1.3.1.6. Otonom Araçlar

Son adım sorunlarına çözüm olarak geliştirilen otonom teslimat sistemleri, özellikle insansız hava araçları (dronlar) ve yer tabanlı teslimat robotları, kentsel alanlarda çevresel etkileri azaltma, operasyonel verimliliği artırma ve yeni hizmet modelleri sunma potansiyeli taşımaktadır (Simoni vd., 2020; Hoffmann & Prause, 2018). Dronlar ve teslimat robotları, temel olarak LMD süreçlerini otomatikleştirmeyi hedeflerken, operasyonel anlamda önemli farklılıklar göstermektedirler.

Dronlar, 50-100 km/sa gibi yüksek hızlara ulaşabilmekte ve özellikle düşük ağırlıklı, yüksek öncelikli paketlerin daha az yoğun ya da kırsal alanlara ulaştırılmasında etkili olmaktadır. Ancak hava sahası düzenlemeleri, özellikle havalimanı yakınlarında uçuş kısıtlamaları ve zorunlu operatör gözetimi gibi sınırlamalar, bu araçların yaygın kullanımını engellemektedir (Murray & Chu, 2015). Tesimat robotları kaldırımlar üzerinde çalıştığı için hava sahası düzenlemelerinden muaftır ve birçok uygulamada tek bir operatör, onlarca teslimat robotunu uzaktan gözetleyebilmektedir (Bakach et al., 2021). Ancak bu sistemler yaya yolları ve kavşak geçişleriyle sınırlı olduğundan, rota planlama ve navigasyon algoritmaları açısından çeşitli kısıtlamalar getirmektedir.

Teslimat robotları iki temel modelde çalışmaktadır. İlki, robotların doğrudan merkezi bir depodan yola çıkarak müşterinin adresine teslimat yaptığı modeldir. İkincisi ise, robotların kamyon veya minibüs gibi mobil bir taşıma aracıyla hedef bölgeye ulaştırıldıktan sonra teslimat yaptığı dağıtım modelidir (Boysen vd., 2018; Jennings & Figliozzi, 2019). Dron sistemlerinden farklı olarak, teslimat robotları yalnızca alıcının fiziksel olarak hazır bulunduğu durumlarda teslimat gerçekleştirebilmekte, bu da sistemin

esnekliğini sınırlamaktadır. Müşteri, bir mobil uygulama aracılığıyla robota erişim sağlayarak paketi manuel olarak teslim aldığından insansız ve temassız teslimat özelliği sunan dronlara kıyasla teslimat robotlarının teslimat kabiliyeti insan etkileşimine daha bağımlıdır.

Dronlar, tıp lojistiğinden (Bhatt vd., 2018) perakendeye kadar çok sayıda sektörde kullanılmaktadır. Hızlı yaygınlaşmaya karşın olumsuz hava koşullarından etkilenmesi, sınırlı batarya ömrü ve siber güvenlik riskleri teslimat güvenilirliğini etkileyen başlıca teknik sorunlardır. Özellikle son adım dağıtımında rota planlaması, çarpışma önleme ve görev süresi kısıtlarını aynı anda optimize etme gereği nedeniyle kritik bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır (Mourtzis vd., 2024; Lagorio & Pinto, 2020). Dron teknolojisinin lojistik sektörüne entegrasyonunda yasal düzenlemeler ile güvenlik ve mahremiyet tehditleri en kritik engeller olarak öne çıkmakta; ayrıca kamu algısı, çevresel, teknik ve ekonomik faktörler de dikkate alınması gereken önemli sınırlayıcılar arasında yer almaktadır (Sah vd., 2021).

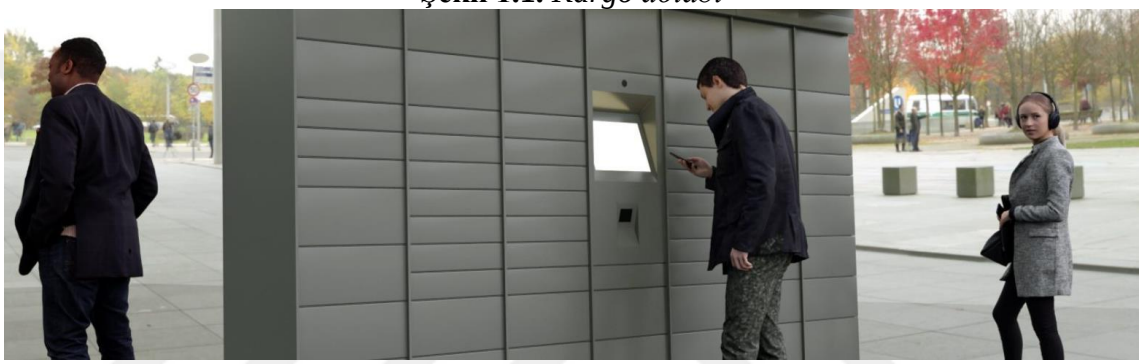
Otonom sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte, düzenleyici ve hukuki altyapının da bu teknolojilere uyum sağlaması kaçınılmazdır. Özellikle kaldırım kullanımına ilişkin yasal boşluklar, yayalarla etkileşim, sorumluluk hukuku ve veri güvenliği konuları, teslimat robotlarının kamusal alanda kullanımı açısından çözülmesi gereken temel sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Hoffmann ve Prause (2018), teslimat robotlarının işleyişinin mevcut trafik düzenlemeleri kapsamında nasıl ele alınması gerektiğini irdeleyerek Starship Technologies örneğini incelemişlerdir. Bununla birlikte, teslimat robotları üzerindeki sensörler ve kameralar aracılığıyla toplanan verilerin Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü'ne uygun olarak işlenmesi gerekliliği, güçlü şifreleme ve sınırlı veri depolama politikalarını zorunlu kılmaktadır.

1.3.1.7. Kargo Dolabı

Literatürde veya uygulamada farklı isimlerle de (kabul kutusu, paylaşımlı kabul kutusu, paket dolabı, paket istasyonu, akıllı dolap, kargo otomatı, kargo istasyonu gibi) ifade edilebilen kargo dolabı birim dolap ünitelerinden oluşan ve dijital teslimat seçeneği sunan güncel LMD yöntemlerinden biridir. Müşterinin çevrim içi ürün siparişi sırasında teslimat seçeneği olarak kargo dolabını seçmesi ile süreç başlamaktadır. İlgili müşterinin seçmiş olduğu kargo dolabı ünitesine teslim edilen ürün müşteri tarafından yine müşteriye gönderilen özel bir dijital kodla toplanabilmektedir. Dijital şifreleme, teslim seçeneğinin

güvenliğini sağlamaktadır (Kawa, 2020). Yalnızca yetkili kişilerin paketlere erişebilmesi kişisel kodlar, QR kodlar veya biyometrik yöntemler (örneğin, yüz tanıma veya parmak izi taraması) gibi yöntemlerle sağlanmaktadır. Dolapların kamera ve alarm sistemleri ile donatılmış olması potansiyel hırsızlık olaylarını önüne geçmektedir. Ayrıca, GPS izleme ve gerçek zamanlı izleme özellikleri, paketlerin konumunu ve durumunu sürekli olarak takip etmeyi mümkün kılmaktadır. Böylece kaybolma veya çalınma riski azaltmaktadır. Veri şifreleme aracılığıyla kullanıcı bilgileri korunarak gizlilik sağlanmaktadır. Şekil 1.1 kargo dolabı görselini göstermektedir.

Şekil 1.1. *Kargo dolabı*



Kaynak: Fitekno. (2025). Akıllı kargo dolabı-Kargodrop. https://www.fitekno.com/project/kargodrop/

Türkiye'de PTT (PTT Kargomat), Yurtiçi Kargo (YK Plus 7/24) ve Trendyol gibi firmalar tarafından kullanılan kargo dolapları, müşterilerin teslimat sırasında evde bulunma zorunluluğunu ortadan kaldırmakta ve yanlış teslimat riskini azaltmaktadır. Ayrıca, 7/24 erişim imkânı sunmaları sayesinde zaman esnekliği sağlamaktadır. Bu yönleriyle kargo dolapları; LSS'ler, tüketiciler ve kentsel yönetimler açısından etkili ve sürdürülebilir bir LMD alternatifi olarak öne çıkmaktadır.

Kargo dolapları, önceden belirlenmiş sabit noktalarda (örneğin, alışveriş merkezleri, toplu taşıma istasyonları, apartman girişleri gibi) konumlandırılmış, kullanıcıların gönderilerini kimseyle doğrudan temas kurmadan, istedikleri zaman güvenli şekilde teslim alabilecekleri otomatik sistemlerdir (Morganti vd., 2014). Temassız teslimat sağlaması nedeniyle özellikle COVID-19 salgını sonrası tüketicilerin güvenilirlik ve hijyene öncelik verdiği Ho Chi Minh Kenti gibi Asya genelindeki şehirlerde kargo dolapları hızlı bir şekilde benimsenmiştir (Tsai vd., 2024). Bu sistemler, dağıtımın merkezileştirilmesini sağlayarak teslimat başına maliyetleri önemli ölçüde düşürmekte, teslimat verimliliğini artırmakta ve teslimat başarısızlık oranlarını minimize etmektedir (Iwan vd., 2016). Pinchasik vd. (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ev

teslimatlarının kargo dolaplarına yönlendirilmesinin lojistik maliyetleri %3,3- 7,7 oranında, araçların kat ettiği mesafeleri ise %15- 33 oranında azalttığı belirtilmektedir. Bu değişimlerin, trafik yoğunluğu ve teslimat sürelerinde anlamlı düşüşlere yol açtığı ifade edilmiştir. Aynı çalışmada, kargo dolaplarının CO_2 salınımını %30'a kadar azalttığı vurgulanarak bu sistemlerin sürdürülebilir kentsel lojistik açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu ortaya konmuştur.

Kargo dolabı aracılığıyla teslimatta zaman sınırının olmaması özellikle çalışma saatleri dışında teslimat yapılmasını beklemek istemeyen ya da iş saatlerinde evde bulunamayan kullanıcılar için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Vakulenko vd. (2018), kullanıcıların kargo dolaplarını kullanım kolaylığı, güvenlik ve esneklik açısından tercih ettiğini belirtmiştir. Ancak, kullanıcı deneyimini olumlu yönde etkileyen bu avantajların, sistem tasarımı ve dolapların fiziksel konumlandırılmasıyla doğrudan ilişkili olduğu da yine aynı çalışmada vurgulanmaktadır. Literatürde kargo dolaplarının konumlandırılmasına ilişkin çalışmalar, kullanıcı yoğunluğu, yaya erişilebilirliği ve perakende alanlara yakınlık gibi çeşitli faktörleri öne çıkarmaktadır. Özellikle kentsel bölgelerde, yüksek yaya trafiğine sahip noktaların tercih edilmesi, kullanıcı memnuniyetini ve kullanım sıklığını artırmaktadır. Kargo dolaplarının etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için hem LSS'lerin operasyonel gereksinimlerinin hem de tüketici davranışlarının bütüncül olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Lagorio & Pinto, 2020).

Müşteriler açısından kargo dolapları işlevsel, duygusal, sosyal ve finansal değer sunmaktadır (Vakulenko vd., 2018). İşlevsel olarak, müşterilere paketlerini istedikleri zaman alabilme esnekliği sağlar, böylece evde bulunma zorunluluğunu ortadan kaldırır. Bu, özellikle yoğun iş saatlerine sahip bireyler veya sık sık evde bulunmayanlar için önemlidir. Duygusal olarak, kargo dolapları kullanıcıların teslimat sürecini kontrol etmesini sağlayarak bağımsızlık ve rahatlık hissi uyandırmaktadır. Ayrıca, kaçırılan teslimatların stresini ve yeniden planlama gereksinimini azaltmaktadır. Sosyal olarak, dolaplar genellikle kamusal veya yarı kamusal alanlarda konumlandığından topluluk hissi oluşturabilir ve kullanıcıların modern teknolojiye hakimiyetini yansıtabilir. Finansal olarak, özellikle kaçırılan teslimatların ek maliyetlerini göz önünde bulundurulduğunda, dolaplar geleneksel adrese teslimata göre daha düşük maliyetli olabilmektedir. Ancak, bu sistemlerin kullanımı için gereken çaba, bazı müşteriler için bir engel teşkil edebilmektedir. Bu nedenle, kargo dolaplarının tasarımı ve konumu, erişilebilirlik ile

kullanım kolaylığı arasında denge sağlamalıdır. Vakulenko vd. (2018), kargo dolaplarının müşteri değeri oluşturduğunu, ancak yanlış uygulamaların değer kaybına yol açabileceğini vurgulamıştır.

Kargo dolaplarının LMD problemlerini çözmede potansiyel bir araç olarak ele alındığı çalışmalarda, ağın kurulumu sırasında dolapların sayısı, konumu ve kapasitesinin optimize edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, kullanıcıların hizmeti tercih etme oranları, teslimat maliyetlerinden sağlanan indirimler ve operasyonel kurulum maliyetleri gibi unsurların bütüncül bir şekilde dikkate alınması, ağın kârlılığı açısından kritik bir rol oynamaktadır. Literatürde bu problem, kapasite kısıtı olmayan tesis konumlandırma problemiyle benzerlik gösteren matematiksel modeller aracılığıyla ele alınmakta ve sanayi ölçeğinde uygulamalarla test edilmektedir (Deutsch & Golany, 2018). Kargo dolaplarının çevresel ve ekonomik etkilerini optimize etmek amacıyla yapılan çalışmalar, dolapların konumlandırılmasının hem maliyet hem de CO_2 salınımı açısından önemli sonuçlar doğurabileceğini ortaya koymaktadır. Sabit kargo dolaplarının kullanıcıya olan mesafesi ve alıcının adreste bulunabilirliği gibi faktörleri dikkate alan modeller, teslimat süreçlerinde hem verimliliği artırmakta hem de sürdürülebilirliği desteklemektedir. Özellikle kentsel alanlarda sabit kargo dolabı kullanımı CO_2 emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilirken, kırsal bölgelerde mesafeye bağlı olarak ters etki yaratabilmektedir. Bu nedenle, kargo dolaplarının konumlandırılmasında bölgesel farklılıkların dikkate alınması, çevresel faydanın maksimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Peppel & Spinler, 2022).

Polonya'daki Krakow AGH Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Robotik ve Mekatronik Bölümü araştırmacıları tarafından Ekim 2013'te gerçekleştirilen bir analiz sonucuna göre Polonya'da faaliyet gösteren InPost şirketi, kargo dolabı teslim seçeneği ile geleneksel kurye hizmetlerine kıyasla çok daha yüksek hacimde teslimat yapabilmektedir. InPost kargo dolaplarını kullanan bir kurye, günde yaklaşık 70 km yol kat ederek 600 adet paketi teslim edebilirken geleneksel teslimat sisteminde ise 150 km mesafe kat ederek yalnızca 60 paket teslim edebilmektedir (Iwan vd., 2016). Bu şekilde InPost kargo dolapları yıllık CO_2 emisyonunu 32.500 tondan 1.516 tona düşürürken yakıt tüketimini de 22.500.000 litreden 1.050.000'e indirmiştir (Iwan vd., 2016).

Bu teslim yönteminin faydalarına ek olarak zorlukları da mevcuttur. Mevcut lojistik altyapısıyla entegre edilmesi, kesintisiz veri akışı sağlamak için ara yazılım ve API

uyumluluğuna yatırım yapılması bunlardan bazılarıdır (Shuaibu, 2025). Bölgeler arasındaki tüketici tercih farklılıkları, yerelleştirilmiş stratejileri gerekli kılmaktadır. Yoğun nüfuslu Avrupa şehirleri sabit dolap ağlarından faydalanırken, mobil dolap sistemleri değişken talebe sahip geniş veya az gelişmiş bölgelere daha iyi hizmet verebilmektedir (Pourmohammadreza vd., 2025).

Tablo 1.2 alt başlıklarda detaylanan LMD yöntemlerini özetlemektedir. PP/PUDO, araç içi teslimat ve kargo dolapları ev dışı teslimat yöntemleri iken diğer yöntemler eve teslimat alternatifleridir.

Tablo 1.2. *LMD yöntemleri*

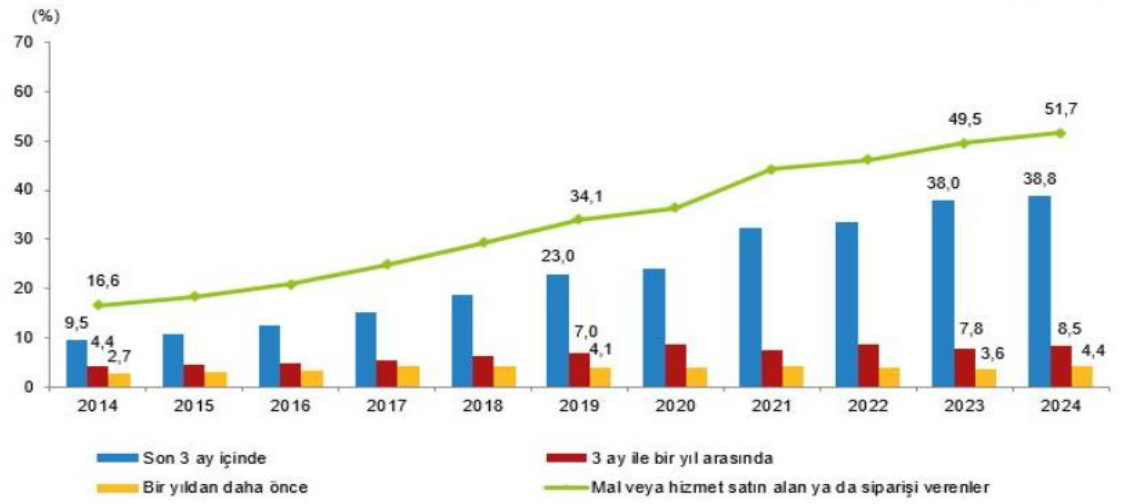
Yöntem	Tanım	Avantajlar	Zorluklar
Geleneksel adrese teslimat	Standart minibüs veya kamyonetlerle yapılan adrese teslimat	Yaygın, yüksek kapasiteli	Trafik sıkışıklığı, emisyonlar, park zorluğu
Elektrikli araçlar	Sürdürülebilir kentsel teslimat için elektrikli araçlarla adrese teslimat	Çevre dostu, yakıt tasarrufu sağlayan	Şarj altyapısı, yüksek ilk yatırım, adreste bulunmama sorunu
CD	Yayalar, bisikletliler ve araç kullanıcılarının kurye olabildikleri adrese teslimat	Esnek kapasite, hızlı yanıt süreleri	Kalite kontrolü, tutarsız hizmet
PP/PUDO	Müşterinin ürünleri kendi topladığı önceden belirlenmiş hizmet veren işletmeler	Ürün toplama için yer esnekliği, azalan başarısız teslimatlar	Entegrasyon ihtiyacı, işletme çalışma saatleri kaynaklı zaman kısıtı
Kargo bisikletleri	Mikro depolardan bisikletle adrese teslimat	Düşük emisyon, trafikte hızlı, düşük maliyet	Sınırlı kargo boyutu, hava koşullarına bağlı
Araç içi teslimat	Ürünlerin müşteri aracının bagajına teslimi	Azaltılan adreste bulunmama riski	Karmaşık rotalama, güvenlik riski
Dron	İstasyon alanlarından hava yoluyla adrese teslimat	Hızlı, kara trafiğinden bağımsız	Hava sahası düzenlemeleri, hava koşullarına bağımlılık, sınırlı ağırlık
Teslimat robotları	Mikro depolardan veya araçlardan robotlar aracılığıyla adrese teslimat	Emek tasarrufu sağlayan, geleceğe yönelik çekicilik	Düzenleyici sorunlar, sınırlı menzil, yaya müdahalesi
Kargo dolapları	Müşterinin ürünleri kendi topladığı belirli konumlara yerleştirilmiş çekmeceli dolaplar	Toplu teslimatlar için verimli, azalan başarısız teslimatlar	Altyapı tasarımı, entegrasyon ihtiyacı

1.4. Türkiye'de Kargo Dolabı Uygulamaları

Yeni nesil teslimat uygulamalarının artan kent nüfusu, e-ticaret ve internet yaygınlığı ile yakından ilgisi vardır. 2024 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına göre Türkiye nüfusu 86 milyona yaklaşmıştır ve bu nüfus miktarının %67'sinin yoğun kentsel alan olarak sınıflandırılan yerlerde yaşadığı belirtilmiştir. İl ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı ise %93,4 olarak tespit edilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK],

2025). Kentsel nüfus artışı, taşımacılık talebini artırarak kent içi lojistik faaliyetleri yoğunlaştırmaktadır. Türkiye'de bu faaliyetlerin büyük ölçüde karayoluna dayanması; trafik, gürültü, hava kirliliği, zaman kaybı ve maliyet gibi çevresel sorunları beraberinde getirmekte ve kentsel lojistik problemlerini derinleştirmektedir. 2024 Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırmasına göre ise internet kullanan bireylerin oranı %88,8; internet üzerinden mal veya hizmet satın alma oranı ise %51,7 olarak belirtilmiştir (TÜİK, 2024). Bu oran 2022 yılında %46,2 iken 2023 yılında %49,2 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Şekil 1.2 2014-2024 yılları için internetten en son satın alma veya sipariş verme zamanına göre satın alma ya da sipariş verme oranlarını göstermektedir.

Şekil 1.2. *2014-2024 yılları için internetten satın alma ya da sipariş verme oranları (TÜİK, 2024)*



Kaynak: TÜİK. (2024). Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması 2024. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2024-53492#:~:

2024 yılı için Türkiye'nin e-ticaret hacmi 3 trilyon Türk lirasını aşmış, perakende e-ticaret hacmi aynı yıl için yaklaşık 1 trilyon 6 milyon Türk lirasına ulaşmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, 2025). KPMG, küresel ticaret hacminin yaklaşık 28,5 trilyon dolar düzeyinde olduğunu ve bu hacmin yaklaşık üçte birinin doğrudan lojistik faaliyetlerle ilişkili olduğunu belirtmektedir. Bu lojistik faaliyetlerin ise yaklaşık %65'i yük taşımacılığına, %35'i ise depolama, gümrük işlemleri ve benzeri hizmet süreçlerine dayanmaktadır. Türkiye'de lojistik sektörünün büyüklüğü yaklaşık 100 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir (KPMG, 2025).

Türkiye'nin önde gelen özel kargo firmalarından biri olan Yurtiçi Kargo, özellikle küçük ölçekli gönderilerde ortaya çıkan yüksek lojistik maliyetleri ile iadeler veya başarısız teslimatlar sonucu oluşan geri dönüş maliyetlerinin, firmalar açısından önemli bir yük

oluşturduğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda firma, özellikle pandemi sonrası süreçte, otomasyon sistemlerine yönelik önemli yatırımlar gerçekleştirmektedir. Firma, YK Plus çatısı altında 7/24 erişime açık Akıllı Kargo Dolapları ile hizmet vererek özellikle e-ticaret müşterilerinin teslimat sırasında evde bulunmama ihtimaline karşı alternatif bir teslimat çözümü sunmakta, müşteriye sipariş aşamasında ya da sonrasında yönlendirme seçeneği sunmaktadır (Yurtiçi Kargo, 2025).

Kamu İktisadi Kuruluşu olan T.C. Posta ve Telgraf Teşkilatı (PTT) değişen müşteri ihtiyaçlarına uyum sağlayarak müşterilerin zaman sınırlaması olmadan ürünlerini teslim alabilmeleri için Kargomat 7/24 hizmeti sunmaktadır. Firma, müşterilerin dolaplara erişimini mümkün kılmak için üniversite kampüsleri, öğrenci yurtları, alışveriş merkezleri, büyük marketler, metro ve tren istasyonları, güvenlikli büyük siteler gibi konumları tercih etmiştir (PTT, 2025).

Bir diğer önemli girişim ise yerli üretim kapasitesiyle öne çıkan Kargopark sistemidir. Senkron Tech tarafından geliştirilen bu çözüm hem lojistik firmalarına hem de son kullanıcılara hizmet vermek üzere yapılandırılmıştır. Bluetooth kontrollü, mobil uygulama ile yönetilen ve güneş enerjisiyle çalışabilen dolaplar sayesinde altyapı gereksinimleri en aza indirilmektedir. Bu sistem, aynı dolap alanının farklı lojistik firmaları tarafından eşzamanlı kullanılmasına olanak tanıyan esnek bir yazılım altyapısına sahiptir (Kargopark, 2025; Enterprisenext, 2023). Firma aynı zamanda farklı ihtiyaçlara yönelik modüler tasarımlar sunmaktadır. Finansal teknolojiler, akıllı şehirler, kurumsal dijital ihtiyaçlar kapsamında çözümler üreten "Fitekno" Kargodrop ismi ile modüler kargo dolabı hizmeti sunmaktadır (Fitekno, 2025).

Diğer taraftan Zelfbox standart paylaşımlı kargo dolaplarından farklı olarak bireysel konutlar için kişisel kargo dolabı hizmeti sunmaktadır (Zelfbox, 2025). Çevrim içi pazaryeri olan Trendyol, Trendyol Express lojistik hizmeti sunarken Trendyol Kargo Otomatı hizmeti ile müşterilere sipariş verdikleri ürünlerde zaman esnekliği sağlamaktadır (Trendyol, 2025).

LMD süreçlerinde kargo dolabı kullanımı kentsel lojistik paydaşları açısından birçok fayda sağlamaktadır. Müşteriler zaman esnekliği, güvenilir ve temassız teslimat sayesinde daha iyi bir lojistik hizmeti alırken, LSS'ler ekonomik, çevresel ve sosyal maliyetleri azaltmakta, yerel yönetimler trafik sıkışıklığının, emisyonların, gürültünün ve bunlara bağlı sağlık sorunlarının azaltılması sebebiyle kent sakinlerine sürdürülebilir

kentler sağlamaktadır. Adrese teslimatın olumsuz etkilerini azaltması ve hizmet esnekliği sağlaması nedeniyle dikkat çeken kargo dolaplarının doğru konumlandırılması önem arz etmektedir. Bu konumlar için kent içlerinde sık kullanılan alanlar tercih edilmektedir. Yer seçiminde erişilebilirlik kadar hizmet edilen nüfus alanı da önemli olduğundan dolapların kapsama alanı da önemlidir. Kullanımı her geçen gün artan kargo dolapları için mesafe eşiği, taşıma maliyeti, çevresel etki, güvenlik, altyapı uygunluğu gibi çok sayıda faktörün birlikte değerlendirilmesini gerekmektedir. Yanlış konumlandırılmış dolaplar, kullanıcılar tarafından yeterince tercih edilmeyerek gereksiz yatırımlara sebep olmaktadır. Ayrıca, dolapların kapasite ve erişim oranlarının dengeli bir biçimde dağıtılması, hizmette adalet ve kaynakların etkin kullanımı açısından da önemlidir.

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

Ekonomik, çevresel ve sosyal maliyetler üzerinde yoğun etkisi olan LMD süreçlerinin, literatürde güncel çalışmalar arasında yer alan yeni nesil teslimat yöntemleri ile iyileştirilebilmesi mümkün olabilmektedir. Bu doğrultuda, uygulayıcılara yol gösterici olabilecek nitelikte çalışmalar yürütülmektedir. Bu bölümde yeni nesil teslimat yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelenerek genel bir çerçeve çizilmiş ardından kargo dolapları, kargo dolabı yer seçimi ve erişilebilirlik çalışmaları ile ilgili detaylı bir literatür incelemesi yapılmıştır.

Bazı çalışmalar herhangi bir LMD yöntemine odaklanmasa da LMD süreçlerini optimize etme amacı gütmektedir. Bu çalışmalar arasında bir LMD yöntemine odaklananlar (Zhang ve Lee, 2016; Orenstein vd., 2019; Ji vd., 2019; González-Varona vd., 2020; Y. H. Lin vd., 2020; Wang, Bi ve Chen, 2020; Wang, Bi, Lai ve Chen, 2020; Jiang vd., 2022) veya birden fazla yeni nesil teslimat seçeneklerini inceleyenler (X. Wang vd., 2014; Arnold vd., 2018; Perboli vd., 2018; Liu vd., 2021; Xu vd., 2021) mevcuttur. Ek olarak literatürde, yeni nesil teslimat yöntemlerini birbirleri ile kıyaslayan (Schwerdfeger ve Boysen, 2020), entegre yeni nesil teslimat süreçlerini değerlendiren (Ballare ve Lin, 2020) ya da yeni nesil-geleneksel teslimat entegre modelini ele alan (Murray ve Chu, 2015; Fikar vd., 2018; Perboli vd., 2018; Chiang vd., 2019; Guo vd., 2019; He vd., 2020; Janjevic vd., 2019; Tan vd., 2019; Zhou vd., 2019; Simoni vd., 2020; Z. Luo vd., 2022) araştırmalar yer almaktadır. Bahsi geçen çalışmalar, geleneksel adrese teslimatın yoğun ekonomik ve sosyal maliyetleri ile çevresel zararlarını en aza indirgemek ve/veya LMD süreçlerini optimize etmek amacıyla çoğunlukla yer belirleme (Zhang ve Lee, 2016; Janjevic vd., 2019; Zhou vd., 2019; Y. H. Lin vd., 2020; Schwerdfeger ve Boysen, 2020; Wang, Bi ve Chen, 2020; Wang, Bi, Lai ve Chen, 2020; Liu vd., 2021), rotalama (X. Wang vd., 2014; Zhang ve Lee, 2016; Perboli vd., 2018; Chiang vd., 2019; He vd., 2020; Janjevic vd., 2019; Orenstein vd., 2019; Simoni vd., 2020; Tan vd., 2019; Zhou vd., 2019;

Wang, Bi ve Chen, 2020; Liu vd., 2021) gezgin satıcı (Murray ve Chu, 2015; González-Varona vd., 2020; Jiang vd., 2022) ve simülasyon (Arnold vd., 2018; Fikar vd., 2018; Guo vd., 2019) problemlerini içermektedir.

Bu doğrultuda, Web of Science, Scopus ve Elsevier veritabanlarından ilgili çalışmalara ulaşılmış ve çalışmalar izleyen paragraflarda kronolojik olarak detaylandırılmıştır. 2.1 numaralı başlıkta kargo dolaplarına ek olarak, benzerlikleri sebebiyle PP ve PUDO noktaları da literatür araştırmasına dahil edilmiştir. Diğer başlıklarda tez çalışmasının odağını oluşturan kargo dolabı teslimat seçeneği mercek altına alınmıştır. 2.2 numaralı alt başlık kargo dolabı yer belirleme ve kapsama problemlerine, 2.3 başlığı ise kargo dolaplarında erişilebilirliği dikkate alan çalışmalara odaklanmaktadır.

2.1. Kargo Dolabı, Teslim Alma ve Teslim Alma Bırakma Noktası ile İlişkili Literatür Taraması

Dolapların etkinliği, konumlandırılmalarıyla yakından ilişkilidir. Bu noktaların ana yollara ve toplu taşıma merkezlerine yakın olması, geniş bir nüfusun erişilebilirliğini artırmaktadır. Örneğin, Portland, OR'daki Amazon dolap tesislerinin analizi, bu tesislerin %85'inin 1,5 mil içinde ve %97'sinin 5 mil içinde hanelere erişilebilir olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu tesislerin %69,3'ünün kolay erişilebilir şekilde konumlandırılmış olduğu ve %57,4'ünün ana yollara yakın olduğu belirtilmiştir (Schaefer & Figliozzi, 2021). Bu yerleşim stratejisi erişilebilirliği artırırken dezavantajlı gruplar için de eşitlikçi bir dağıtım ağı oluşturmayı hedeflemektedir. Ancak, araştırmalar, Hispanikler, düşük eğitimli bireyler ve sınırlı İngilizce konuşanlar gibi grupların bu sistemlere erişimde zorluklar yaşayabileceğini göstermektedir (Schaefer & Figliozzi, 2021). Van Duin vd. (2020) tarafından yapılan çalışma, Amsterdam'da LMD süreçlerini optimize etmek ve geleneksel adrese teslimat yöntemleriyle ilişkili yüksek maliyetleri ele almak için kargo dolaplarının potansiyelini araştırmaktadır. Çalışma, Hollanda'da %70 pazar payına sahip olan PostNL'nin artan rekabetle karşı karşıya olduğunu ve maliyetleri düşürmek ve hizmet verimliliğini artırmak için kargo dolapları gibi yenilikçi çözümlere ihtiyaç duyduğunu vurgulamaktadır.

Operasyonel olarak, kargo dolabı uygulaması, teslimat yoğunluğunu ve araç rotalama verimliliğini artırmaktadır. Çalışmalar, kargo dolaplarının daha yüksek durak yoğunluğu ve daha kısa bekleme süreleri sayesinde son adım maliyetlerini geleneksel adrese teslimata kıyasla %30'a kadar azalttığını göstermektedir (Alidaee vd., 2023). Dahası,

kargo dolapları yakıt tüketimini ve emisyonları azaltarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır. Bu çevresel ve ekonomik faydalar, kargo dolaplarının Avrupa ve Asya genelindeki kentsel lojistik sistemlerinde yaygın bir şekilde benimsenmesini sağlamıştır (Pourmohammadreza vd., 2025). Yeni Zelanda'dan elde edilen diğer kanıtlar, dolap yoğunluğunun ve konumunun yerel seyahat davranışına göre uyarlanmasının hem tüketici memnuniyetini hem de kentsel verimliliği artırdığını göstermektedir (Kedia vd., 2017).

Weltevreden (2008) çalışmasında Hollanda için PUDO noktalarının perakendeciler, alışveriş merkezleri ve mobilite üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma verileri, 2006 yılı için çevrim içi tüketici anketine, Hollanda'daki büyük PUDO noktası şirketlerinden sağlanan verilere ve iki Hollandalı PUDO noktası şirketi yöneticisi ile yapılan görüşmelere dayanmaktadır. Çevrim içi alışveriş yapanların, hizmet noktalarının evlerine yakınlığını ve erişilebilirliğini önemsediğini ve bu noktaların çok sayıda tüketiciye ulaşılabilir olmasını sağlamanın önemini ortaya koymaktadır. Çalışmada, hizmet noktalarının beş dakikalık araba ile ulaşım mesafesi gibi kritik bir erişilebilirlik değerine sahip olması gerektiği belirtilmiştir.

X. Wang vd. (2014) farklı senaryolarda birden fazla LMD alternatifinin maliyet ve operasyonel verimliliklerini araştırmışlardır. Geleneksel adrese teslimat, kargo dolabı ve PP'lerin dahil edildiği çalışmada her teslimat yönteminin verimliliği farklı türde araç rotalama problemi geliştirilerek çözülmüştür. Çözüm için yöntemlere göre farklılaştırılmış genetik algoritma önerilmiştir. Geleneksel adrese teslimat seçeneğinin, yoğun olmayan nüfus veya düşük sipariş miktarı söz konusu olduğunda daha uygun; kargo dolabı ve PP seçeneğinin, nüfusun yoğun olduğu yerlerde ve yüksek sipariş miktarlarında daha uygun bir seçenek olduğu tespit edilmiştir.

Zhang ve Lee (2016) ise geleneksel adrese teslimat ve kargo dolabı alternatiflerinin dahil edildiği LMD sürecini optimize etmeyi amaçlamışlardır. Müşterilerin bahsi geçen iki teslimat alternatiflerinden birini seçebildiği çalışmada taşıma, bekleme ve hizmet süresinden oluşan toplam bekleme süresini ve toplam seyahat mesafesini en aza indirgemek amaçlanmıştır. Model formülasyonu kargo dolapları için yer seçimi ve atama problemi, kargo dolapları ve geleneksel teslimat için araç rotalama problemi olarak iki aşamaya sahiptir. Çalışmada yer seçimi ve atama problemi için k-means kümeleme algoritmasından yararlanılmış, önerilen modeli çözmek için karınca kolonisi yaklaşımı

kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kargo dolabı kullanım oranının artırılması durumunda süre ve mesafe hedeflerinde ciddi tasarruflar sağlanabileceği belirtilmiştir.

Arnold vd. (2018) Belçika'nın Anvers şehrinde yapmış oldukları vaka çalışmasında PUDO noktaları ve kargo bisikleti aracılığı ile teslimat seçeneklerini geleneksel adrese teslimat yöntemi ile kıyaslamışlardır. Simülasyon yönteminin kullanıldığı çalışma sonucunda müşterilerin siparişlerini kendileri topladıkları senaryoda operasyonel maliyetlerin azaldığı, teslimatların kargo bisikletleri ile yapıldığı senaryoda ise dış maliyetlerin azaldığı belirtilmiştir. Buna karşın çalışmada, müşterilerin kendi siparişlerini teslim alması ve kargo bisikleti teslimatı seçenekleri paydaşlar için yararlı bulunmamıştır. Verimli bir dağıtım sisteminin oluşabilmesi için LSS'lerin iş birliği içerisinde çalışarak ortak bir LMD süreci planlaması ve yürütmesi gerektiği belirtilmiştir.

Perboli vd. (2018) İtalya'nın Torino şehrinde gerçekleştirdikleri vaka analizinde LMD seçenekleri optimizasyonu kapsamında dinamik ve stokastik araç rotalama problemi geliştirmişlerdir. Fosil yakıt kullanan minibüsler ile geleneksel teslimat, kargo bisikleti ile teslimat, kargo dolabı ile teslimat ve son olarak dağıtım minibüslerinin, kargo bisikletleri ve kargo dolapları ile entegre kullanıldığı teslimat yöntemleri olmak üzere dört farklı senaryo kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda bisikletlerin sürece dahil edilmesinin ve rota optimizasyonlarının; minibüs kullanımlarında, minibüslerin kat ettiği mesafede ve işletme maliyetlerinde azalma sağladığı, emisyon seviyelerini önemli ölçüde düşürdüğü ve esneklikleri nedeniyle çevrim içi teslimat taleplerini karşılamaya yönelik en uygun seçenek olduğu belirtilmiştir. Düşük çevresel etkiye sahip araçlara geçişin ve kargo dolabı kullanımının ise ekonomik açıdan verimlilik ve sürücülerin çalışma koşullarında iyileşme sağladığı sonucu elde edilmiştir. Diğer taraftan talebin düşük veya orta seviyede olması durumunda teslimat seçenekleri entegrasyonu en düşük emisyon seviyelerine ulaşmayı sağlarken taleplerin yüksek olması durumunda minibüs ve bisikletlerin en uygun araçlar olduğu tespit edilmiştir.

He vd. (2020) ise Zhou vd. (2019) çalışmalarından yola çıkarak aynı teslim yöntemleri için depodan hem kargo dolaplarına hem de müşterilere aynı tür araç filoları ile teslimat sağlanan problemi temel almışlar ve bu teslim sistemlerinden LMD kapsamında hangisinin daha uygun olduğunu tespit etmeyi amaçlamışlardır. İki teslim yönteminin dahil olduğu teslimat süreci boyunca rotaları belirlemeyi ve gerçek zamanlı olarak bu rotaları optimize etmeyi amaçlayan çalışmada dinamik araç rotalama problemi için bir

karma tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Yazarlar aynı şehir örneğinde (Çin, Chongqing) vaka analizi gerçekleştirmiş ve deterministik modeli çözmek için yapıcı ve geliştirici sezgiselleri içeren iki aşamalı bir metasezgisel tasarlamışlardır. Çalışma sonucunda aynı tür araç filoları ile dinamik teslimatın maliyetleri ve araç sayısını azalttığı, böylece emisyon salınımı da azaltılacağı için şirketlere önemli faydalar sağlayacağı belirtilmiştir.

PUDO noktalarını geleneksel LMD ile entegre olarak inceleyen Janjevic vd. (2019), Brezilya Sao Paulo'da faaliyet gösteren bir firmayı vaka örneği olarak incelemiştir. Çalışmada PUDO noktalarının konum kararları ve bunların yerleşimiyle oluşan talep kalıplarındaki değişiklikler hesaba katılmıştır. İki aşamalı yer tahsisi ve araç rotalama problemi doğrusal olmayan bir optimizasyon modeli olarak formülize edilmiştir. Önerilen teslimat modelinde, ilk aşamada sipariş paketleri ara tesislere getirilmekte; ikinci aşamada siparişler müşterilere yahut PUDO noktalarına teslim edilmektedir. Maliyet minimizasyonu amaçlanan modelde çözüm kapsamında yapıcı sezgisel geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda, önerilen teslimat yönteminin ciddi maliyet avantajları sağladığı belirtilmiştir.

Orenstein vd. (2019) toplam taşıma maliyeti, araç maliyeti ve teslim edilemeyen siparişler kaynaklı ceza maliyetlerini minimize etmeyi amaçlamışlardır. Yazarlar çalışmada, geleneksel adrese teslimatın aksine kargo dolabına teslimatın gerçekleşeceği durumlarda müşterilerin evlerine, iş yerlerine ve/veya iş çıkışı sıklıkla uğradıkları herhangi bir yere yakınlığı gibi kriterleri göz önüne alarak teslimat için birden fazla kargo dolabı alternatifini seçebilmesinin maliyetlere ve teslimat sürelerine etkisini araştırmışlardır. Analiz için araç rotalama probleminin bir türü olarak "esnek sipariş dağıtımı (flexible parcel delivery)" problemi karma tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak formülize edilmiştir. Büyük örneklerde ve yüksek esneklik gerektiren durumlarda ise daha iyi performans elde edilebilmesi için tasarruf algoritması, petal sezgiseli ve tabu arama gibi sezgisel çözüm yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, müşterilerin teslimat esnekliği talep etmeleri durumunda hem müşteriler için hem de dağıtım sistemi için sürecin daha verimli hale geldiğini göstermektedir.

Ji vd. 2019 tarihli çalışmalarında kargo dolabı ile teslimat yöntemini "yeşil ekspres kabin atama problemi (green express cabinet assignment problem)" olarak incelemişlerdir. Çok amaçlı tamsayılı programlama ile formülize edilen modelde toplam maliyeti ve enerji

tüketimini minimize etmek hedeflenmiştir. Çalışmada model vaka analizi üzerinde gösterilmiş ve hali hazırda hizmet veren kargo dolaplarının modelde dikkate alınması sebebiyle kargo dolabı yer tahsisi çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Kargo dolaplarından paket kabini satın alma ve sipariş paketlerini bu dolap kabinlerine atama faktörlerinin göz önünde bulundurulduğu çalışmada çözüm için "ayrışmaya dayalı çok amaçlı evrimsel algoritma (multi-objective evolutionary algorithm based on decomposition)" geliştirilerek "ayrıştırmaya dayalı olasılık güdümlü çok amaçlı evrimsel algoritma (probability guided multi-objective evolutionary algorithm based on decomposition)" sezgiseli önerilmiştir. Çalışma sonucunda önemli düzeyde bir maliyete katlanmaksızın enerji tüketiminden tasarruf edilebildiği, dolap kabini satın alma noktasında birden fazla tedarikçi ile iş birliği yapmanın faydayı artırdığı, heterojen boyutlarda kabin satın alımının toplam maliyet ve enerji tüketimini azalttığı sonuçları elde edilmiştir.

PP ve geleneksel teslimatın entegre kullanıldığı bir LMD süreci dikkate alan Tan vd. (2019) "kapasite kısıtlı toplama ve dağıtım ile kirlilik rotalama problemi (capacitated pollution-routing problem with pickup and delivery)" formüle etmiştir. Modelin amacı operasyonel ve çevresel maliyetleri en aza indirmek için en uygun rotayı ve optimum hızı bulmak olarak belirlenmiştir. Çözüm kapsamında, hibrit karınca kolonisi optimizasyonu ve çoklu popülasyon genetik algoritması birleştirilerek iki aşamalı bir sezgisel algoritma önerilmiştir. Analiz sonucunda, entegre teslimat yönteminin yalnızca adrese teslimata kıyasla daha ekonomik ve verimli olduğu; hız optimizasyonunun toplam dağıtım maliyeti ve toplam seyahat süresini azaltmasının yanında yakıt tüketimi ve CO_2 emisyonunu da azalttığı tespit edilmiştir.

Zhou vd. (2019), müşterilerin adrese teslimat ve kargo dolaplarına teslimat olmak üzere iki alternatife sahip olduğu ve her müşterinin yalnızca bir teslimat türünü seçtiği LMD süreci tasarlamışlardır. Çalışmada ürünlerin dağıtım merkezlerinden kargo dolaplarına ve direkt olarak müşterilere teslim edildiği iki aşama söz konusudur. Bu aşamaların her birinde aynı araç filoları; aşamalar arasında ise farklı araç filoları kullanılmıştır. Yazarlar iki seviyeli çok boyutlu yer belirleme-rotalama problemi formülize etmiş ve problemin çözümü için genetik algoritma ile tavlama benzetimi algoritmasını birleştirerek hibrit bir yaklaşım önermiştir. Önerilen modelin operasyonel maliyetleri düşürmedeki performansını doğrulamak için model Çin'in Chongqing şehrindeki bir vaka üzerinde

gösterilmiştir. Ele alınan vaka analizi için araç türlerine ve terminal boyutlarına göre senaryo analizleri gerçekleştirilmiş, analizler sonucunda kargo dolabı kullanımın operasyonel maliyetleri düşürmede etkili olduğu ve dolap boyutlarının dikkate alınması gerektiği, ilk aşamada daha büyük kapasiteli ikinci aşamada ise daha küçük kapasiteli araçların tercih edilmesinin sürecin optimizasyonunda etkili olduğu tespit edilmiştir.

Ballare ve Lin (2020) kargo dolabı ve kitle kaynak kullanımı seçeneklerini entegre ederek incelemişlerdir. Çalışma varsayımları kapsamında, kargo dolapları yalnızca kamyonlar tarafından ziyaret edilmekte ve bu şekilde siparişler başlangıç dolaplarından hedef dolaplara taşınabilmektedir. Her dolap hem başlangıç hem de varış noktası olarak hizmet etmektedir. Kitle kaynak kullanımı kapsamında hizmet eden kuryeler (yaya, bisikletli veya şahsi araca sahip) kargo dolaplarından müşterilere, müşterilerden kargo dolaplarına sipariş taşıyabilmektedir. Kamyonlar için "çoktan çoka bölünmüş toplama ve teslimat problemi (many-to-many split pickup and delivery problem)" tanımlanırken kitle kaynak kuryeler için araç rotalama problemi tanımlanmıştır. Modelde toplam günlük operasyonel maliyetleri, toplam kat edilen mesafeyi ve yakıt tüketimini en aza indirgemek amaçlanmıştır. Önerilen model, aynı talep ortamında geleneksel teslimata kıyasla kullanılan kamyon sayısını, kamyon mesafesini, maliyetleri ve yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Yazarlar, özellikle yüksek müşteri yoğunluğu olan bölgeler için modelin oldukça fayda sağlayacağını belirtmektedir.

González-Varona vd. (2020) kapanan gazete büfelerinin kargo dolabı olarak kullanılması ile geleneksel adrese teslimat seçeneğini kıyaslamışlardır. İspanya'nın Valladolid şehri için gerçekleştirilen vaka çalışmasında bahsi geçen iki teslimat seçeneğinin çevresel etkilerini tespit etmek amaçlanmıştır. Her bir LSS'nin izlemesi gereken rotayı tespit etmek için gezgin satıcı probleminin uygulandığı çalışmada teslimat seçenekleri ayrı senaryolar şeklinde simüle edilmiştir. Analiz sonucunda, eski gazete büfelerinin kargo dolabı olarak kullanılması durumunda günlük LMD kaynaklı CO_2 salınımlarının %90 azalacağı tespit edilmiştir.

Kedia vd. Yeni Zelanda Christchurch için bir vaka çalışması gerçekleştirmiştir (2020). PUDO noktaları için küme kapsama probleminin kullanıldığı çalışmada süt ürünleri dükkanları ve süpermarketler gibi geleneksel olmayan PUDO noktalarının daha erişilebilir olduğu ve bu nedenle geleneksel posta dükkanlarına kıyasla bu seçeneğin daha verimli olabileceği vurgulanmıştır.

Sailer vd. (2024), kargo dolaplarında gerçek zamanlı talep yönetimi için geliştirdikleri yenilikçi modelle, dolap ağlarının sınırlı kapasite ve değişken kullanıcı taleplerine etkili şekilde uyum sağlamasını amaçlamaktadır. Takviyeli öğrenme teknikleri kullanılan bu model hem müşteri memnuniyetini artırmayı hem de operasyonel verimliliği optimize etmeyi hedeflemektedir. Araştırmacılar, dolap kapasitesindeki belirsizlikleri ve teslimat-teslim alma süreçlerindeki stokastik doğayı dikkate alarak, farklı bölme boyutlarıyla paket tahsisini optimize eden ardışık bir karar süreci tasarlamışlardır. Model, dolap erişim kontrolü ve paket tahsisi kararlarını maliyet fonksiyonu ve çevrimdışı eğitilen parametrik değer fonksiyonu yardımıyla yönetmektedir. Ayrıca, değer fonksiyonunu geliştirmek için deneyim tekrarı yönteminin iyileştirilmiş bir versiyonu önerilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar, bu yaklaşımın klasik yöntemlere göre %12-14 oranında daha yüksek performans sağladığını göstermiştir. Bu sonuçlar, kargo dolaplarının sürdürülebilir ve maliyet etkin bir LMD çözümü olarak potansiyelini ortaya koymaktadır.

2.2. Kargo Dolabı Yer Seçimi ve Kapsama Problemleri ile İlişkili Literatür Taraması

Yer seçimi problemleri, bir dizi tesisin müşteri taleplerine göre belirli kısıtlamalara uygun şekilde yerleştirilmesi gereken bir maliyet minimizasyon fonksiyonudur (Farahani & Hekmatfar, 2009). Literatürde tesis yer seçimi problemi (facility location problem) olarak ifade edilen problemlerde alınan kararlar özel sektör ve kamu firmaları için stratejik planlamada kritik öneme sahiptir. Geniş kapsamlı ve uzun ömürlü kararlar olması sebebiyle operasyonel ve lojistik kararları etkilemektedir (Owen & Daskin, 1998). Yer seçimi çalışmaları, Alfred Weber'in 1909'da tek bir depoyu toplam mesafeyi en aza indirecek şekilde yerleştirme problemi ile başlamıştır ve Hakimi'nin 1964'te iletişim ağlarında anahtarlama merkezleri ve otoyol sistemlerinde polis karakollarını yerleştirme problemi ile araştırmacıların ilgisini yeniden kazanmıştır (Farahani & Hekmatfar, 2009).

Tesis yer seçimi terimi, belirli bir uzayda (örneğin, bir düzlemde) konumlandırma veya belirli bir hizmet veya ürün sağlayan tesisleri konuşlandırma gibi problemleri modellemeyi ve çözmeyi kapsamaktadır. Mevcut talep noktaları (müşterilerin bulunduğu yerler), yerleştirilmesi planlanan tesisler, talep noktaları ile yeni tesislerin yayıldığı uygulanabilir bir çözüm uzayı ve müşteriler ile tesisler arasındaki mesafeleri (zaman, maliyet vb. cinsinden) açıklayan bir ölçüm kriteri olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır (ReVelle & Eiselt 2005). Tesis yerleştirme kararları uzun vadeli yatırım

kararları olduğundan en iyi konumları belirlemek önemli bir stratejik zorluk oluşturmaktadır (Owen & Daskin, 1998).

Yer seçimi problemleri optimal şekilde çözülmesi zor ve uygulama spesifik problemlerdir (Owen & Daskin, 1998; Current vd., 2002). Tüm potansiyel ve mevcut uygulamalar için genel bir model mevcut olamamaktadır. Amaçlar, kısıtlar ve değişkenler incelenen problem özelinde belirlenmektedir (Current vd., 2002). Karar vericilerin yalnızca mevcut sistem durumuna göre iyi performans gösteren değil, aynı zamanda çevresel faktörlerin değişmesi, nüfus hareketleri ve piyasa trendlerinin evrilmesiyle birlikte tesisin ömrü boyunca kârlı olmaya devam edecek yerler seçmesi gerekmektedir. Belirli bir uygulamaya bağlı olarak, çeşitli faktörlerin problem formülasyonuna dahil edilmesi ve dikkate alınması, çok farklı yer seçimi modellerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Fallah vd., 2009).

Yer seçimi problemleri, literatürde çok farklı başlık altında toplanmış olsalar da temelde statik ve dinamik problemler olarak ikiye ayrılmakatdır (Owen & Daskin, 1998; Current vd., 2002; Arabani & Farahani, 2012). Statik yer seçimi problemleri medyan problemleri, kapsama problemleri ve merkez problemlerini içermektedir. Dinamik yer seçimi problemleri ise dinamik tek tesisli ve çok tesisli problemleri içermektedir (Owen & Daskin, 1998).

P-medyan problemi, Hakimi (1964) tarafından tanıtılmıştır ve temel tesis yer seçimi problemlerindendir. Önceden belirlenmiş bir tesis sayısı (örneğin, p) yerleştirilerek talep noktaları ile tesisler arasındaki maliyetin (örneğin, ulaşım mesafesi) en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Bu yöntemde, bir kullanıcı grubunun en yakın tesise ulaşmak için kat etmesi gereken mesafe üzerinde herhangi bir kısıtlama yoktur (Owen & Daskin, 1998; Kedia vd., 2020). P-medyan problemi, geniş bir yelpazede kamu ve özel tesislerin yerleştirilmesi için kullanılabilmektedir. Ancak, bazı tesisler için "kabul edilebilir" bir seyahat mesafesi veya süresini belirlemek gerekli olmaktadır. Örneğin, bir şehrin acil servis tesislerini, itfaiye istasyonlarını veya ambulans istasyonlarını yerleştirirken, hizmet taleplerinin kritik doğası gereği yerleştirme verimliliği için farklı bir ölçüm gerekmektedir. Bu tür tesisleri yerleştirmek için kilit nokta "kapsama" olmaktadır. Bir talep, belirtilen bir süre içinde karşılanabiliyorsa kapsanmış sayılmaktadır. Kapsama problemleri literatürü, kapsamanın zorunlu olduğu ve optimize edildiği iki ana bölüme ayrılır. Bunlardan ilki küme kapsama, ikincisi ise maksimum kapsama problemidir

(Owen & Daskin, 1998).

Küme kapsama problemi, mümkün olduğunca çok talep noktasının (talep büyüklüğünden bağımsız olarak) tesislerin mesafe sınırları içinde olmasını sağlayarak, tüm talep noktalarını kapsayacak şekilde gereken tesis sayısını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Ancak, tüm talebi kapsayacak kadar tesis kurulması çok fazla sayıda tesis kurulmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, tesisler için sınırlı kaynaklar mevcut olduğunda çözüm genellikle ekonomik ve uygulanabilir olmaktan çıkmaktadır (Kedia vd., 2020). *Maksimum kapsama problemi ise,* önceden belirlenmiş bir tesis sayısı (örneğin, p) kullanarak, her talep noktasından belirli bir mesafe içerisinde yerleştirilen tesislerle kapsanan talep noktası sayısını maksimize etmeyi amaçlamaktadır (Farahani vd., 2014). Bu problem türü, küçük ve büyük talep noktalarını farklı şekilde ele alır ve tüm talebi kapsayacak kadar tesis gerektiğinde bazı talep noktaları (özellikle daha az kalabalık olanlar) kapsanmadan kalabilir (Kedia vd., 2020).

Kapsama tabanlı problemler, insanların en yakın tesise ulaşmak için kat etmesi gereken mesafeye bir sınır koymaktadır. Böylece, her tüketicinin en yakın teslimat noktasına ulaşmak için kat etmesi gereken ortalama mesafe azaltılabilmektedir ve talepler mesafe sınırının dışında karşılanamamaktadır. Bu nedenle, kapsama tabanlı problemler, teslimat noktaları için optimal yoğunluk ve konumların belirlenmesi için daha uygundur (Kedia vd., 2020). Tez çalışmasında kullanılan Maksimum Kapsama Problemi dördüncü bölüm olan uygulama başlığı altında detaylandırılmıştır.

P-merkez problemi, önceden belirlenmiş bir tesis sayısını (örneğin, p) dikkate alarak herhangi bir talep noktası ile hizmet veren tesis arasındaki maksimum mesafeyi en aza indirmeyi ve tesisleri daha merkezi (ancak daha az kalabalık) alanlara yerleştirerek sistemin en kötü performansını önlemeyi hedeflemektedir (Arabani & Farahani, 2012). Diğer yerleştirme problemlerine dair detaylı incelemeler için Current vd. (2002), Fallah vd. (2009), Farahani ve Hekmatfar (2009) ile Arabani ve Farahani (2012) çalışmalarından faydalanılabilir.

Tesis yer seçimi modelleri çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunlar arasında, tedarik zinciri için depo yer seçimi, zararlı maddelerin işlendiği tesisler için yerleşim yerlerinden uzaklığı maksimize edecek şekilde tesis yer seçimi, demiryolu istasyonları yerleştirme, ATM'leri banka müşterilerine daha iyi hizmet vermek için konumlandırma gibi örnekler bulunmaktadır (Fallah vd., 2009). Bu tez çalışmasında kargo dolabı yer

seçimi problemi dikkate alınması sebebiyle kargo dolabı ile ilgili yer seçimi problemleri aşağıdaki paragraflarda detaylanmaktadır.

Lee vd. (2019) küme kapsama ve p-medyan modelini kullanarak Kore'nin Incheon şehri için kargo dolabı yer seçimi çalışmışlardır. Kargo dolapları ile müşteriler arasındaki mesafeyi minimize etmeyi amaçlayan çalışmada kargo dolaplarının kurye kılığına girerek işlenen şiddet suçlarını önleme, müşteri memnuniyetini artırma ve maliyet tasarrufu sağlama gibi katkıları sebebiyle Kore tarafından desteklendiği belirtilmiştir.

Enthoven vd. kargo bisikleti ve kargo dolabı teslimat yöntemlerini içeren kapsama seçenekli iki aşamalı araç rotalama problemi önermişlerdir (2020). Problemi karma tamsayılı programlama modeli şeklinde formülize etmişler ve uyarlanmış büyük komşuluk algoritması ile çözüm önerisinde bulunmuşlardır. Çalışma sonucunda, aynı bölgedeki müşterilerin kargo bisikleti ya da kargo dolabı seçeneklerinden yalnızca birini kullandığında en iyi hizmetin sağlandığı belirtilmiştir.

Y. H. Lin vd. (2020) Singapur'da ele aldıkları vaka analizinde kargo dolapları için yer belirlemeyi amaçlamışlardır. Optimal konumları belirlemek ve sağlanan hizmeti en iyilemek amacıyla müşteri tercihleri dikkate alınmış ve bu amaçla multinomial logit modeli kullanılmıştır. Küçük ölçekli problemlerin çözümü için karma tamsayılı doğrusal programlama modeli formülize edilirken büyük ölçekli problemler için doğrusal değişkenli kuadratik dönüşüm önerilmiştir. Yazarlar, kargo dolaplarının yerleşimini ve açılmasını sağlayan kararın müşteri tercihlerinin analizine bağlı olarak alınmasının genel hizmet seviyesini düşürmeyi engellediğini belirtmiştir.

Schwerdfeger ve Boysen (2020) sabit kargo dolaplarına göre mobil kargo dolaplarının avantajlarını tespit etmek amacıyla, "mobil kargo dolabı yer belirleme problemi (mobile locker location problem)" formülize etmişlerdir. Bu çalışmada, müşteri memnuniyetinin artırılması ve hizmette kullanılan mobil kargo dolabı sayısının en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Belirlenen bu hedeflere ulaşmak amacıyla, kargo dolaplarının konumlandırılmasını optimize eden açgözlü bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Uygulanan model doğrultusunda, sabit kargo dolaplarına kıyasla daha az sayıda mobil dolap kullanılarak aynı hizmet seviyesinin sağlanabileceği ortaya konmuştur. Bununla birlikte, mobil dolap sayısının azaltılması operasyonel verimliliği artırsa da bu durumun müşteri memnuniyeti üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği ve kentsel trafik yoğunluğunu artırabileceği yönünde bulgular da çalışmada yer almaktadır.

Wang, Bi ve Chen 2020 tarihli çalışmalarında hangi talep noktalarına mobil kargo dolaplarının konumlandırılması, kaç mobil kargo dolabının gerektiği ve bu dolaplara rotalamanın nasıl yapılacağı sorularından yola çıkarak dolapların taşıma ve bakım maliyetlerini de içeren operasyonel maliyetleri en aza indirmek amacıyla genetik algoritma modeli geliştirmiştir.

Wang, Bi, Lai ve Chen (2020) stokastik talep altında mobil kargo dolaplarının yerlerini ve sayılarını belirlemek amacıyla operasyonel maliyetleri en aza indirgeyecek tamsayılı doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Ek olarak, mobil kargo dolapları için aday konum sayısı, mobil kargo dolabı sayısı, maliyet, hareket kısıtlamaları gibi temel parametrelerin optimizasyon sonuçları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda maksimum yürüme mesafesinin artması durumunda mobil kargo dolabı sayısı ve bu dolaplar için gerekli olan aday konum sayılarının azaldığı belirtilmiştir. Kabin sayısı fazla olan kargo dolaplarının ise genel maliyetlerde tasarruf sağladığı görülmüştür.

Liu vd. (2021) tarihli çalışmalarında çevrim içi market alışverişi teslimatına odaklanmışlardır. LMD kapsamında müşterilere siparişlerinin teslimatı otonom robotlar ve kargo dolapları aracılığıyla olmak üzere iki alternatif ile gerçekleştirilen çalışmada iki aşamalı ve çok amaçlı bir yer seçimi problemi ve araç rotalama problemi önerilmiştir. Önerilen optimizasyon modeli depoların ve ara tesislerin yerlerine karar vermeyi, müşterilerin konumlarını belirlemeyi veya müşterileri kargo dolaplarına atamayı, devamında ise ilk aşamada depo ve ara tesisler için, ikinci aşamada ise müşteriler için rotalama planlamayı amaçlamaktadır. Yazarlar, teslim edilen sipariş sayısını maksimize ederken süreç içerisinde meydana gelen CO_2 emisyonu salınımını minimize etmek üzere model geliştirmiştir. Modelin çözümü için hibrit bağışıklık algoritması kullanılmış ve analiz sonucunda önerilen modelin gerçek hayat problemlerine uyarlanabilir olduğu belirtilmiştir.

Rabe vd. Dortmund şehri için sistem dinamikleri simülasyon modeli ve çok dönemli kapasiteli tesis konumlandırma problemi entegrasyonuyla bir simülasyon-optimizasyon yaklaşımı önermişlerdir (2021). Maliyet minimizasyonu amaçlayan çalışmada rastgele taleplerle maliyetleri ve güvenilirlik seviyesini tahmin etmek için Monte Carlo simülasyonu kullanılmıştır.

Xu vd. (2021) müşterilerin satın alma davranışlarını veri madenciliği yöntemi ile analiz ederek LMD süreçlerinde maliyet minimizasyonu sağlamak amacıyla PP ve kargo

dolaplarının konumlarını optimize etmeyi amaçlamışlardır. Konumlar, müşteri memnuniyeti ve operasyonel maliyetler göz önünde bulundurularak müşterilerin davranış verileri dahilinde, çevrim içi perakendeci için optimize edilmeye çalışılmıştır. Çalışma bulgularına göre konumların müşteri konumlarına yakınlığı arttıkça optimal lokasyon sayısı ve toplam maliyetlerin arttığı tespit edilmiştir.

Wang, Zhang, Bi, Lai ve Chen (2022) kargo dolabı yer seçimi problemi için tamsayılı doğrusal programlama formülize etmişlerdir. Kargo dolabı operasyonel maliyetleri, bakım ve kiralama maliyetlerini minimize etmeyi amaçlayan çalışmada talep belirsizlikleri dikkate alınmıştır.

Jiang vd. (2022), kargo dolabıyla teslimat seçeneğini ele aldıkları çalışmalarında, kuryenin kârını maksimize etmeyi amaçlayan bir kapsayan gezgin satıcı problemi (Covering Traveling Salesman Problem) modeli önermiştir. Bu kapsamda, önceden tanımlanmış bir maliyet sınırı içerisinde, alt müşteri ve/veya kargo dolabı kümeleri üzerinden maksimum kârı toplayacak bir Hamilton döngüsü oluşturulması hedeflenmiştir. Çözüm için iki aşamalı bir sezgisel algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritmanın %98,15 oranında en iyi çözümü bulduğu tespit edilmiştir.

Kahr (2022), çalışmasında kargo dolapları için belirli bir bütçe limiti altında kapsanan talebi maksimize etmeyi amaçlayan bir tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmiştir. Çalışmada büyük ölçekli problem örneklerinin çözümü için ise Benders ayrıştırması temelli bir algoritma önermiştir. "Çok bölmeli kargo dolabı yerleştirme problemi" olarak adlandırılan model kapsamında yapılan analizler, büyük ve çok büyük bölmeli dolaplar yerine küçük ve orta boyutlu bölmelerin tercih edilmesinin daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, kargo dolabı kullanımının yatırım getirisi açısından potansiyel sunduğu, ancak yatırım maliyeti arttıkça bu getirinin azalma eğilimi gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Y. Lin vd. uygun kargo dolabı konumlarını belirleyerek karı maksimize etmeye odaklanmışlardır (2022). Çalışmada müşterilerin seçimlerini temsil etmek için eşik Luce modeli kullanmışlardır. Modelin çözümünde karma tamsayılı konik karesel programlamaya (mixed-integer conic quadratic programming) dayalı birleşik bir yaklaşım önerilmiştir. Sonuçlar, müşteri sınırlı seçim davranışının dikkate alınmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Che vd. (2022), kargo dolabı yer seçimi problemi için kapsanan talebin maksimize edilmesi, boş kapasitenin minimize edilmesi ve farklı dolapların aynı müşteri bölgelerine hizmet etme durumunun azaltılması gibi kriterleri içeren çok amaçlı bir matematiksel model önermiştir. Formülize edilen model, örnek bir vaka üzerinde Taguchi yöntemi (TA) ile Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması II (NSGA-II) kombinasyonu kullanılarak çözülmüştür. Analiz sonuçlarında, her bir hedefin ayrı ayrı ve ikili kombinasyonlarıyla karşılaştırılması yapılmış; üç hedefin birlikte dikkate alındığı senaryonun daha dengeli ve tatmin edici sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir.

Mancini vd. (2023) çalışmalarında kargo dolaplarına atanan talep miktarını maksimize etmeyi amaçlayan bir model geliştirmiştir. İtalya'nın Torino şehri için vaka analizi sunan çalışmada talep ve kapasite belirsizlikleri dikkate alınmıştır. Çözüm için üç ayrı metasezgisel yöntem önerilmiştir. Konsensüs araması (Consensus search), değişken mahalle araması (Variable neighborhood search) ve yinelenen yerel arama (Iterated local search) yöntemleri arasından hesaplama süresi açısından en iyi sonucu ilk yöntemin verdiği belirtilmiştir.

Vukićević vd. (2023) seyahat süresini ve şarj istasyonunda geçirilen süreyi enküçüklemeyi amaçlayan elektrikli araçların ve kargo dolaplarının teslimat yöntemi olarak kullanıldığı kapsama teslimat problemini (covering delivery problem) ele almışlardır. Büyük ölçekli örnekler için değişken komşuluk aramaya dayalı sezgisel algoritma önerilmiştir. Önerilen yöntemin başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ottaviani vd. kargo dolapları için yer belirlemek amacıyla karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Çözüm için açgözlü sezgisel algoritma önerilmiş ve önerilen model İtalya'nın Torino şehrinde gerçek müşteri talep verileri üzerinde test edilmiştir. Benimsenen yaklaşım, zaman alıcı optimizasyona gerek kalmadan gerçek bir coğrafi bağlamda optimal çözüm bulmayı mümkün kılmaktadır. Maliyet minimizasyonu amaçlanan çalışmada talepler %90 oranında karşılanmıştır (2023).

Gutenschwager vd. (2024) kargo dolabı teslim seçeneği ile doğrudan adrese teslimat seçeneğini kıyaslamışlardır. Araç rotalama problemi önerilen çalışmada operasyonel maliyetlerin kargo dolabı seçeneğinde çok daha düşük olduğu belirtilmiştir. Çalışmada mesafeler kuş uçuşu uzaklık olarak dikkate alınmıştır. Yazarlar, yalnızca yeterli sayıda kargo dolabı kurulduğunda ve daha fazla müşteri sıfır emisyonla (yaya veya bisikletle) paketlerini almaya gittiğinde kargo dolabı seçeneğinin doğrudan teslimat seçeneği ile

rekabet edebileceğini belirtmiştir.

Kargo dolabı sabit maliyetleri ile kargo bisikletlerinin kat ettiği toplam mesafe maliyetlerini minimize etmeyi amaçlayan çalışmalarında Özyavaş vd. (2025) kargo dolapları için yer belirleme-rotalama problemi formülize etmişlerdir. Çalışmada Hollanda'nın Groningen şehrindeki yerleşim bölgesi için kargo dolabı ağ tasarımına odaklanılmıştır. Çözüm kapsamında dal ve fiyat algoritması geliştirilmiştir. Çalışma bulguları, maliyet minimizasyonunun her zaman çevresel faydayı maksimize etmediğini ortaya koymuştur. Özellikle, daha fazla sayıda kargo dolabının kurulmasının, daha fazla müşterinin bu dolaplara yaya olarak ya da bisiklet gibi aktif ulaşım modları ile erişme olasılığını artırarak, çevresel etkiyi olumlu yönde etkileyebileceği ifade edilmiştir.

2.3. Kargo Dolabı Erişilebilirliği ile İlişkili Literatür Taraması

Erişilebilirlik planlama ve modelleme çalışmaları için elli yıldan fazla süredir merkezi bir kavram haline gelmiştir. Bir kişinin veya yerin, diğer kişilere veya yerlere olan yakınlığını ölçmeyi ifade eden kavram Newton'un yerçekimi yasasına kavramsal olarak bağlıdır ve kökeni, 1920'lere, yer teorisi ve bölgesel ekonomik planlamada (Batty, 2009) ve perakende planlamada (Stewart, 1948) kullanıldığı döneme kadar uzanmaktadır (Geurs vd., 2015). Hansen'in (1959) çalışması ile birlikte erişilebilirlik analizleri mekansal etkileşim sorununu ele almaya başlamıştır. Erişilebilirlik ile ilgili çalışmalar son yıllarda, kent planlaması, sağlık, ulaşım gibi birçok alana yayılmış ve farklı uygulamalar geliştirilmiştir (Geurs vd., 2015). Ancak, erişilebilirlik için operasyonel ve teorik olarak sağlam bir kavram bulmak oldukça zor ve karmaşıktır (Geurs & van Wee, 2004). Geurs ve van Wee (2004) erişilebilirliği ölçme konusunda altyapıya dayalı, konuma dayalı, kişiye dayalı ve faydaya dayalı ölçümler olmak üzere dört temel perspektif tanımlamışlardır.

- *Altyapıya dayalı ölçümler,* ulaşım altyapısının performansını veya hizmet seviyesini değerlendirmeyi amaçlamakta olup, trafik sıkışıklık düzeyi ya da yol ağındaki ortalama seyahat hızı gibi göstergeleri içermektedir. Bu tür ölçümler, genellikle ulaşım planlaması süreçlerinde kullanılmaktadır.
- *Konuma dayalı ölçümler,* belirli bir mekândan erişilebilen etkinliklerin sayısı veya niteliği gibi faktörlere odaklanarak, erişim düzeyini analiz etmektedir. Örneğin, "başlangıç noktasından 30 dakikalık seyahat süresi içerisinde ulaşılabilen iş sayısı" bu tür bir ölçümün temelini oluşturur. Daha gelişmiş versiyonlarında, rekabet etkileri ve

etkinlik kapasitesi gibi faktörler de modele dahil edilmektedir. Bu ölçümler özellikle kent planlaması ve mekânsal analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

- *Kişiye dayalı ölçümler,* birey düzeyinde erişim analizine odaklanır; örneğin, belirli bir zaman aralığında bir bireyin katılabileceği etkinliklerin sayısı bu kapsamda değerlendirilir.
- *Faydaya dayalı ölçümler,* bireylerin mekânsal olarak dağılmış etkinliklere erişimden elde ettikleri ekonomik ya da sosyal faydaları ölçmeyi hedeflemekte ve daha bütüncül bir erişilebilirlik değerlendirmesi sunmaktadır.

LMD süreçlerinde verimliliği ve sürdürülebilirliği sağlamak için kargo dolaplarının müşteriler açısından erişilebilirliğini maksimize edecek şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Kargo dolaplarının erişilebilirliği dolapların konumlandırılma başarısında önemli rol oynamaktadır (Lemke et al., 2016; Kedia et al., 2017; Lachapelle et al., 2018; Oliveira vd., 2019). Kent planlaması içerisinde değerlendirilen kargo dolabı yer belirleme problemleri için konuma dayalı ölçümler söz konusu olmaktadır. Müşterilerin dolaplara erişimi için bir seyahat süresi veya mesafesi kısıtı mevcuttur.

Luo vd. (2022) erişilebilirliği, farklı alanlardaki tesislerin potansiyel müşterilere belirli hizmetleri sağlama yeteneği olarak ifade etmiştir. Morganti vd. (2014), Oliveira vd. (2019), Keeling vd. (2021), Schaefer ve Figliozzi (2021) ve Diglio vd. (2025) müşterilerin tesislere erişim süresini veya mesafesini erişilebilirlik kapsamında değerlendirmiştir. Polonya'da halihazırda teslimat noktalarını kullanan tüketiciler arasında, kullanıcıların çoğunluğu (%79'a kadar) evlerine veya iş yerlerine yakın konumdaki dolapları tercih etmekteyken; anket yapılan kullanıcıların yaklaşık %15'i, özellikle toplu taşıma durakları, mağazalar veya süpermarketlerin yakınında olan kargo dolaplarını daha sık kullanacaklarını belirtmiştir. Keeling vd. (2021) tarafından yürütülen araştırmada, Yeni Zelanda'daki tüketicilerin süpermarketlerde konumlandırılmış kargo dolaplarını tercih etmeye daha yatkın oldukları tespit edilmiştir. Bu bulgunun, süpermarketlerin yüksek ziyaret sıklığına sahip olması ve kentsel ulaşım ağları üzerindeki konumlarının erişilebilirliği artırmasıyla ilişkili olabileceği öne sürülmektedir.

Oliveira vd. (2019) PUDO noktaları erişimi için mekânsal çözüm analizi kullanmışlardır. Keeling vd. (2021) toplu taşıma alanlarında bulunan kargo dolapları için yolcu sayısı, ulaşım modu, mekansal dağılım ve kapsama alanlarının sosyodemografik profilleri dâhil olmak üzere çeşitli erişilebilirlik ve eşitlik ölçütlerinden yararlanarak ABD'nin Portland

bölgesinde vaka analizi gerçekleştirmiştir. Schaefer ve Figliozzi (2021) ABD'nin Portland Oregon bölgesinde otoyol, arazi kullanımı, istihdam ve sosyodemografik veri kümelerini kullanarak Amazon kargo dolaplarının erişilebilirlik ve eşitlik ölçütlerini analiz etmişlerdir.

Bazı çalışmalar hali hazırda var olan kargo dolaplarının erişilebilirliğini ölçmek amacıyla çeşitli analizler yapmışlardır. L. Lin vd. Çin'in Hangzhou şehri için var olan kargo dolaplarının erişilebilirliğini inceleyen bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir (2019). Two Step Floating Catchment Area (2SFCA) yöntemini kullanarak yerleşim alanlarındaki site gibi kapalı oturum yerlerinin, siteye bağlı olmayan açık oturum yerlerinin ve müstakil evlerin, sakinlerinin yaş ve cinsiyet durumlarını da göz önünde bulundurarak analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda site tipi yerleşim türünde ikamet edenlerin kargo dolaplarına erişimlerinin daha yüksek olduğu, siteden bağımsız yerleşim yerlerinin ve müstakil evlerin ise yüksek yaşlı nüfus oranı, mülk yönetimi eksikliği ve düşük hizmet kullanılabilirliği nedeniyle düşük erişime sahip olduğu ortaya konmuştur. Mehmood vd. Çin'deki Nanjing şehri için PUDO noktalarının mekânsal dağılımını ve erişilebilirliğini tespit etmeyi amaçlamışlardır (2022). Hali hazırda PUDO olarak hizmet veren noktaların analizi ortalama en yakın komşu yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yürüme, bisiklet ve araçla ulaşım modlarına göre mesafe ve seyahat süresi üzerinden erişim değerlendirilmesi yapılan çalışmada erişilebilirlik, özellikle yürüme mesafelerinde düşük bulunmuştur. Bu durum müşterilerin PUDO noktalarına olan uzaklıkları ile ilişkilendirilmiştir. Noktaların yaklaşık %72'sinin araçla erişilebilir olduğu ve daha çok nüfus ve GSYİH yoğunluğu olan alanlarda yer aldığı tespit edilmiştir.

Literatürde, erişilebilirliği matematiksel modelleme çerçevesinde ele alan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda, Luo vd. (2022), kargo dolapları için maliyetin minimize edilmesi ve erişilebilirliğin maksimize edilmesini amaçlayan çok amaçlı bir ağ tasarım problemi önermiştir. Çalışmada, erişilebilirlik ölçütü olarak kargo dolaplarının hizmet verebilirliği esas alınmıştır. Model, Aktif Öğrenme Pareto Evrimsel Algoritması kullanılarak çözülmüş ve analiz sonucunda, modelde tanımlanan parametrelerin, örneğin minimum kabul edilebilir mesafe, talep düzeyi ve teslim alma oranı gibi, erişilebilirlik üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, önerilen modelde kargo dolaplarının kapasite kısıtı göz ardı edilmiş, bu durum modelin pratik uygulanabilirliği açısından potansiyel bir sınırlılık olarak belirtilmiştir.

Diglio vd. (2025) İtalya'nın Bologna ve Napoli şehirlerine hizmet veren bir LSS'nin hali hazırda hizmet veren PP noktaları için vaka analizi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada ağı daraltma, yeniden düzenleme ve ağı genişletme amacıyla üç farklı senaryo oluşturulmuştur. Mevcut durum ve gereken durum (As-is/to-be) süreç analizleri ile sonuçlar elde edilmiştir. Müşterilerin en yakındaki tesise atanmasını sağlayarak erişilebilirlik dikkate alınmış ve üçüncü senaryoda erişilebilirlik maksimize edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kapasite kısıtı göz ardı edilmiştir ve gerçek seyahat sürelerinin ve kargo dolaplarının ilgi merkezlerine yakınlığının dikkate alınmasının daha gerçekçi sonuçlar vereceği gelecek çalışmalar için öneri olarak sunulmuştur.

Yapılan literatür incelemesi, LMD yöntemlerinin lojistik süreçlerdeki artan önemine ve bu kapsamda alternatif teslimat modellerinin geliştirilmesi gerekliliğine işaret etmektedir. Kargo dolapları gibi yenilikçi uygulamaların teslimat süreçlerini optimize ederek maliyetleri azalttığı, trafiği ve çevresel etkileri hafiflettiği ve aynı zamanda tüketici memnuniyetini artırdığı çok sayıda çalışmada vurgulanmaktadır. Özellikle kargo dolaplarının erişilebilirlik düzeyi bu sistemlerin etkinliği açısından kritik bir unsur olarak öne çıkmakta; fiziksel konumlandırma, kullanıcıya olan mesafe ve 7/24 erişim imkânı gibi faktörlerin sistemin yaygınlaşmasında belirleyici olduğu belirtilmektedir.

Literatürde erişilebilirlik ölçütü çoğunlukla en kısa mesafe üzerinden değerlendirilmiş, bu çalışmaların büyük bir kısmı kapasite kısıtlarını dikkate almamıştır. Ayrıca birçok modelde mesafeler kuş uçuşu olarak hesaplanmış, müşteri bakış açıları ve gerçek seyahat mesafeleri göz ardı edilmiştir. Kapsama problemlerinde maliyet faktörü çoğunlukla analiz dışı bırakılmış, özellikle çevresel maliyetlerin oldukça sınırlı biçimde ele alındığı görülmüştür. Bununla birlikte, literatürde kargo dolabı yer seçimi problemleri genellikle yalnızca LSS'lerin operasyonel verimliliği çerçevesinde incelenmiş, müşteri memnuniyeti, bireysel erişim eşitliği ve kullanıcı davranışları gibi sosyal bileşenler ihmal edilmiştir.

Öne çıkan bir diğer sınırlılık ise kargo dolaplarının sadece en yakın noktaya atanması yaklaşımının erişilebilirlik açısından yetersiz bir değerlendirme sunmasıdır. Kapasite kısıtları ve hizmet verebilirlik gibi kriterlerin dikkate alınması daha gerçekçi ve uygulanabilir çözümler üretilmesini sağlayacaktır. Literatürde ayrıca, müşteri erişimi sırasında oluşan bireysel maliyetlerin ya da taşıma kaynaklı CO_2 emisyonlarının dikkate alındığı kapsamlı modellere de çok sınırlı sayıda rastlanmaktadır. Çevresel etkileri

azaltmayı amaçlayan sistemlerin gerçek emisyon etkisinin ortaya konabilmesi için, müşteri ulaşım modları ve buna bağlı emisyon değerleri de modele dahil edilmelidir.

Sonuç olarak, mevcut literatür kargo dolabı aracılığıyla teslimatın lojistik operatörler ve tüketiciler açısından çeşitli avantajlar sunduğunu göstermektedir. Ancak bu sistemlerin etkin, adil ve sürdürülebilir şekilde kullanılabilmesi için altyapı, planlama, erişilebilirlik, kullanıcı davranışları ve çevresel etkilerin bütüncül biçimde değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, bu tez çalışmasında hem LSS'lerin hem de kullanıcıların bakış açılarını bir arada ele alan, ekonomik, çevresel ve sosyal maliyetleri bütünsel olarak değerlendiren, erişilebilirliği artırırken kapsama düzeyini genişletmeyi amaçlayan ve böylece erişim eşitliği yoluyla sosyal faydayı önceliklendiren bir kargo dolabı yer seçimi model önerisi sunulmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

Kargo dolabı yer seçimi için çok amaçlı bir model önerilmiştir. Modelde sürdürülebilir kent lojistiği kapsamında paydaşların çoklu bakış açısı dikkate alınarak ekonomik, çevresel ve sosyal maliyetler dikkate alınmıştır. Sürdürülebilir kalkınma planları kapsamında yerel yönetimlerin vatandaşlara yaşanabilir şehirler sunması, LSS'lerin maliyetlerini azaltırken müşteri memnuniyetini artırması, müşterilerin ürünlerini eşit erişim, esnek saatler ve seçtikleri uygun mekanlarda toplaması amaçlarından hareketle önerilen model Kayseri ili Talas ilçesi vakası üzerinde çözülmüştür. Literatürde tüm paydaşların bakış açısını dikkate alarak sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal amaçlarını aynı anda değerlendiren bir çalışmaya rastlanamamıştır. Paydaşların amaçlarının farklılığı ve sürdürülebilirliğin amaçlarının çelişen doğası gereği model çelişen amaçlardan oluşmaktadır.

Gu vd. (2010) tarafından sağlık alanında gerçekleştirilmiş çalışmadan ilham alınarak çok amaçlı karma tamsayılı programlama modeli kurulmuştur. Sunulan model kapsamında yer seçimi problemlerine uyumlu hale getirilmiş 2SFCA erişilebilirlik hesaplaması için kullanılmıştır. Sayılı tesisle en fazla talebin karşılanabilmesi için Maksimum Kapsama Problemi ele alınmıştır. Çok amaçlı model ağırlıklı toplam yöntemi ile tek amaca indirgenmiş, amaç ağırlıkları Best-Worst Yöntemi (BWM) kullanılarak uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Problem parametreleri gerçek hayat verilerinden, iklim taahhütnamelerinden, literatürdeki kullanıcı tercihlerini ölçen çalışmaların belirttiği verilerden elde edilmiştir. Literatür taramasında belirtildiği üzere gerçek hayat problemine uygunluğun sağlanması için müşteri emisyonları modele dahil edilmiş, kapasite kısıtları dikkate alınmıştır. Mesafeler gerçek güzergâh mesafeleri dikkate alınarak elde edilmiştir. Bu şekilde gerçek hayat problemlerine daha uygun bir model oluşturmak amaçlanmıştır. İlerleyen başlıklarda öncelikle kullanılan yöntemler hakkında detaylı bilgiler sunulmuş, ardından model vaka üzerinde uygulanmıştır.

3.1. Çok Amaçlı Optimizasyon

Optimizasyon, belirli bir probleme en iyi çözümü bulmayı amaçlayan karmaşık bir matematiksel prosedürdür. Özellikle son yıllarda küresel rekabet, tüketim ve üretimin artması sebebiyle doğal kaynakların azalması optimizasyon araştırmalarını artırmıştır (Szparaga vd. 2019). Optimizasyon problemleri, maksimum veya minimum değer arayışını ya da tek amaçlı veya çok amaçlı hedefleri içerebilmektedir. Birden fazla hedefi olan problemler, çok amaçlı optimizasyon olarak adlandırılır ve bu tür problemler birçok alanda karşımıza çıkmaktadır (Nicolaou & Brown, 2013; Gunantara, 2018). Çok amaçlı problemler çelişen hedefler arasında uzlaşının gerekli olduğunu göstermektedir. Bu tarz problemlerde genellikle birbiriyle çelişen birden fazla hedef, kısıt fonksiyonları tarafından belirlenen uygulanabilir bir küme üzerinde aynı anda optimize edilmektedir (Afshari vd., 2019).

Bir başka ifadeyle, çok amaçlı optimizasyon problemleri, birden fazla ve genellikle birbiriyle çelişen hedef fonksiyonun eşzamanlı olarak optimize edilmesini amaçlamaktadır. Bu tür problemler matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Gunantara, 2018):

$$min\ /\ \max \qquad \{\ f_1(x), f_2(x), \ldots\ldots, f_n(x)\ \ \} \qquad x \in \tag{3.1}$$

Eş. (1)'de x çözümü, n amaç fonksiyonlarının sayısını, U tanımlı kısıtlar altında geçerli olan uygun çözüm alanını, $f_n(x)$ n'inci amaç fonksiyonunu, $min\ /\ \max$ ise birleştirilmiş amaç fonksiyonunu göstermektedir. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardan biri, birden fazla hedef fonksiyonunun tek bir hedef altında birleştirilmesidir. Bu yöntemle, çok amaçlı problem tek bir amaçlı optimizasyon problemine dönüştürülerek daha yalın bir çözüm süreci elde edilmektedir. Bu dönüşümde en sık başvurulan tekniklerden biri, her bir hedef fonksiyonuna önceden belirlenen ağırlık katsayılarının atanması yoluyla oluşturulan ağırlıklı toplam yöntemidir (Kaya & Fığlalı, 2016). Ağırlıklandırma işlemi, genellikle optimizasyon sürecinden önce tanımlanmakta olup her bir hedefin çözüm üzerindeki etkisini ve göreli önemini yansıtmaktadır. Hedef fonksiyonlara atanan bu ağırlıklar, çözümün yönünü belirleyerek karar verici önceliklerini modele dahil etmektedir. Özellikle herhangi bir hedef fonksiyonuna yüksek ağırlık verilmesi bu fonksiyonun diğerlerine kıyasla daha öncelikli olduğunu ve çözümde daha fazla etkili olacağını

göstermektedir (Gunantara, 2018).

3.1.1. Ağırlıklı Toplam Yöntemi

Çok amaçlı optimizasyon problemlerinde en sık başvurulan yöntemlerden biridir (Ng vd., 2016; Kaim vd., 2018; Zheng & Wang, 2022). Bu yöntemde her bir amaç fonksiyonu için önceden belirlenmiş bir ağırlık değeri atanarak çok amaçlı problem tek amaçlı bir uygunluk fonksiyonuna dönüştürülmektedir. Böylece, tüm hedefler tek bir birleşik amaç fonksiyonu altında optimize edilmektedir (Ng vd., 2016). Her ağırlık bir amaçla ilişkilidir. Ağırlıklı toplam yöntemi matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$F(x) = w_1 f_1(x) + \cdots + w_i f_i(x) + \cdots + w_m f_m(x) \tag{3.2}$$

Ağırlıklar pozitif değerdedir ve toplamları 1'e eşittir (Zheng & Wang, 2022). $\sum_{i=1}^{m} w_i = 1, w_i \in (0,1)$. Eş. (3.2)'de x çözümü, $f(x)$ tek bir skaler uygunluk fonksiyonunu, m amaç fonksiyonlarının sayısını, $f_i(x)$ i'inci amaç fonksiyonunu, w_i i'inci amaç fonksiyonunun ağırlığını göstermektedir (Yang, 2014).

3.1.2. Best-worst Yöntemi

Çok amaçlı problemlerin tek amaçlı problemlere dönüştürülmesinde her bir amaca verilen ağırlığın nasıl belirleneceği önem arz etmektedir. Ağırlıklı toplam yöntemine göre her bir amaca eşit ağırlık verilebileceği gibi farklı ağırlıklandırmalar da yapılabilir. Nitekim gerçek hayat problemlerinde tüm amaç değerleri eşit önemde değildir (Govindan & Sivakumar, 2016). Verilen ağırlıklar amaç fonksiyonunun önemini göstereceğinden bu aşamada her bir amaç fonksiyonun karar vericiler tarafından değerlendirilmesi ağırlıkların daha gerçekçi olmasını sağlayacaktır. Çok amaçlı problemler birçok kriteri birlikte barındırdığından bu kriterlerin göreli önem düzeylerinin doğru şekilde belirlenmesi, nihai kararların doğruluğu ve güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Çok amaçlı problemlerin çözümünde amaçların ağırlıklandırılmasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılabilmektedir (Aggarwal, 2013; Govindan & Sivakumar, 2016; Ali vd., 2020; Fechete & Nedelcu, 2022). Bu yöntemler, karar vericilerin tercihlerini sistematik biçimde modele yansıtmakta ve göreli önem derecelerinin objektif şekilde hesaplanmasına olanak tanımaktadır. Aggarwal (2013) bilgi teknolojileri sektöründe personel seçimi gibi çok kriterli bir karar verme problemine yönelik AHP tabanlı ağırlıklandırma ile desteklenen bulanık doğrusal programlama modeli

geliştirmiştir. Çalışmada seçim kriterlerinin göreli önem derecelerini belirlemek için AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP ile elde edilen yerel ağırlıklar, bulanık çok amaçlı modelin hedef fonksiyon ağırlıkları olarak kullanılmıştır. Govindan ve Sivakumar (2016) kurdukları çok amaçlı doğrusal programlama modelinde karar vericilerin görüşlerini modele dahil etmiştir. Amaç fonksiyonlarının önem düzeyine göre ağırlıklandırılması için Weighted Additive Model (WAM) kullanarak modeli tek amaçlı doğrusal modele çevirmişlerdir. Ali vd. (2020) kurdukları bulanık doğrusal programlama modeli için BWM, AHP ve FAHP kullanarak modelin amaç fonksiyonlarına ait ağırlıkları belirlemişlerdir. Çalışmada tutarlılık, kararlılık ve güvenilirlik açıısndan BWM'nin en iyi tercih olduğu ifade edilmiştir. Fechete ve Nedelcu (2022) çok sayıda çelişen amacın olduğu çalışmalarında amaçları AHP ile ağırlıklandırarak çok amaçlı optimizasyon problemini doğrusal tek amaçlı hale getirmişlerdir. Çalışmalarda AHP yöntemi çoğunlukla tercih edilmiş olsa da literatürde BWM birçok açıdan AHP yöntemine tercih edilmektedir (Rezaei, 2015; Rezaei, 2016; Salimi & Rezaei, 2018; Ali vd., 2020). Katılımcılar için anlaşılır ve kolay olması, diğer yöntemlere göre daha az karşılaştırma verisi gerektirmesi, daha yüksek tutarlılık sağlaması, sonuçların daha güvenilir ve istikrarlı olması tercih sebepleri olarak ifade edilmektedir (Rezaei, 2015; Salimi & Rezaei, 2018). BWM adımları aşağıda olduğu gibi sıralanabilir (Rezaei, 2015):

- İlk adımda karar verme sürecinde dikkate alınacak n adet kriter belirlenir. Bu kriter seti şu şekilde gösterilir: $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$
- Kriter seti içerisinden en iyi olan (en önemli, en tercih edilen, vs.) ve en kötü olan (en önemsiz, en son tercih edilen, vs.) seçilir. Bu aşamada bir karşılaştırma yoktur.
- En iyi kriterin diğer tüm kriterlere göre tercih düzeyi 1 ile 9 arasında bir ölçek kullanılarak belirlenir. Bu işlem sonucunda en iyiden diğerlerine (Best-to-Others) vektörü elde edilmektedir. $A_B = (a_{B1} + a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ Burada a_{Bj}, en iyi kriter olan B'nin, kriter j'ye göre tercih düzeyini göstermektedir. $a_{BB} = 1$'dir.
- Tüm kriterlerin en kötü kritere göre tercih düzeyi 1 ile 9 arasında bir ölçek kullanılarak belirlenir. Bu işlem sonucunda diğerlerinden en kötüye (Others-to-Worst) vektörü elde edilmektedir. $A_W = (a_{1W} + a_{2W}, \dots, a_{nW})^{\mathrm{T}}$ Burada a_{jW}, kriter j'nin en kötü kriter olan W'ye göre tercih düzeyini göstermektedir. $a_{WW} = 1$'dir.
- Kriterler için optimal ağırlıkları bulunur. $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ Bu ağırlıklar, karar verme

sürecinde her bir kriterin göreli önemini yansıtmaktadır.

Kriterler için optimal (en uygun) ağırlık, her bir kriter çifti için $W_B \,/\, W_j = a_{Bj}$, $W_j \,/\, W_W = a_{jW}$ koşullarının sağlandığı durumdur. Bu koşulların tüm j değerleri için sağlanması amacıyla, mutlak farkların maksimumunun minimize edildiği bir çözüm bulunur: $\max_j \left|W_B/W_j \; - \; a_{Bj}\right|$ ve $\left|W_j/W_W \; - \; a_{jW}\right|$

Ağırlıklar için negatif olmama (pozitiflik) ve toplamlarının 1 olması koşulları da göz önünde bulundurularak $min \; \max_j \{\left|W_B/W_j \; - \; a_{Bj}\right| \; , \; \left|W_j/W_W \; - \; a_{jW}\right|\}$ optimizasyon problemi elde edilir.

Bu problem, aşağıdaki eşdeğer probleme dönüştürülebilmektedir:

$$min \; \xi \tag{3.3}$$

$$\left|W_B/W_j \; - \; a_{Bj}\right| \leq \xi \quad \forall_j \tag{3.4}$$

$$\left|W_j/W_W \; - \; a_{jW}\right| \leq \xi \quad \forall_j \tag{3.5}$$

$$\sum_j W_j \; = \; 1 \tag{3.6}$$

$$W_j \; \geq \; 0 \; \forall_j \quad \forall_j \tag{3.7}$$

Bu problem çözüldüğünde, kriterler için optimal ağırlıklar $W_1^n, W_2^n, \ldots, W_n^n$ ve ξ^n (maksimum sapma) değeri elde edilmektedir. ξ değeri, analizlerin tutarlılık oranlarını göstermektedir. İlgili değerin yüksek olması karşılaştırmaların daha az güvenilir olduğunu, düşük olması karşılaştırmaların daha güvenilir olduğunu göstermektedir.

3.2. 2SFCA Yöntemi

Bu tez çalışmasında, kargo dolaplarının erişilebilirliğini değerlendirmek amacıyla mekânsal etkileşime dayalı nicel bir yöntem olan 2SFCA yöntemi tercih edilmiştir. Literatür taramasında da aktarıldığı üzere kargo dolaplarının erişilebilirliği çoğunlukla yalnızca mesafeye dayalı olarak ele alınmakta, kullanıcı-tesis etkileşimini dikkate alan mekânsal yöntemlere ise sınırlı sayıda çalışmada yer verilmektedir. Bu durum erişilebilirlik değerlendirmelerinde hem arz (dolap kapasitesi) hem de talep (kullanıcı yoğunluğu) bileşenlerinin birlikte ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda,

2SFCA yöntemi, hem talep ve arzın mekânsal dağılımını hem de etkileşim düzeylerini birlikte analiz edebilmesi açısından kargo dolabı yer belirleme için uygun bir çözüm yöntemi sunmaktadır.

2SFCA yöntemi ilk olarak Radke ve Mu (2000) tarafından önerilmiş, ardından Luo ve Wang (2003) tarafından geliştirilmiştir. Yöntem arz ve talep arasındaki mekânsal etkileşime dayanarak fiziksel erişilebilirliği artırmayı amaçlamaktadır (Chen & Jia, 2019). Yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. İlk adımda, her bir hizmet sağlayıcı (örneğin kargo dolabı) için belirli bir yarıçap içindeki talep noktaları dikkate alınarak tesis-müşteri oranı hesaplanmaktadır. Bu oran, tesis başına düşen hizmet talebini temsil etmekte ve tesisin erişilebilirlik açısından göreli yükünü yansıtmaktadır. İkinci adım talep noktalarındaki nüfusun hizmet sağlayıcılara erişim düzeyini hesaplamaktadır. Bu aşamada her bir talep noktasındaki (örneğin bir mahalledeki) nüfusun, erişebileceği tüm tesislerin hizmet kapasitelerinden ne kadar faydalanabileceğini ölçmek hedeflenmektedir. Yöntemin formüle edilmesi aşağıdaki gibidir (Luo & Wang, 2003; Luo & Qi, 2009; Chen & Jia, 2019):

$$R_j = S_j / \sum_{i \in (d_{ij} \leq d_0)} P_i \tag{3.8}$$

$$A_i = \sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} R_j = \sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} (S_j / \sum_{i \in (d_{ij} \leq d_0)} P_i) \tag{3.9}$$

Burada I nüfus alanlarını, J tesisler için aday yerleri, d_0 mesafe eşik değerini, R_j tesis-müşteri oranını, P_i i alanındaki nüfus miktarını, d_{ij} i ve j arasındaki mesafeyi, A_i i nüfus alanının erişilebilirlik değerini göstermektedir. Eş. (3.8) her aday yer j için mesafe eşik değeri içerisindeki nüfus alanlarını tespit etmektedir. Bu aşama, arzın hizmet yarıçapındaki tüm nüfusun ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini ifade etmektedir. Yüksek R_j değeri tesisin daha az müşteri ile paylaşıldığını, dolayısıyla tesislerin daha yüksek hizmet seviyesi sunduğunu göstermektedir. Düşük R_j değeri ise dolabın daha fazla müşteri ile paylaşıldığını göstermektedir. Bu aşamadan elde edilen tesis-müşteri oranı karar vericilere hangi tesislerin daha fazla nüfus ile paylaşıldığı hangi tesislerin daha az nüfus ile paylaşıldığı bilgisini sağlamaktadır. Bu kapsamda daha az yoğunluklu nüfus alanları veya daha fazla kapasiteye sahip tesisler daha yüksek R_j değeri sağlamaktadır ve bu daha fazla kullanılabilirlik anlamına gelmektedir. Eş. (3.9) her bir nüfus alanı için

erişilebilirlik indeksini, ilk aşamada elde edilen tesis-müşteri oranlarını erişim alanındaki tüm tesisler için toplayarak hesaplamaktadır. Bu hesaplama, nüfus alanlarının hizmetlere erişim düzeylerini ifade etmektedir. Özetle bu aşama, her bir nüfus alanındaki talebin erişebileceği tüm tesislerin hizmet kapasitelerinden ne kadar faydalanabileceğini ölçmeyi hedeflemektedir. Özetle 2SFCA yöntemi, yalnızca fiziksel mesafeyi değil, aynı zamanda tesisin kapasitesi ve kullanıcı yoğunluğunu da dikkate alarak erişim eşitsizliklerinin mekânsal dağılımını analiz etme imkânı sunmaktadır. Yüksek A_i değeri, i nüfus alanının tesislere erişiminin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu aşamadan elde edilen A_i değeri erişim eşitsizliklerini belirlemek, yüksek talep bölgelerini tespit etmek ve yeni tesis yerleşimi kararlarını yönlendirmek açısından karar vericilere önemli bilgiler sağlamaktadır.

2SFCA yöntemi kamu tesislerine mekânsal erişilebilirlik üzerine yapılan çalışmalarda, özellikle de sağlık alanı çalışmalarında yaygın olarak kullanılmakta ve kullanımı önerilmektedir (Luo & Qi, 2009; Chen & Jia, 2019). Bu yöntem, hizmet talebinin kaynak noktasındaki yoğunluğu, varış noktasının cazibesi ve noktalar arası mekânsal yakınlık gibi etmenleri bütüncül biçimde göz önünde bulundurmaktadır. Aynı çalışma süresine sahip tesislere erişimde zaman ve finansal kısıtların etkili olmadığı durumlarda, kargo dolaplarının erişilebilirliğini ölçmek için de uygun bir yöntemdir (L. Lin vd., 2019). Ancak mesafeye bağlı faktörleri göz önünde bulundurmaması sebebiyle mesafe eşik değeri içerisinde bulunan tüm tesisler için tüm kullanıcıların eşit şekilde hizmet aldığı varsayımını yapmaktadır. Gerçek hayat kullanıcı deneyimleri daha yakında bulunan tesislerin daha çok kullanıldığını, uzak tesislerin kullanım oranlarının düştüğünü göstermektedir. Bu sebeple kargo dolabı problemleri için mesafe faktörünün de dikkate alındığı 2SFCA yöntemi kullanımı daha uygun olmaktadır. Gu vd. (2010) çalışmalarında mesafe faktörünü de dikkate alan geliştirilmiş bir 2SFCA yöntemi sunmuşlardır.

Bu doğrultuda Gu vd. (2010) çalışmasından yola çıkarak yazarların sağlık tesisleri için formülize ettikleri erişilebilirlik ve kapsam amacı, tez çalışmasında kargo dolabı yer seçimi için entegre edilmiştir. Çalışmada amaç, kargo dolaplarının erişilebilirliğini tespit ederken mesafe faktörünü de dikkate almak ve böylece gerçek hayat problemlerindeki kullanıcı davranışlarını göz önünde bulundurmaktır. 2SFCA yöntemine mesafe faktörünü ekleyerek geliştirilen yöntem için tanımlanan formülasyon aşağıda gösterilmiştir (Gu vd., 2010):

$$R_k = capk / \sum_{i \in I \cap d_{ik} \leq d_0} P_i \tag{3.10}$$

Burada ilk adım 2SFCA yönteminde olduğu gibidir. Eş. (3.10) her k aday yeri için, k alanına seyahat mesafesi eşiğinde olan nüfus alanlarının bulunması (k'nın besleme alanı) ve besleme alanı için tesis-müşteri oranının (R_k) hesaplanmasını amaçlamaktadır.

$$A_i = \sum_{k \in K \cap d_{ik} \leq d_0} R_k * Y_k / d_{ik} \tag{3.11}$$

İkinci adımda ise hesaplamaya mesafe faktörü eklenerek daha yakın tesislerin erişilebilirlikte daha fazla önem taşıdığı dikkate alınmıştır. Ayrıca, yalnızca aktif tesislerin hesaba katılmasını sağlayan ikili değişken de formüle eklenmiş ve yöntem yer seçimi problemlerine uygun hale getirilmiştir. Eş. (3.11) i nüfus alanı için, mesafe eşik değeri içerisindeki tesislerin tespit edilmesini hedeflemektedir. Bu adımdaki yenilikler, bir tesisin hizmet alanına giren müşterilerin bu tesisleri eşit olarak paylaşmadığını, tesisten uzaklaşıldıkça kullanımın azaldığını dikkate almaktadır. Belirli bir nüfus merkezi için kabul edilebilir seyahat mesafesi içinde ne kadar çok dolap varsa ve bu dolaplar bu nüfus merkezine ne kadar yakınsa, nüfus merkezindeki müşterilerin kargo dolabı hizmetine erişme olasılığı o kadar yüksek olmaktadır (Gu vd., 2010).

Yüksek A_i değeri daha yüksek erişilebilirliği ifade etmesi dolayısıyla erişilebilirlik problemlerinde A_i değerini maksimize etmek amaçlanmaktadır. Gu vd. (2010) çalışmalarında nüfus ağırlıklı erişilebilirlik değerinin toplamını maksimize ederken yalnızca nüfus yoğunluklu bölgelerdeki aşırı yüklenmiş tesis verimliliğini ortadan kaldırmak amacıyla kapsama problemini de dikkate almıştır. Hizmetin kapsayıcılığını da göz önünde bulundurarak daha eşit bir erişilebilirlik sağlamayı amaçlamıştır. Yazarlar bu doğrultuda Eş. (3.12)'de olduğu gibi bir amaç fonksiyonu formülize etmişlerdir.

$$Maks\ Z = \sum_{i \in I} A_i * P_i + \propto \sum_{i \in I \cap A_i \neq 0} P_i \tag{3.12}$$

Eş. (3.12)'deki $\propto$ değeri, iki hedefi dengelemek için bir katsayı olarak tanımlanmaktadır. Bu değer, gerçek hayat uygulamalarının gereksinimlerine göre her bir hedefin önemine bağlı olarak belirlenmektedir. Eğer $\propto = 0$ ise amaç fonksiyonu yalnızca yüksek nüfus yoğunluklu bölgelerdeki aşırı yüklenmiş tesislere ilişkin hizmet verimliliğine

odaklanmaktadır. $\propto$ değeri yükseldikçe amaç fonksiyonu hizmet kapsayıcılığını daha fazla dikkate almaktadır. Eğer $\propto = +\infty$ ise amaç fonksiyonu yalnızca erişilebilirlik amacını görmezden gelir ve analiz kapsama modeli ile aynı olur (Gu vd., 2010). Çalışmada amaç fonksiyonunun ilk kısmı verimlilik hedefi olarak adlandırılmış ve sosyal refahı artırmayı amaçlamıştır. İkinci kısmı ise, kapsama hedefi olarak adlandırılmış ve daha fazla nüfusa hizmet etmeyi amaçlamıştır.

3.3. Maksimum Kapsama Problemi

Maksimum kapsama problemleri sınırlı sayıda tesis veya hizmet noktası açarak, mümkün olan en fazla talep noktasının kapsanmasını hedefleyen klasik bir yer seçimi problemidir. Bu problem, özellikle sağlık hizmetleri, acil müdahale birimleri, eğitim kurumları, kargo dolapları ve perakende dağıtım merkezleri gibi hizmetlerin en geniş nüfusa en etkin şekilde ulaştırılmasını amaçlayan uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, kaynakların sınırlı olduğu durumlarda hizmetin kapsayıcılığını artırarak, özellikle eşitsizliklerin azaltılması ve sosyal sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Yöntem toplumun daha geniş kesimine erişim sağlamak için etkili bir planlama aracı olabilmektedir. Bir diğer önemli faydası, planlama süreçlerinde adil hizmet dağılımı ve hizmet dışı kalan nüfusun minimize edilmesi gibi sosyal hedefleri destekleyebilmesidir. Özellikle kentsel lojistikte, e-ticaret hacminin artmasıyla birlikte kargo dolapları konumlandırılmasında etkili bir çözüm sunabilmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında en fazla talep noktasını kapsama amacı için maksimum kapsama problemi kullanılmıştır.

Church ve Revelle (1974) tarafından sunulan yöntem sınırlı sayıda tesisle belirli bir hizmet mesafesi veya süresi içinde hizmet verilebilecek maksimum nüfusu aramaktadır. Formülizasyonu aşağıdaki gibidir (Church & Revelle, 1974):

$$MaksZ = \sum_{i \in I} a_i * y_i \tag{3.13}$$

Kısıtlar

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \, \forall_i \tag{3.14}$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \tag{3.15}$$

$$x_j, y_i = \{0,1\} \ \forall_i , \forall_j \tag{3.16}$$

Burada I talep noktalarını, J tesisler için aday yerleri, N_i mesafe eşiğinden küçük olan j alanlarını, a_i i talep noktasında hizmet alan nüfusu, P açılabilecek tesis sayısını ifade etmektedir. N_i I talep noktasını kapsayabilecek uygun tesis yerlerini içeren kümedir. Bir tesis i talep noktasına S mesafe eşiğinden daha yakınsa kapsanmış sayılırken bu değerden daha uzaksa kapsanmamış sayılmaktadır (Church & Revelle, 1974). Eş. (3.13) belirtilen eşik değeri içerisindeki kapsanan nüfusu makisimize etmeyi amaçlamaktadır. Eş. (3.14) i alanının yalnızca mesafe eşik değeri içerisindeki tesislerden hizmet almasını garanti etmektedir. Eş. (3.15) maksimum açılabilecek tesis sayısını belirtmektedir. Eş. (3.16) ikili değişkenleri göstermektedir.

3.4. Problemin Tanımlanması

LMD yöntemleri kapsamında kargo dolabı kullanımı, ürünün müşteriye teslim edilmesinde alternatif bir yöntem olarak her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Bu modelde, ürün teslimatı sonrasında müşterinin ürünü belirlenen bir dolaptan kendisinin teslim alması gerekmektedir. Dolayısıyla, dolapların konumlandırılması, bu sistemin erişilebilirlik, kullanılabilirlik ve benimsenme düzeyi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu doğrultuda, kargo dolaplarının genellikle şehir içi ulaşım istasyonları, alışveriş merkezleri, üniversite kampüsleri veya çevresi ile benzin istasyonları gibi yüksek yaya trafiğine sahip uğrak noktalarına konumlandırılması önerilmektedir. Bulunan konuma erişiminin kolaylığı hem hâlihazırdaki kullanıcılar hem de potansiyel kullanıcılar için etkili olmaktadır. Konuma ek olarak hizmet verilen alandaki pazar yoğunluğu da erişime etki eden bir diğer faktördür. Bu nedenle doğru konumlandırma ve kapsama stratejisi önem arz etmektedir. Dolap sayısı ve bulunduğu konum müşterinin siparişini teslim alması için sarf edeceği çabayı belirlemektedir (Lagorio & Pinto, 2020).

Erişilebilirlik hem müşteri hem de LSS bakış açısıyla dikkate alınmalıdır. Müşteri bakış açısı dolapların yürüme mesafesinde, ulaşım seçenekleri fazla olan ve yaya yolu ve kaldırım gibi güvenlik sunan konumlarda (tramvay, otobüs durağı, bisiklet paylaşım alanları vb.) olmasını öncelemektedir. Diğer yandan LSS'ler ise ürünlerin dolaplara taşındığı araçların geçiş sağlayabileceği ana yollara yakınlığı, araçlar için park alanlarının varlığı, trafik yoğunluğu gibi kriterleri esas almaktadır (Lee vd., 2019).

3.5. Modelin Amacı

Geliştirilen model, kargo dolaplarının erişilebilirliğini artırmak ve sınırlı kaynaklarla maksimum sosyal fayda sağlamayı hedefleyen çok amaçlı bir yer seçimi problemine odaklanmaktadır. Literatürdeki mevcut çalışmalarda erişilebilirlik genellikle sadece fiziksel mesafe üzerinden değerlendirilirken, bu modelde hem LSS'lerin operasyonel koşulları hem de müşteri deneyimi ve memnuniyeti eş zamanlı olarak dikkate alınmaktadır. Modelin temel amacı, sınırlı sayıda kargo dolabının hizmet alanı içerisindeki kullanıcılar için maksimum erişilebilirlik, dengeli kapsama ve eşit erişim fırsatı sunacak biçimde konumlandırılmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda, model çok amaçlı optimizasyon yaklaşımıyla formülize edilmiş olup üç ana hedefi esas almaktadır:

- Kargo dolabı açma ve müşterilerin dolaplara ulaşması kaynaklı yakıt maliyetleri ekonomik maliyet olarak alınmış ve minimize edilmesi amaçlanmıştır.
- Kapsanan nüfusu maksimize etmek adına kapsanmayan nüfus alanlarına ceza maliyeti belirlenmiştir. Erişilebilen nüfusu maksimize etmek adına erişilebilen nüfus oranı için teşvik belirlenmiştir. Bu şekilde kapsam ve erişilebilirliğin maksimize edilmesi amaçlanmıştır.
- Kargo dolabı açma çevresel maliyetleri ile müşterilerin dolaba ulaşması kaynaklı emisyon maliyetleri çevresel maliyet olarak alınmış ve minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Model bu amaçlar doğrultusunda erişim değerini maksimize etmeyi, erişim eşitsizlerini minimize etmeyi ve erişim kaynaklı ekonomik ve çevresel maliyetleri azaltmayı amaçlamaktadır. Böylece önerilen model yalnızca lojistik etkinlik ve müşteri memnuniyeti açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal kapsayıcılık açısından da önemli katkılar sunmayı hedeflemektedir. Çok amaçlı model karma tamsayılı programlama olarak kurulmuş, amaçlar ise BWM ile ağırlıklandırılarak karar verici tercihleri modele entegre edilmiştir.

3.6. Problemin Matematiksel İfadesi

Literatür incelemesi, kargo dolaplarının konumlandırılmasında erişilebilirlik kavramının sınırlı düzeyde ele alındığını göstermektedir. Ayrıca, mevcut çalışmalarda erişilebilirliği maksimize ederken kapsama oranını eş zamanlı olarak artırmayı amaçlayan bütünleşik bir yaklaşıma rastlanmamıştır. Bu doğrultuda geliştirilen model ve modelin varsayımları aşağıda sunulduğu gibidir.

Varsayımlar	
Kargo dolabı kurulumu için aday yerler önceden belirlidir ve bilinmektedir.	
Müşterilerin ürünleri kargo dolabından almaları için zaman kısıtı yoktur.	
Müşteriler ürünleri teslim almak amacıyla kargo dolaplarına şahsi otomobili ile veya yürüyerek ulaşmaktadır.	
Müşterilerin ürünleri kargo dolaplarından teslim almak isteyecekleri mesafe eşiği söz konusudur.	
Her kargo dolabı homojen kapasiteye sahiptir.	
İndisler	
I	Nüfus alanı (talep bölgesi)
K	Kargo dolabı aday yerler
Parametreler	
P_i	i nüfus alanındaki toplam nüfus miktarı
d_{ik}	i nüfus alanı ile k dolabı arası mesafe
β	açılabilecek maksimum kargo dolabı sayısı
e_k	kargo dolabı açmanın çevresel maliyeti
ce	Otomobil ile seyahat için km başı emisyon maliyeti
f_k	kargo dolabı açmanın sabit maliyeti
s	besleme alanı için seyahat mesafesi eşiği
cap_k	kargo dolabı kapasitesi
c_{ik}	i nüfus alanından k dolabına km başı seyahat maliyeti
inc	erişebilen nüfus oranı için teşvik miktarı
sc	hizmet alamayan nüfus için ceza maliyeti
DR_{ik}	çevrim içi alışveriş yapan nüfus oranı
$usage$	kargo dolabı kullanmayı tercih eden çevrim içi müşteri oranı
$driver$	ürünü şahsi otomobili ile toplamaya giden müşteri oranı
min_k	kargo dolabı kapasitesinin minimum kullanım miktarı
A_i	i nüfus alanının erişilebilirlik değeri
R_k	tesis-müşteri oranı
d	i nüfus alanından k dolabına uzaklık d_0'dan büyükse 1; dd. 0
M	çok büyük sayı
Karar değişkenleri	
y_k	k aday yerine dolap açılırsa 1, dd. 0
y_i	i nüfus alanına en az bir dolap atanmışsa 1; dd. 0
Pozitif değişken	
x_{ik}	i nüfus alanından k dolabına atanan müşteri miktarı
Amaç fonksiyonları	

$$Min\ Z = \sum_k y_k * f_k + \sum_{i,k} x_{ik} * d_{ik} * c_{ik} * driver \quad (3.17)$$

$$Min\ Z = (\sum_i P_i * DR_{ik} * usage\ *\ (1 - y_i) * sc) - (\sum_i P_i * DR_{ik} * usage * A_i * inc) \quad (3.18)$$

$$Min\ Z = \sum_k y_k * e_k + \sum_{i,k} x_{ik} * d_{ik} * ce * driver \quad (3.19)$$

Kısıtlar	
$$\sum_{k} y_k \leq \beta$$	(3.20)
$$\sum_{k \in K \cap d_{ik} \leq s} y_k \geq y_i \ \forall_i$$	(3.21)
$$\sum_{i \in I \cap d_{ik} \leq s} x_{ik} \leq capk * y_k \ \forall_k$$	(3.22)
$$A_i \ \leq M * y_i \ \forall_i$$	(3.23)
$$\sum_{k \in K \cap d_{ik} \leq s} x_{ik} = \ y_i * P_i * DR_{ik} * usage \ \forall_i$$	(3.24)
$$\sum_{i \in I \cap d_{ik} \leq s} x_{ik} \geq min_k * y_k \ \forall_k$$	(3.25)
$$d, y_k, y_i \in \{0, 1\}$$	(3.26)
$$x_{ik} \geq 0$$	(3.27)

Modelde Eş. (3.17-3.19) amaç fonksiyonlarını göstermektedir. Eş. (3.17) kargo dolabı açmanın sabit maliyetlerini ve müşteri bölgelerinden dolaplara km başı seyahat maliyetlerini dikkate alarak toplam maliyeti en küçüklemeyi amaçlamaktadır. Eş. (3.18) kargo dolapları tarafından kapsanamayan nüfus için ceza maliyetlerini enküçüklerken erişebilen nüfus oranını teşvik ederek sosyal faydayı artırmayı ve böylece sosyal maliyetleri azaltmayı hedeflemektedir. Eş. (3.19) kargo dolabı açmanın çevresel maliyetleri ile müşteri bölgesinden dolaplara km başı emisyon maliyetlerini enküçükleyerek çevresel maliyeti minimize etmeyi amaçlamaktadır. Eş. (3.20) maksimum kargo dolabı sayısı kadar dolap açılabileceğini belirtmektedir. Eş. (3.21) mesafe kabul edilebilir eşik değerden küçük olduğunda i nüfus alanı k dolabına atanabilir kısıtıdır. Eş. (3.22) dolaplara tahsis edilen talebin dolap kapasitelerini aşmamasını sağlamaktadır. Eş. (3.23) bir bölgenin hizmet alması durumunda erişilebilirlik hesaplaması yapılabileceğini ifade etmektedir. Bu kısıt kapasite tahsisi yapılmamış (hizmet almamış) nüfus alanları için erişilebilirlik hesaplamasını engellemektedir. Eş. (3.24) hizmet alan nüfus alanlarındaki taleplerin eşik sınırı içerisindeki dolaplara atanmasını hedeflemektedir. Eş. (3.25) eğer dolap açılmışsa, dolabın asgari düzeyde kullanımının sağlanmasını garanti altına almaktadır. Bu kısıt kargo dolaplarının gereksiz yere açılmasının önüne geçerek kaynak israfını önlemektedir. Eş. (3.26) ikili değişkenleri, Eş. (3.27) pozitif değişkeni tanımlamaktadır.

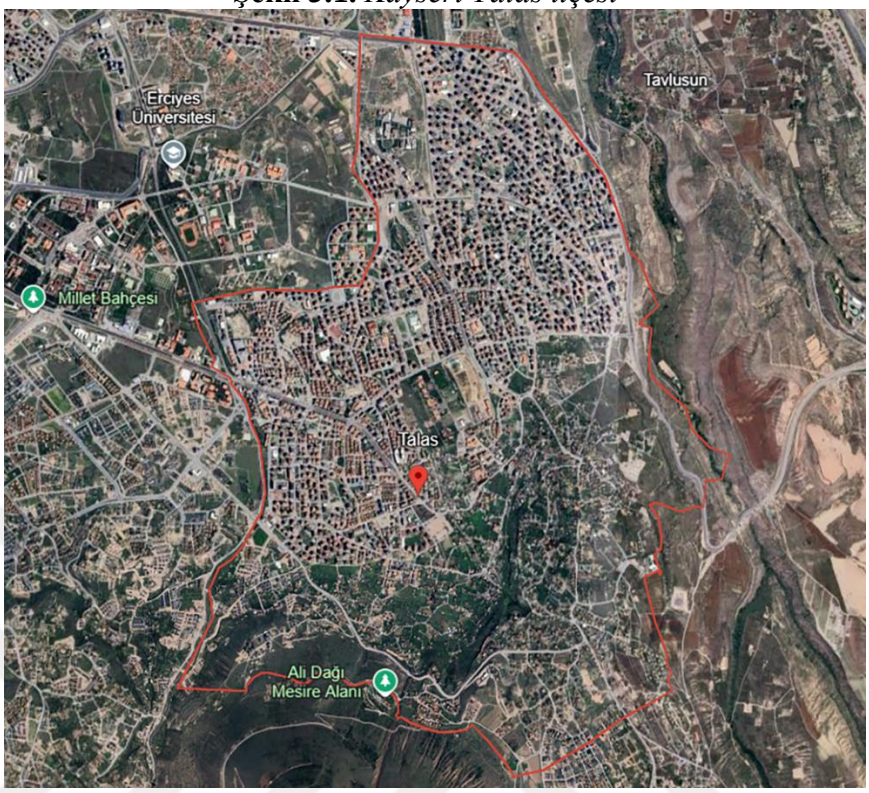
Geliştirilen modelde Gu vd. (2010)'nin çalışması temel alınarak Eş. (3.18)

oluşturulmuştur. Nüfusun yalnızca belirli bir oranı çevrim içi alışveriş yaptığından dolayı DR_{ik} değeri ile çevrim içi alışveriş yapan nüfus oranı dikkate alınmıştır. Dahası, çevrim içi alışveriş yapan tüm müşterilerin kargo dolabı tercih etmediği dikkate alınarak müşterilerin dolap tercih eden kısmı $usage$ oranı ile çarpılmıştır. Yapılan çalışmalar müşterilerin belirli bir kısmının ürünlerini şahsi otomobilleri ile toplamaya gittiğini göstermektedir. Bu doğrultuda araçla ürün toplayan müşteriler için $driver$ oranı belirlenmiştir. Sosyal amacın ilk kısmı olan kapsam formülü yine nüfus oranları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Burada kapsanmayan nüfus alanı için ceza maliyeti esas alınmıştır. Bahsi geçen ceza maliyetini minimize ederek kapsamı artırmak amaçlanmıştır. Sosyal amacın ikinci kısmı olan erişilebilirlik formülü içinse A_i değeri nüfus ile ağırlıklandırılarak bir teşvik miktarı belirlenmiştir. Erişilebilirlik maksimize edilmek istendiğinden amaç fonksiyonuna eksi çarpanla dahil edilmiştir. Birden fazla ödünleşim gerektiren modelin verileri bir sonraki başlıkta paylaşılmıştır.

3.7. Model Parametrelerinin Belirlenmesi

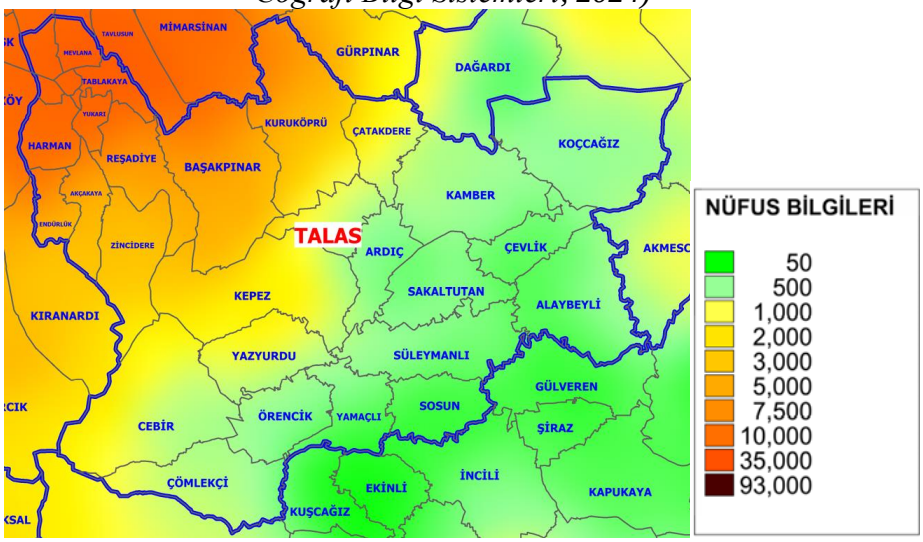
Modelde kullanılan veriler, gerçek hayat verilerinden ve literatürden elde edilmiştir. Gerçek hayat problemine konu Talas ilçesi Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Şekil 3.2 ilçenin nüfus yoğunluğunu mahalleler kapsamında göstermektedir. Nüfus alanları, nüfus miktarları ve nüfus alanlarının koordinat bilgileri Tablo 3.1'de yer almaktadır.

Şekil 3.1. *Kayseri Talas ilçesi*



Kaynak: Yazar tarafından Google Earth kullanılarak oluşturulmuştur.

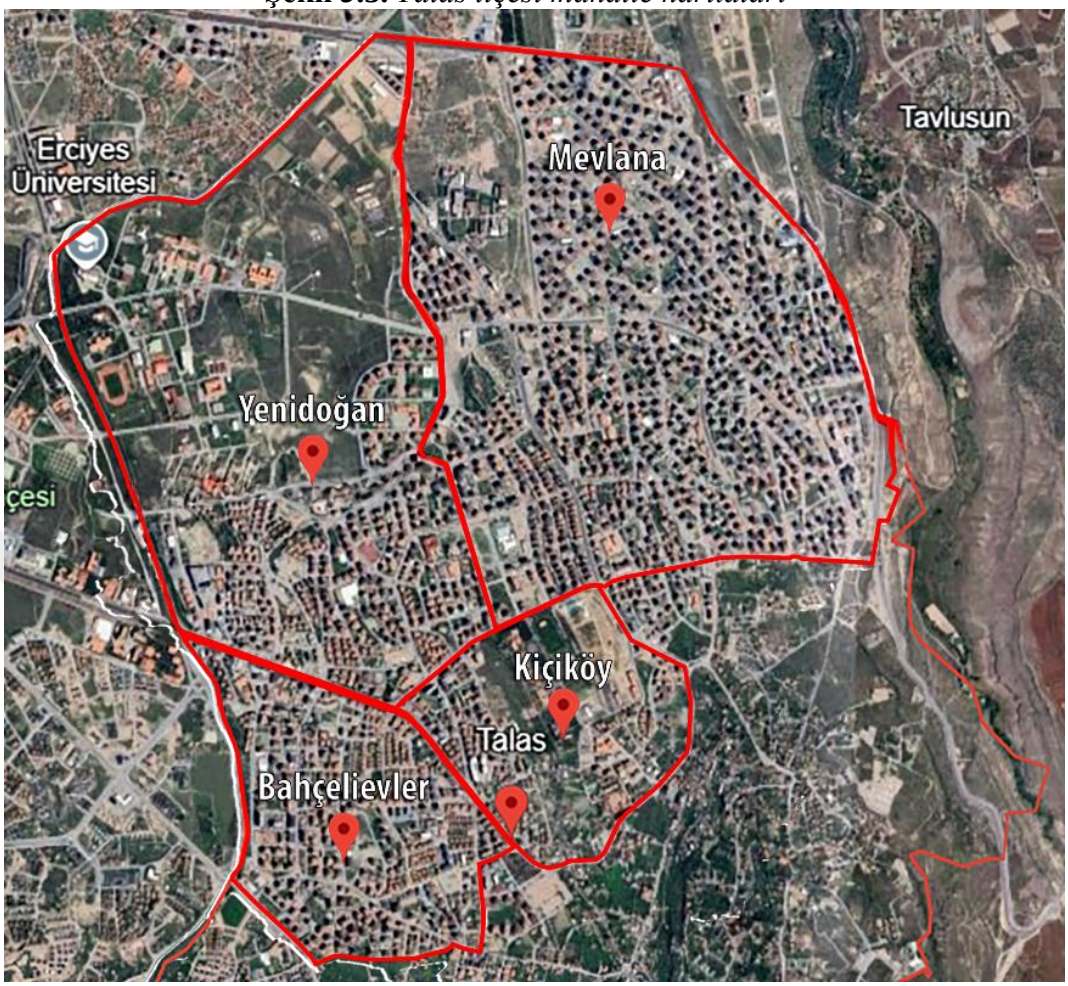
Şekil 3.2. *Kayseri Talas ilçesi nüfus yoğunluğu haritası (Kayseri Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri, 2024)*



Kaynak: Kayseri Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri. (2024). Kayseri Büyükşehir Belediye sınırları içerisindeki mahallelerin 2024 nüfus yoğunluğu. https://cbs.kayseri.bel.tr/PDF/NUFUS_TEMATIK_HARITA_2024.pdf

Şekil 3.2'de görülen ilçenin en büyük dört mahallesi modelin uygulanabilirliğini gösterebilmek adına örnek probleme dahil edilmiştir. Şekil 3.3 mahallelerin haritasını göstermektedir. Modelde nüfus alanları talep noktaları olarak alınmış ve belirlenen 40 adet kargo aday yeri Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Şekil 3.3. *Talas ilçesi mahalle haritaları*

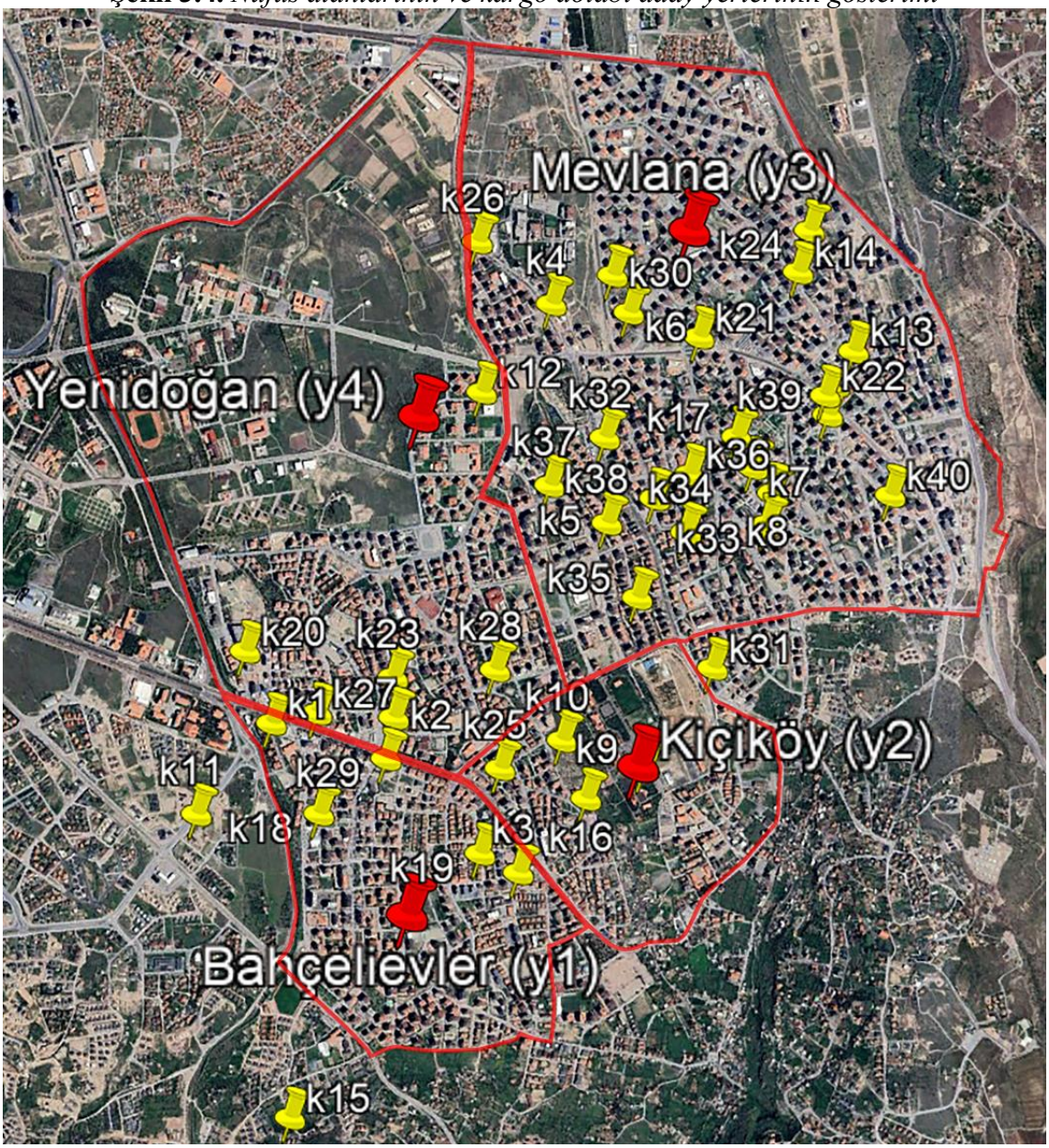


Tablo 3.1. *Nüfus alanlarının koordinat ve nüfus bilgileri*

I	P_i	X koordinatı	Y koordinatı
Bahçelievler	22.662	38,68857823	35,54719064
Kiçiköy	5.375	38,68951314	35,55703780
Mevlana	93.093	38,70802382	35,56138269
Yenidoğan	26.546	38,69831447	35,54856019

Talas ilçesinde bulunan dört mahallenin koordinatları ve nüfusları tabloda verildiği gibidir (Kayseri Büyükşehir Belediyesi, 2024; Kayseri Büyükşehir Belediyesi Üç Boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemi, 2023).

Şekil 3.4. *Nüfus alanlarının ve kargo dolabı aday yerlerinin gösterimi*



Şekil 3.4'te kırmızı renkli pinler nüfus alanlarını, sarı renkli pinler kargo dolapları için aday yerleri göstermektedir. Kargo dolapları için aday yerlerin koordinat bilgileri Tablo 3.2'de yer almaktadır. Dolap aday yerleri, Kayseri Büyükşehir Belediyesi Üç Boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamasından nüfus yoğunluğu, ulaşım durakları, kargo firması şubeleri, okullar ve sağlık birimlerinin olduğu bölgeler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

Tablo 3.2. *Kargo dolabı aday yerlerinin koordinat bilgileri*

K	X koordinatı	Y koordinatı	K	X koordinatı	Y koordinatı
Alan 1	38,6940551	35,5404657	Alan 21	38,7080951	35,5607962
Alan 2	38,6942195	35,5462587	Alan 22	38,70592131	35,56671537
Alan 3	38,6884869	35,5520086	Alan 23	38,6956881	35,5462115
Alan 4	38,7093616	35,5538516	Alan 24	38,7119681	35,5660502
Alan 5	38,7012827	35,5563678	Alan 25	38,6922931	35,5512081
Alan 6	38,7090184	35,5574994	Alan 26	38,7116051	35,5502484
Alan 7	38,7032864	35,5632252	Alan 27	38,6944033	35,5426118
Alan 8	38,7022744	35,5642395	Alan 28	38,6959297	35,5510281
Alan 9	38,69223121	35,55798759	Alan 29	38,6926216	35,5463893
Alan 10	38,6935271	35,5549994	Alan 30	38,7103919	35,5567474
Alan 11	38,690741	35,5368901	Alan 31	38,6956786	35,5614291
Alan 12	38,7061412	35,5505287	Alan 32	38,7044622	35,5563102
Alan 13	38,70752365	35,56807768	Alan 33	38,7012121	35,56387404
Alan 14	38,71049766	35,56551178	Alan 34	38,70083359	35,56009583
Alan 15	38,6795401	35,5411542	Alan 35	38,69855105	35,55786612
Alan 16	38,6912017	35,5552916	Alan 36	38,70306636	35,56034035
Alan 17	38,70440882	35,56253028	Alan 37	38,70271921	35,55369937
Alan 18	38,69070250	35,54265905	Alan 38	38,70233554	35,55857237
Alan 19	38,6891831	35,5502349	Alan 39	38,70517774	35,56684774
Alan 20	38,6967058	35,5392564	Alan 40	38,70213692	35,56969539

Oliveira vd. (2019) yayaların %70'inin 1 km'ye kadar yürümeye gönüllü olduğunu, sürücülerin ise %48'inin 2 km'ye kadar ürün toplama mesafesini olumlu bulduklarını belirtmiştir. Kedia vd. (2019) ise müşterilerin %54'ünün teslimat noktalarına yürüyerek veya bisikletle gitmeye istekli olduğunu belirtmiştir. Çalışmada yürüyerek ve bisikletle katlanılabilir maksimum ortalama mesafeler sırasıyla 1,7 km (1 mil) ve 2,33 km (1,4 mil) olarak belirtilmiştir. Buradan hareketle örnek problemde mesafe eşik değeri 2 km olarak belirlenmiştir. Nüfus alanları-kargo dolabı aday konumları arası mesafeler (d_{ik}) Tablo 3.3'te verilmektedir. Koordinatlar arası mesafeler Yandex Map kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 3.3. *i nüfus alanı ile k dolabı arası mesafeler (km)*

	k1	***k2***	***k3***	***k4***	***k5***	***k6***	***k7***	***k8***	***k9***	***k10***
$\mathbf{i_1}$	1,23	0,92	0,58	3,2	2	3,6	2,69	2,73	2,21	1,23
$\mathbf{i_2}$	2	1,28	0,61	2,95	1,79	3,3	2,39	2,44	1,32	0,55
$\mathbf{i_3}$	3,4	2,77	3,2	0,85	1,38	0,57	0,71	0,88	2,16	2,58
$\mathbf{i_4}$	1,52	1	1,49	1,77	0,92	2,69	2,15	2,19	2	0,89
	k11	***k12***	***k13***	***k14***	***k15***	***k16***	***k17***	***k18***	***k19***	***k20***
$\mathbf{i_1}$	1,54	3,3	4,8	4,5	1,66	1,25	3	0,7	0,7	1,75
$\mathbf{i_2}$	2,61	2,91	3,7	4,2	2,27	0,79	2,74	1,66	0,69	2,18
$\mathbf{i_3}$	4,8	1,4	0,8	1,2	4,6	2,98	0,62	3,4	3,1	3,1
$\mathbf{i_4}$	2,9	1,6	3	3,3	2,86	1,3	2,54	1,46	1,39	1,42
	k21	***k22***	***k23***	***k24***	***k25***	***k26***	***k27***	***k28***	***k29***	***k30***
$\mathbf{i_1}$	3,3	4,3	1,14	4,4	1	3,5	1,23	1,26	0,62	3,8
$\mathbf{i_2}$	2,84	3	1,44	4	0,97	3,3	2	1,15	1,37	3,5
$\mathbf{i_3}$	1,09	0,77	2,82	1,23	2,55	1,5	3,5	2,28	2,78	0,71
$\mathbf{i_4}$	2,53	2,9	0,7	3,3	0,86	1,96	1,57	0,4	1,12	2,83
	k31	***k32***	***k33***	***k34***	***k35***	***k36***	***k37***	***k38***	***k39***	***k40***
$\mathbf{i_1}$	2	3,1	2,75	2,26	2,11	2,66	2,26	2,32	4,2	3,8
$\mathbf{i_2}$	1,73	2,7	2,4	1,9	1,8	2,3	2	2	3,2	2,76
$\mathbf{i_3}$	1,64	1,07	1,04	1,17	1,82	1,3	1,4	1,3	0,88	1,4
$\mathbf{i_4}$	1,68	1,78	2,46	2	1,2	2,2	0,9	2	2,9	2,8

Haritalarda 200-250 m'ye kadar mesafelerde hata ve/veya değişiklik payları olabilmektedir. Elde edilen mesafeler kuş uçuşu olmaması sebebiyle gerçek uzaklıkları yansıtırken değişen yol güzergahlarını da dikkate almaktadır. Herhangi bir yol çalışması durumunda mesafelerin değişebileceği dikkate alınmalıdır.

TÜİK 2024 yılı için internet üzerinden mal ve hizmet alan bireylerin oranını %51 olarak belirtmiştir, buradan hareketle çevrim içi alışveriş yapan nüfus oranı %50 olarak alınmıştır. Ancak internetten alışveriş yapan nüfusun tamamı ürünlerini kargo dolaplarından toplamak istememektedir. Belçika'da yapılan anket çalışmasında müşterilerin %75'i adrese teslimatı tercih ederken; Çin'de yapılan anket çalışmasında müşterilerin %22'sinin kargo dolaplarını tercih ettiği tespit edilmiştir (Keeling vd.,2021).

Dolayısıyla bu çalışmada, internetten alışveriş yapan nüfusun %20'sinin kargo dolaplarını tercih ettiği varsayılmıştır. Wang vd. (2020) çalışmalarında kargo dolabının çevresel maliyetini, dolabın saatlik elektrik tüketimi ile ticari elektrik dağıtım bedelinin çarpımı olarak almıştır. Çalışmalarında 64-128 çekmece kapasiteli dolaplar için saatlik elektrik tüketimi 40W olarak belirtilmiştir. Ancak bu tez çalışmasında 500-1000 çekmece kapasiteli kargo dolapları modele konu olduğundan kapasite ile doğru orantılı olarak ortalama 750 çekmeceli bir kargo dolabı için saatlik elektrik tüketimi hesaplanmış ve yaklaşık tüketim değeri 470W olarak kabul edilmiştir (=0,47 kWsa). Elektrik tüketim maliyetlerinde dağıtım bedeline ek olarak enerji bedelleri de dikkate alındığından 5 Nisan 2025 tarihi ile belirlenen EPDK fiyatlarına göre dağıtım bedeli 81 kuruş, enerji bedeli 2,85 Türk lirası olarak alınmıştır (EPDK, 2025). Rai vd. (2020) müşterilerin %47'sinin ürünleri şahsi otommobilleri ile toplamaya gittiğini belirtmiştir. Ürünlerini şahsi otomobilleri ile toplayan müşterilerin km başına yakıt maliyeti hesaplaması için ortalama 2015 model benzinli bir otomobilin 10km/litre yakıt verimliliğine sahip olduğu varsayılmış, benzin fiyatı 40 Türk lirası olarak esas alınmıştır. Km başı emisyon maliyetini hesaplamak için yine 2015 model ortalama bir otomobilin km'de ürettiği emisyon değeri Avrupa Parlamentosu'nun internet sitesinde belirtildiği üzere 130gr olarak dikkate alınmıştır (European Parliament, 2024). Emisyon maliyetini hesaplayabilmek için Dünya Bankası'nın CO_2 fiyatlandırma tablosunda Washington İklim Taahhüt Yasası kapsamında belirlenen ton başına CO_2 emisyon maliyeti olan 50 dolar dikkate alınmıştır (World Bank Group, 2025). Modelde para birimi dolar olarak esas alınmış ve dolar kuru 30 TL olarak belirlenmiştir.

3.8. Bulgular

Karar verme sürecinde birden fazla amacı dikkate alan çok amaçlı bir karma tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Modeldeki amaçlar, ağırlıklı toplam yaklaşımı kullanılarak tek bir amaç fonksiyonuna indirgenmiştir. Amaç fonksiyonuna ilişkin ağırlıklar, uzman görüşlerine dayalı olarak BWM ile belirlenmiş ve bu ağırlıklar doğrultusunda modelin çözümü gerçekleştirilmiştir. Başlık 3.8.1, uzmanlar aracılığıyla elde edilen amaç fonksiyonu ağırlıklarını detaylı şekilde sunmaktadır.

3.8.1. Uzman Görüşleri Doğrultusunda Amaç Fonksiyonu Ağırlıklarının Belirlenmesi

Modelde kullanılan amaç fonksiyonları; ekonomik, sosyal ve çevresel maliyet bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu üç kriterin ağırlıklandırılması amacıyla karar vericilere yönelik bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket aracılığıyla farklı paydaş gruplarının bakış açılarını modele yansıtacak şekilde uzman görüşleri toplanmıştır. Bu kapsamda, biri özel sektör, diğeri kamu sektöründe faaliyet gösteren iki farklı LSS firmalarında görev yapan üst düzey yöneticilerden iki ayrı uzman görüşü elde edilmiştir. Ayrıca, belediyenin çevre ve ulaştırma biriminde görev yapan bir üst düzey yönetici ile LMD alanında uzman iki akademisyenin görüşleri de değerlendirmeye alınmıştır. Böylece, toplam beş uzmandan elde edilen veriler, kriterlerin ağırlıklandırılmasında temel alınmıştır. Kriter ağırlıklandırmaları Tablo 3.4'te verildiği gibidir. Ekonomik amaç için C1, çevresel amaç için C2, sosyal amaç için ise C3 kullanılmıştır.

Tablo 3.4. *Karar vericilere ait kriter değerlendirmeleri*

Karar verici 1	En iyi kriter	C1	En kötü kriter		C2
En iyi kriterden diğer kriterlere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			1	9	7
Diğer kriterlerden en kötü kritere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			9	1	3
Karar verici 2	En iyi kriter	C3	En kötü kriter		C2
En iyi kriterden diğer kriterlere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			5	7	1
Diğer kriterlerden en kötü kritere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			3	1	7
Karar verici 3	En iyi kriter	C3	En kötü kriter		C1
En iyi kriterden diğer kriterlere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			8	9	1
Diğer kriterlerden en kötü kritere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			1	1	8
Karar verici 4	En iyi kriter	C1	En kötü kriter		C3
En iyi kriterden diğer kriterlere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			1	3	5
Diğer kriterlerden en kötü kritere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			5	2	1
Karar verici 5	En iyi kriter	C3	En kötü kriter		C1
En iyi kriterden diğer kriterlere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			6	3	1
Diğer kriterlerden en kötü kritere tercih oranı			**C1**	**C2**	**C3**
			1	3	6

Tablodaki bilgilerden en iyiden diğerlerine ve diğerlerinden en kötüye vektörlerine

ulaşılmıştır. BWM eşitlikleri dikkate alınarak tüm karar vericilere ait kriter ağırlıkları bulunmuştur. Kriter ağırlıkları Tablo 3.5'te sunulmuştur.

Tablo 3.5. *Karar vericilere ait kriter ağırlıkları*

	C1	**C2**	**C3**	**ξ**
Karar verici 1	0,794	0,076	0,128	0,102
Karar verici 2	0,168	0,090	0,740	0,103
Karar verici 3	0,1	0,090	0,809	0,009
Karar verici 4	0,65	0,225	0,125	0,025
Karar verici 5	0,1	0,24	0,66	0,06
Ağırlıklı ortalama	0,362	0,144	0,492	0,060

Her bir karar vericiden elde edilen karşılaştırma matrisleri doğrultusunda, BWM adımları sistematik biçimde uygulanmış ve buna dayalı olarak kriterlere ilişkin ağırlıklar elde edilmiştir. Karar vericilere ait ağırlıkların ortalaması alınarak bileşik kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Söz konusu analiz kapsamında ortalama tutarlılık oranının 0,060 olduğu görülmektedir. Bu değer, karar vericilerin gerçekleştirdiği karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu ağırlıklar bir sonraki adımda birinci amaç fonksiyonu için 0,36, ikinci amaç fonksiyonu için 0,49, üçüncü amaç fonksiyonu için 0,15 olarak alınmıştır.

3.8.2. Geliştirilen Modelin Örnek Veri Setine Uygulanması

Kayseri ili Talas ilçesinin en büyük nüfusa sahip dört adet mahallesi modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla gerçek bir vaka problemi olarak dikkate alınmıştır. Mahalleler için kargo dolabı aday yerleri literatürden yola çıkılarak kampüsler, tramvay veya merkezi aktarma otobüs durakları, benzin istasyonları, cazibe merkezleri, okullar, yurtlar gibi uğrak yerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Açılabilecek maksimum kargo dolabı sayısı 25, mesafe eşik değeri 2 km, dolap kapasiteleri 750 çekmece, açılan dolaplar için minimum çekmece kullanımı 200, kapsanmayan nüfus için ceza maliyeti 10$, erişebilen nüfus ağırlığı için teşvik 1$ olarak alınmıştır. Örnek problem GAMS 48.4.0 CPLEX aracılığıyla Intel® Core™ i5 2.00 GHz işlemcili ve 8.00 GB RAM kapasiteli bir kişisel bilgisayarda çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar hem çözüm süresi hem de optimal değer bakımından değerlendirilmiş; modelin optimal çözüm sağladığı ve hesaplamaların 0,25 CPU gibi kısa bir sürede tamamlandığı gözlemlenmiştir. Çözüm

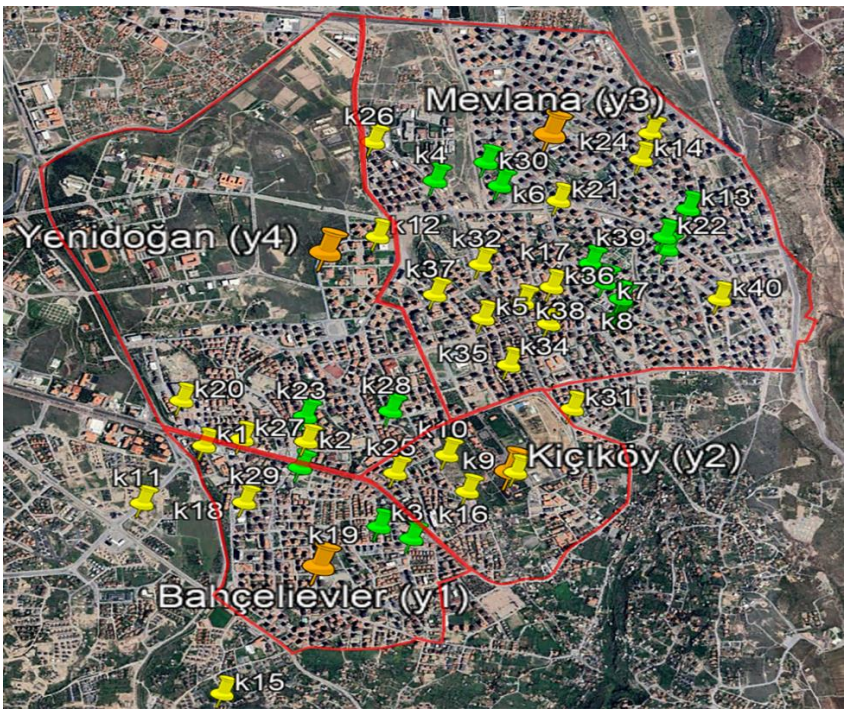
sonucunda hizmet alan mahalleler, açılan kargo dolapları ve mahallelerden dolaplara atanan nüfus miktarları Tablo 3.6'da sunulmuştur.

Tablo 3.6. *Örnek problem sonuçları*

$y_i = 1$	$y_k = 1$	Toplam x_{ik}
y_1	k3, k19, **k25**, k29	2266
y_2	**k10**	537
y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k30, **k32**, k33, k39	9309
y_4	**k10**, k23, **k25**, k28, **k32**	2654

Tablo 3.6, tüm nüfus alanlarının hizmet aldığını, birinci mahalleye 3, 19, 25 ve 29 nolu dolapların; ikinci mahalleye 10 nolu dolabın; üçüncü mahalleye 4, 6, 7, 8, 13, 14, 17, 21, 22, 30, 32, 33 ve 39 nolu dolapların; dördüncü mahalleye 10, 23, 25, 28 ve 32 nolu dolapların hizmet verdiğini göstermektedir. Çözüm sonucunda, açılabilecek maksimum dolap sayısı olan 25 kargo dolabı içerisinden 20 adet kargo dolabının açıldığı görülmektedir. Bu dolaplar, belirlenen eşik mesafe içinde en fazla kullanıcıya hizmet sunabilecek şekilde seçilmiştir. Tabloda koyu renkle belirtilen dolaplar birden fazla nüfus alanına hizmet etmektedir. Şekil 3.5 hizmet alan nüfus alanlarını ve açılan dolapları harita üzerinde görselleştirmektedir.

Şekil 3.5. *Örnek problem sonuçlarının haritada gösterimi*



Hizmet alan nüfus alanları turuncu renk, açılan kargo dolapları yeşil renkle gösterilmektedir. Açılan dolapların üçüncü nüfus alanında yoğunlaşmasının sebebi, nüfus yoğunluğunun bu bölgede fazla olmasıdır. y_1, y_2 ve y_4 nüfus alanlarının toplam kargo dolabı kullanmaya gönüllü nüfus miktarı 5457 iken yalnızca y_3 için bu nüfus miktarı 9309'dur. Dolayısıyla üçüncü nüfus alanı daha fazla dolap gerektirmektedir. Modelin bu ihtiyacı karşıladığı görülmektedir. Örnek problem sonucunda elde edilen amaç fonksiyonu ve erişilebilirlik değerleri Tablo 3.7'de gösterilmektedir.

Tablo 3.7. *Örnek problem amaç fonksiyon ve erişilebilirlik değerleri*

Amaçlar	**Değerler**	**Ağırlık**	**Erişilebilirlik**	**Değerler**
z_1	120.766	0,36	A_1	1,1335
z_2	-17.984	0,49	A_2	1,1311
z_3	10.078	0,15	A_3	1,2375
z_4	36.175	1,00	A_4	1,2384

Örnek problemde ağırlıklandırılmış toplam amaç fonksiyonu değeri (z4) 36.175$ olarak elde edilmiştir. Bu değer, ekonomik (z1 = 120.766), sosyal (z2 = -17.984) ve çevresel (z3 =10.078) alt amaç fonksiyonlarının sırasıyla %36, %49 ve %15 oranlarında ağırlıklandırılması ile elde edilmiştir. Tüm nüfus alanları hizmet aldığından kapsanmayan nüfus için ceza söz konusu olmamış, amaç fonksiyonunun yapısı gereği erişilebilir nüfus için teşvik miktarı 17.984$ olarak bulunmuştur. Teşvik miktarı toplam maliyetlerden düşüldüğü için negatiftir. Sonuçlar, maliyet etkinliğinin sağlandığını, aynı zamanda sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik unsurlarının da dikkate alındığını göstermektedir. Modelde yer alan erişilebilirlik değerleri A_i incelendiğinde, dört nüfus alanında da $A_i \geq 1$ olduğu gözlemlenmiştir. Hizmet alan bir kişinin kargo dolaplarına mesafeye bağlı ağırlıklı erişiminin 1,13 ila 1,24 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Erişilebilirlik değerleri örnek problemde dengeli dağılmıştır. Nüfus alanları arasındaki erişim değerleri aşırı farklılık göstermemiştir. Dolaplara tahsis edilen nüfus miktarları Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. *Örnek problem dolaplara atanan nüfus miktarları (x_{ik})*

	k3	**k4**	**k6**	**k7**	**k8**	**k10**	**k13**	**k14**	**k17**	**k19**
y_1	750									750
y_2						537				
y_3		750	750	750	750		750	518	750	
y_4						212				
	k21	**k22**	**k23**	**k25**	**k28**	**k29**	**k30**	**k32**	**k33**	**k39**
y_1				16		750				
y_2										
y_3	750	750					750	542	750	750
y_4			750	734	750			208		

Model en az dolapla maksimum kapsama ve erişilebilirlik amaçlamaktadır. Açılan dolaplar kapasite ve minimum kullanım oranı kısıtlarını karşılayarak nüfus alanlarına atanmıştır. Kapasitesi uygun olan kargo dolapları optimum çözümde birden fazla nüfus alanına hizmet etmiştir. Dolapların birden fazla nüfus alanına hizmet etmesi kapasitenin etkin kullanımını sağlayarak aynı zamanda erişilebilirliği maksimize etme hedefine hizmet etmektedir. Bu durum aynı zamanda R_k oranının da etkili kullanıldığını göstermektedir. k10, k25 ve k32 dolaplarının birden fazla nüfus alanına hizmet etmesi örtüşen kapsama alanlarını, bu dolapların coğrafi olarak stratejik bir noktada konumlandığını ve maksimum etkiyle minimum maliyet sağladığını göstermektedir. Sonuçlar, farklı LSS firmalarını iş birliği noktasında teşvik edebilir. Model daha az sayıda dolap açarak daha fazla nüfusa hizmet vermeyi ve bu şekilde gereksiz tesis açılışlarından kaynaklı çevresel etkileri azaltmayı başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir.

3.9. Senaryo Analizleri

Bu bölümde, geliştirilen matematiksel modelin farklı koşullar altında nasıl davrandığını incelemek amacıyla senaryo analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçek dünya belirsizliklerini ve karar vericilerin karşılaşabileceği çeşitli durumları yansıtmak adına belirli parametrelerin değerleri değiştirilerek modelin duyarlılığı ve performansı değerlendirilmiştir. Böylece modelin esnekliği, uygulanabilirliği ve karar verme süreçlerine katkısı daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. İlk senaryo analizi

kapasiteler için gerçekleştirilmiştir. Tablo 3.9 kapasitelerin değişmesi durumunda amaç fonksiyonu değerlerindeki değişimi götermektedir.

Tablo 3.9. K*apasite değişimlerine bağlı amaç fonksiyonu değerleri*

Senaryo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
capk	450	550	650	750	850	950	1050
z1	78.296	138.896	138.796	120.766	108.724	96.704	90.683
z2	87.132	10.208	-17.287	-17.984	-18.950	-19.297	-20.319
z3	6.540	11.590	11.585	10.078	9.072	8.067	7.564
z4	71.862	56.743	43.233	36.175	31.216	26.567	23.823

Dört numaralı analiz mevcut problem değerleridir. 1-3 numaralı analizler kapasitelerin azalması durumundaki değerleri, 5-7 numaralı analizler kapasitelerin artması durumundaki değerleri göstermektedir. Kapasiteler arttıkça ağırlıklı amaç fonksiyonu değeri olan z4 düzenli olarak azalmaktadır. Kapasiteler 650 ve üzeri çekmece olarak belirlendiğinde tüm nüfus alanları hizmet alabildiğinden ikinci amaç fonksiyonu erişebilen nüfus teşviği olarak hesaplanmakta dolayısıyla bu durum maliyetlere katkı sağlamaktadır. 5-7 numaralı senaryo analizlerinde erişebilen nüfus için hesaplanan teşviğin arttığı görülmektedir. 750'nin üzerinde belirlenen kapasitelerde daha az dolapla daha fazla nüfusa hizmet edilebildiğinden dolap açılmasına bağlı olarak hesaplanan ekonomik ve çevresel maliyetler azalış eğilimindedir. Kapasite 650 olarak belirlendiğinde örnek problemde olduğundan daha fazla dolap açılması gerekmiş ve maliyetler bu sebeple artmıştır. 550 ve 450 kapasite tercihlerinde hizmet almayan nüfus alanları olması sebebiyle maliyet artışları söz konusu olmuştur. Tablo 3.10 kapasite değişimlerine bağlı olarak erişilebilirlik değerlerindeki değişimleri göstermektedir.

Tablo 3.10. K*apasite değişimlerine bağlı* A_i *değerleri*

Senaryo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
A_1	1,1398	---	1,1118	1,1335	1,2847	1,2943	1,4305
A_2	0,9795	0,2221	1,0993	1,1311	1,2819	1,1162	1,2337
A_3	---	1,2337	1,1664	1,2375	1,2600	1,3146	1,3446
A_4	1,0741	0,3197	1,2501	1,2384	1,3636	1,3284	1,4683

Kapasite artışları dolapların hizmet verebilirliğini artırdığından dolayı erişilebilirlik değerlerinin de arttığı görülmektedir. Hizmet almayan nüfus alanları için erişilebilirlik

söz konusu olmadığından 1 ve 2 numaralı senaryo analizlerinde sırasıyla $y_1$ve y_3 nüfus alanları erişilebilirlik değerleri sıfır olarak hesaplanmıştır. 2 numaralı senaryo analizinde erişilebilirlik değerlerinin dengeli dağılmadığı görülmektedir. Bunun sebebi daha önce bahsedilen nüfus miktarlarıdır. y_3 nüfus alanı en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olduğundan kapsanmaması durumunda en büyük cezayı almakta ve bu durum maliyetlerin aşırı yükselmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla model mümkün olduğu durumda y_3 alanını öncelemektedir. En az dolapla hizmet verilmek istendiğinden nüfus miktarı düşük olan nüfus alanları için model, en yakın dolaplara değil ortak hizmet verebilecek olan görece daha uzak dolaplara yönelmiştir. Mesafe faktörü sebebiyle ikinci ve dördüncü nüfus alanlarının erişilebilirlik değerleri düşmüştür. Nitekim bu nüfus alanlarından gelecek olan teşvik yeni bir dolap açılmasından doğacak olan maliyetten daha düşüktür. Model, erişilebilirliği azaltarak hizmet verme ödünleşimini sağlamıştır. Alabileceği en fazla teşviği en büyük nüfus alanını önceleyerek elde etmiştir. 1 numaralı senaryo analizinde belirlenen kapasite miktarı üçüncü nüfus alanına yeterli olamadığından dolayı üçüncü nüfus alanı hizmet alamamış, diğer nüfus alanları için kapasite ataması söz konusu olmuştur. Tablo 3.11 kapasite değişimlerine bağlı olarak hizmet alan nüfus alanlarını ve açılan dolapları göstermektedir.

Tablo 3.11. *Kapasite değişimlerine bağlı y_i ve y_k değerleri*

	$y_i = 1$	$y_k = 1$
1	y_1	**k1**, k3, k18, k19, k27, k29
	y_2	**k10**, k16
	y_4	**k1**, k2, **k10**, k20, k23, k25, k28
2	y_2	**k9**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k24, k30, k32, k33, k34, k36, **k38**, k39, k40
	y_4	**k9**, k12, k26, k35, k37, **k38**
3	y_1	**k2**, k3, k19, **k29**
	y_2	**k10**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k24, k30, k32, k33, **k37**, k39
	y_4	**k2**, **k10**, k23, k25, k28, **k37**
4	y_1	k3, k19, **k25**, **k29**
	y_2	**k10**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k30, **k32**, k33, k39
	y_4	**k10**, k23, **k25**, k28, **k32**
5	y_1	k3, k19, k29
	y_2	**k10**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k17, k21, k22, k30, k33, k39
	y_4	**k10**, k23, k25, k28
6	y_1	k3, **k19**, k29
	y_2	**k19**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k17, k22, k30, k33, k39
	y_4	k23, k25, k28
7	y_1	k3, **k19**, k29
	y_2	**k19**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k17, k22, k30, k39
	y_4	k23, k25, k28

y_2 nüfus alanı için kargo dolabı kullanmayı tercih eden nüfus miktarı 537 gibi oldukça küçük olduğundan genellikle tek bir dolap ataması yeterli olmuştur. Tablodan fark edileceği üzere ilgili nüfus alanı için açılan dolaplar diğer nüfus alanlarına da hizmet etmektedir. Bu durum modelin açılan dolap kapasitelerini verimli kullandığını göstermektedir. Daha önce belirtildiği üzere kapasite artışları daha az dolapla hizmet edebilmeyi mümkün kılmıştır.

Örnek problemde açılacak maksimum dolap sayısı 25 olarak belirlenmiştir. Bütçeye bağlı olarak açılabilecek dolap sayısı azaldığında model kararlarında olan değişimleri incelemek adına 8-10 numaralı senaryo analizleri gerçekleştirilmiştir. Tablo 3.12 açılabilecek dolap sayısı değiştiğinde amaç fonksiyonu değerlerinde olan değişimleri göstermektedir. 25 dolap kısıtı ile çözülen örnek problemde 20 dolap açılma kararı verildiğinden 20'den az dolap açılması durumundaki sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tablo 3.12. *Bütçe kısıtına bağlı amaç fonksiyonu değerleri*

Senaryo	**4**	**8**	**9**	**10**
β	25	17	15	12
z1	120.766	102.858	78.544	48.236
z2	-17.984	8.657	43.107	86.055
z3	10.078	8.576	6.553	4.027
z4	36.175	42.557	50.381	60.136

Açılabilecek dolap sayıları azaldığında ağırlıklı amaç fonksiyonu değeri olan z4'ün arttığı görülmektedir. Bunun sebebi hizmet alamayan nüfus alanları için ceza maliyetlerinin devreye girmesidir. Nitekim açılan dolaplar azaldığı için buna bağlı olarak gelişen ekonomik ve çevresel maliyetler azalmıştır. Açılabilecek dolap sayısı değiştiğindeki erişilebilirlik değerleri Tablo 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.13. *Bütçe kısıtına bağlı A_i değerleri*

Senaryo	**4**	**8**	**9**	**10**
β	25	17	15	12
A_1	1,1335	---	---	1,2829
A_2	1,1311	0,0616	---	1,2384
A_3	1,2375	1,4419	1,2327	---
A_4	1,2384	0,2065	---	1,3051

Açılabilecek dolap sayısı 17'ye düşürüldüğünde birinci nüfus alanı hizmet alamamış, model nüfus miktarı en yüksek olan üçüncü alanı önceliklendirmiş ve diğer alanları ortak dolaplara yönlendirmiştir. Sekiz numaralı senaryo analizinde model en büyük nüfus alanı için kişi başına mesafe ağırlıklı dolap erişimini 1,4 gibi yüksek bir değere çıkararak teşvik değerini artırmıştır. En küçük nüfus alanının erişilebilirlik değeri ise en düşük çıkmıştır. Bu durum modelin en yakın dolabı öncelikleyen erişilebilirlik amacının aynı zamanda kapsam ve maliyetleri de dikkate alarak atama yaptığını göstermektedir. Ancak sekiz numaralı senaryo analizinde model en büyük teşviği en büyük nüfus alanından sağladığından ve en küçük nüfus alanı olan ikinci bölgenin ceza ve teşvik üzerine çok küçük bir etkisi olduğundan erişilebilirlik değeri düşmüştür.

Dokuz numaralı senaryo analizinde yalnızca üçüncü nüfus alanı hizmet almıştır. Kapasiteler uygun olduğundan ve üçüncü nüfus alanı en büyük ceza maliyeti kaynağı olduğundan bu alan öncelenmiştir. Açılabilecek dolap miktarı 12 olarak belirlendiğinde ise üçüncü nüfus alanı kapasiteleri karşılanamamış, diğer nüfus alanlarının erişilebilirlik değerleri artırılarak ödünleşim sağlanmıştır. Tablo 3.14 açılabilen dolap kısıtına bağlı olarak hizmet alan nüfus alanlarını ve açılan dolapları göstermektedir.

Tablo 3.14. *Bütçe kısıtına bağlı bağlı y_i ve y_k değerleri*

	$y_i = 1$	$y_k = 1$
4	y_1	k3, k19, **k25**, **k29**
	y_2	**k10**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k30, **k32**, k33, k39
	y_4	**k10**, k23, **k25**, k28, **k32**
8	y_2	**k34**
	y_3	**k4**, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k24, k30, k33, k39
	y_4	**k4**, k12, k32, **k34**, k37
9	y_3	k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k24, k30, k33, k36, k39
10	y_1	**k2**, k3, k19, k29
	y_2	**k10**
	y_4	**k2**, **k10**, k23, k25, k28

Genel olarak senaryo analizi sonuçlarından ikinci nüfus alanı için tercih edilen k10, k16 ve k19 nolu dolapların mesafe bilgileri incelendiğinde, bu dolapların ikinci nüfus alanına en yakın dolaplar oldukları görülmektir. Tablo 3.14'te görüleceği üzere sekiz nolu senaryo analizinde ikinci bölgeye k34 nolu dolap atanmıştır. Mesafe bilgilerine bakıldığında ilgili dolap eşik sınır değerine oldukça yakın bir dolaptır. k34 nolu dolabın aynı zamanda dördüncü bölgeye de hizmet ettiği görülmektedir. Açılan ve boş kapasitesi bulunan, görece uzak olmasına rağmen mesafe eşik değeri içerisinde olan bu dolap maliyet etkin bir çözüm için uygun görülmüştür.

Bir diğer senaryo analizi mesafe eşik değeri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Örnek problemde belirlenen 2 km mesafe eşik değeri değiştiğinde elde edilen amaç fonksiyonu değerleri Tablo 3.15'te verilmiştir. 11 ve 12 numaralı senaryo analizleri için sırası ile 3 km ve 1 km değerleri belirlenmiştir.

Tablo 3.15. *Mesafe eşik değerlerine bağlı amaç fonksiyonu değerleri*

Senaryo	**11**	**4**	**12**
s	3 km	2 km	1 km
z1	120.823	120.766	48.238
z2	-14.524	-17.984	83.746
z3	10.081	10.078	4.027
z4	37.891	36.175	59.005

3 km olarak belirlenen mesafe değerinde erişilebilirlik değerleri mesafelere bağlı olarak azaldığından toplam teşvik miktarı düşmüş ve maliyetlerde az bir yükseliş olmuştur. Mesafe eşik değeri 1 km olarak belirlendiğinde ise üçüncü nüfus alanı için mesafe eşik değeri içerisinde yeterli dolap sayısı sağlanamadığından bu alan hizmet alamamış, maliyetler bu sebeple artmıştır. Diğer yandan bu senaryoda öteki nüfus alanları için erişilebilirliğin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Dolapların daha yakın mesafelerde olması kaynaklı yükselen erişilebilirlik değerleri memnuniyeti ve teşvik değerini artırsa da en büyük nüfus alanının hizmet alamamış olması maliyetlere olumsuz olarak yansımıştır. Üçüncü nüfus alanı için 1 km eşik değeri içerisinde daha fazla dolap alternatiflerinin olması bu nüfus alanının hizmet almasını sağlayarak teşvikleri artıracak ve bu da maliyetlerin azalmasına katkıda bulunacaktır. Mesafe eşik değerleri değiştiğinde elde edilen erişilebilirlik değerleri Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16. *Mesafe eşik değerlerine bağlı A_i değerleri*

Senaryo	**11**	**4**	**12**
s	3 km	2 km	1 km
A_1	0,8838	1,1335	1,8499
A_2	0,8181	1,1311	1,2534
A_3	1,0466	1,2375	---
A_4	0,8810	1,2384	1,6878

Tablo 3.17 mesafe eşiğine bağlı olarak hizmet alan nüfus alanlarını ve açılan dolapları göstermektedir.

Tablo 3.17. *Mesafe eşik değerine bağlı y_i ve y_k değerleri*

11	y_1	**k1**, k3, k18, **k19**
	y_2	**k19**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k24, k30, **k32**, k39
	y_4	**k1**, k5, k28, **k32**, k37
4	y_1	k3, k19, **k25**, **k29**
	y_2	**k10**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k30, **k32**, k33, k39
	y_4	**k10**, k23, **k25**, k28, **k32**
12	y_1	k3, k18, **k19**, k29
	y_2	**k10, k19**
	y_4	**k10**, k23, k28, k37

Literatürde kapsam veya erişilebilirlik için yapılan çalışmalar maksimize etme amacı taşımaktadır. Bu tez çalışmasında bu iki faktör maksimize edilirken maliyetlerin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen modelin performansını test etmek için amaç fonksiyonları ayrı ayrı çalıştırılmış ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. İkinci amaç fonksiyonunun ilk bölümü kapsanmayan nüfus için ceza miktarını hesaplarken ikinci bölümü erişebilen nüfus için teşvik miktarını hesaplamaktadır. Ceza minimize edilerek kapsam artırmak amaçlanmış, teşvik miktarı için eksi çarpan kullanılarak maksimizasyon sağlanmıştır. Maliyet amacı model dışı tutularak yalnızca erişilebilirlik ve yalnızca kapsam maksimize edilmeye çalışıldığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Erişilebilirlik amacının maksimize edildiği 13 nolu senaryo analizi ile kapsam amacının maksimize edildiği 14 nolu senaryo analizi sonuçları aşağıdaki tablolarda detaylanmıştır.

13 nolu senaryo analizi sonucunda elde edilen teşvik miktarı 21.309$ olarak bulunmuştur. 14 nolu senaryo analizinde ise kapsanan nüfus miktarı 14.767 olarak elde edilmiştir. Dolapların tüm talepleri karşılaması istendiğinden bu sonuç tüm taleplerin karşılandığını göstermektedir. Nüfus alanları için hesaplanan erişebilirlik değerleri Tablo 3.18'de sunulmuştur.

Tablo 3.18. *Amaç fonksiyonu testleri*

Senaryo	**4**	**13**	**14**
A_1	1,1335	1, 5891	1, 3153
A_2	1,1311	1, 5251	1,1357
A_3	1,2375	1, 3459	1,0806
A_4	1,2384	1, 6422	1,5899

13 nolu senaryo analizinde erişilebilirlik değerleri oldukça yüksek görünmektedir. Maliyet kısıtı olmaması sebebiyle model, maksimum açabileceği dolap sayısı olan 25 dolabı da açmış, minimum atama kısıtını sağlayarak bu dolaplara talep ataması yapmıştır. Hizmet eden dolap sayısı arttığından erişilebilirlik değerleri de artmış, kişi başı mesafeye dayalı erişim değeri ortalama yaklaşık 1,5 olarak hesaplanmıştır. Bu durum maliyet faktörleri göz önünde bulundurulmadığında erişilebilirliğin gereksiz tesis açmaya yatkın olduğunu ve ekstra maliyetlere sebep olduğunu göstermektedir. Açılan dolaplar Tablo 3.19'da yer almaktadır.

Tablo 3.19. *Amaç fonksiyonu testleri sonucunda açılan dolaplar*

	$y_i = 1$	$y_k = 1$
4	y_1	k3, k19, **k25**, **k29**
	y_2	**k10**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k30, **k32**, k33, k39
	y_4	**k10**, k23, **k25**, k28, **k32**
13	y_1	k2, **k3**, k10, k18, k19, **k23**, k25, k29
	y_2	**k3**
	y_3	k4, k6, k7, k8, k13, k14, k17, k21, k22, k24, k30, k32, k33, k39
	y_4	k16, **k23**, k28, k37
14	y_1	k16, **k18**, k19, k20, k25, **k27**, k28,
	y_2	**k18**
	y_3	k17, k21, k22, k24, k26, k30, k32, k33, k34, k35, k36, k37, k38, k39, k40
	y_4	k23, **k27**, k29, k31

13 nolu senaryo analizinde dolaplara atanan talep miktarları Tablo 3.20'de gösterilmiştir. Örnek problem sonuçları ile karşılaştırıldığında 5 adet daha fazla dolap açıldığı görülmektedir.

Tablo 3.20. *13 nolu senaryo analizi x_{ik} değerleri*

	k2	**k3**	**k4**	**k6**	**k7**	**k8**	**k10**	**k13**	**k14**
y_1	750	170					200		
y_2		537							
y_3			750	750	750	750		750	750
y_4									
	k16	**k17**	**k18**	**k19**	**k21**	**k22**	**k23**	**k24**	**k25**
y_1			200	200			345		200
y_2									
y_3		750			750	750		750	
y_4	750						404		
	k28	**k29**	**k30**	**k32**	**k33**	**k37**	**k39**		
y_1		200							
y_2									
y_3	750		659	750	200		200		
y_4						750			

14 nolu senaryo analizinde dolaplara atanan talep miktarları Tablo 3.21'de yer almaktadır. Kapsam artırılmak istendiğinden model, maksimum açabileceği dolap sayısı olan 25 dolabı da açmış, minimum atama kısıtını sağlayarak bu dolaplara talep ataması yapmıştır. Ancak açılan dolapların eşik mesafe sınırı içerisinde olanlara sıralı olarak atandığı görülmüştür. Daha fazla dolap açılarak daha fazla kapasite tahsis edilmesi sebebiyle erişilebilirlik değerleri yüksek çıkmıştır. Ancak daha fazla dolap gereksiz kapasite tahsisine neden olduğu gibi maliyetleri de artırmaktadır. Nitekim, 14 nolu senaryo analizinde elde edilen erişilebilirlik değerleri ile örnek problem değerleri karşılaştırıldığında daha fazla dolap açılmasına rağmen değerler arasında kayda değer bir farklılık gözlemlenmemiştir. 13 nolu analiz ile aynı sayıda dolap açılmış ancak erişilebilirlik göz ardı edilmiştir.

Tablo 3.21. *14 nolu senaryo analizi x_{ik} değerleri*

	k16	**k17**	**k18**	**k19**	**k20**	**k21**	**k22**	**k23**	**k24**
y_1	750		212	200	200				
y_2			537						
y_3		750				750	750		750
y_4								750	
	k25	**k26**	**k27**	**k28**	**k29**	**k30**	**k31**	**k32**	**k33**
y_1	200		345	358					
y_2									
y_3		750				750		750	750
y_4			404		750		750		
	k34	**k35**	**k36**	**k37**	**k38**	**k39**	**k40**		
y_1									
y_2									
y_3	459	200	750	200	200	750	750		
y_4									

Analiz sonuçları, geliştirilen modelin gerçek hayat problemlerine daha gerçekçi çözümler üretebildiğini, erişilebilirlik artırılırken maliyetlerin dikkate alınmasının gereksiz kargo dolabı açılmasının önüne geçebileceğini, modelin ödünleşimleri mantıklı çerçevede gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Nüfus alanı verilerine bakıldığında üçüncü nüfus alanının 93.093 nüfus ile en yüksek nüfusa sahip olduğu, internetten alışveriş yapan ve kargo dolabı kullanan nüfus oranları dikkate alınsa dahi 9309 gibi ciddi bir kapasiteye ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu durum erişim adaletsizliklerinin önüne geçmek için y_3 gibi yüksek nüfuslu bölgeleri daha iyi kapsayacak şekilde dolap yerleştirilmesinin gözden geçirilmesine veya kapasitenin artırılması gibi kararlara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar aşırı kısıtlı kapasitenin sistemi işlevsiz hale getirdiğini göstermektedir. Model dolap paylaşımına izin vererek verimliliği artırmaktadır. Boşta kalan kapasiteler bu şekilde azaltılmakta aynı zamanda hizmet verimliliği artmaktadır. Sonuçlar, LSS'leri iş birliği yaparak özellikle yüksek nüfuslu alanlarda yüksek kapasite ve fazla dolap sayısı ile hizmet vermelerini ve maliyet etkin çözümler üretebilmelerini sağlayabilmek için ortak

kullanımlı dolap hizmetinin avantajlı olabileceğini göstermektedir. Nitekim Arnold vd. (2018) ile Ji vd. (2019) çalışmalarında LSS'lerin iş birliği içerisinde çalışarak ortak bir LMD süreci planlamasını ve yönetmesini önermişlerdir. Önerilen model sonuçları bu tarz bir iş birliğini destekleyerek operasyonel verimliliği artırabilir ve maliyetleri azaltabilir.

Elde edilen sonuçlar, modelin hem hesaplama açısından verimli olduğunu hem de gerçekçi bir tesis yer seçimi önerisi sunduğunu göstermektedir. Geliştirilen model, erişilebilirlik, kapasite, çevresel etki ve kullanıcı davranışlarını eşzamanlı olarak dikkate alması sayesinde, kentsel lojistik planlamada kullanılabilecek bir karar destek aracı niteliğindedir. Erişilebilirlik yalnızca en yakın mesafe olarak değil aynı zamanda dolabın hizmet verebilirliğini de dikkate alacak şekilde modele dahil edilmiştir. 2SFCA yöntemi ile hizmet verebilirlik oranları göz önünde bulundurulmuştur. Erişilebilirlik literatürde genellikle sınırlandırılan bir unsur olarak karşımıza çıkmamakta, değerin büyüklüğü desteklenmektedir. Ancak yüksek erişim değeri kapasite kullanım verimsizliklerine neden olabilmektedir. Bu sebeple karar vericilerden bir erişim eşik değeri belirlemeleri istenerek bu tarz verimsizliklerin önüne geçilebilir. Diğer yandan en yakın mesafeye atanan dolaplar coğrafi olarak geniş ve yüksek nüfuslu bölgeler için gerçekçi kararları yansıtmayabilir. Böyle durumlarda açılması gereken dolap sayısı artacağından dolayı gereksiz dolap kurulumları söz konusu olabilir.

Bu tez çalışmasında yüksek nüfuslu alanlar önceliklenmiş, model ödünleşimi ceza-teşvik, kapsam-maliyet kararları ile mantıklı şekilde gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlar X. Wang vd. (2014) ile Ballare ve Lin (2020) çalışmalarında bahsedilen tespitle uyumlu görünmektedir. İlgili çalışmalarda kargo dolabı ve PP seçeneklerinin, nüfusun yoğun olduğu yerlerde ve yüksek sipariş miktarı söz konusu olduğu durumlarda daha uygun bir seçenek olduğu tespit edilmiştir. Üçüncü nüfus alanı site tipi yerleşim şeklinin ve çoklu dairelere sahip apartman yapıların yer aldığı yüksek nüfuslu bir bölgedir. Ancak yüksek nüfuslu bölgeler, analiz sonuçlarından da görüleceği üzere fazla dolap kurulumu gerektirmekte ve bu sebeple yüksek maliyetli olmaktadır. Bu kapsamda bu tarz nüfus alanlarına mobil kargo dolapları düşünülebilir. Zaman pencereleri müşterilerin dolap ve zaman tercihlerine göre belirlenip ilgili bölge için açılmaya karar verilen dolaplar farklı zaman pencerelerinde mesafe eşikleri içerisinde çeşitli konumlarda hizmet verebilir. Bu şekilde kapsam ve erişilebilirlik eş zamanlı dikkate alınırken maliyetlerde daha fazla iyileşme söz konusu olabilir. Diğer yandan, yine X. Wang vd. (2014) tarafından

geleneksel adrese teslimat seçeneğinin düşük nüfus yoğunluğu veya düşük sipariş miktarı söz konusu olduğunda daha uygun olduğu önerilerinden yola çıkarak bu tarz nüfus alanları için geleneksel adrese teslimat seçeneği değerlendirilebilir. Nitekim, senaryo analizlerinden elde edilen sonuçlar, kısıtlı kaynak söz konusu olduğunda yüksek ceza maliyetine katlanmamak ve teşvik değerini artırmak amacıyla yüksek nüfuslu bölgelerin erişilebilirlik oranının arttığını, düşük nüfuslu alanların maliyet ve teşvik etkisi daha az olduğundan bu alanların erişilebilirlik oranının düştüğünü göstermektedir. Bu durum aynı zamanda, hali hazırda yüksek nüfuslu bölgelerde karşılaşılan trafik sıkışıklığı, gürültü, park problemleri, trafik kazaları, aşırı emisyon salınımı gibi problemlerin de önüne geçerek bu nüfus alanlarını rahatlatabilir ve sürdürülebilir kentsel lojistik uygulamalarına örnek teşkil edebilir.

Önerilen model, dolapların nüfus alanları tarafından ortak kullanımını mümkün kılarak kapasitenin verimsiz dağıtılmasını engellemektedir. Ancak model sonuçlarından düşük kapasitelerin daha fazla dolap kurulumuna neden olduğu ve bunun daha yüksek ekonomik ve çevresel maliyetlere sebep olduğu görülmektedir. Dolayısıyla mahalle yerleşimleri ve mesafe eşikleri dikkate alınarak ortak kullanıma uygun olacak şekilde kapasite belirlenmesi daha verimli görünmektedir. Ancak nüfus alanlarının talepleri göz önünde bulundurularak dolaplar için değişken kapasiteler belirlenebilir. Bu tür bir atama yapısı, LMD süreçlerinde kapsayıcı hizmet stratejisine işaret etmektedir. Uygulamada ise yoğun erişimli merkez dolaplar oluşturulmasını, erişimi olmayan bölgelere müdahale stratejileri geliştirilmesini, dolap kullanım kapasitesi takibi yaparak ileride talep fazlası bölgelerde genişleme planlanmasını desteklemektedir.

Diğer yandan, LMD yöntemleri çeşitli şekillerde entegre edilerek LMD süreçleri iyileştirilebilmektedir. Kargo dolapları 7/24 hizmet vermeleri sebebi ile diğer yeni nesil teslimat yöntemlerinden ayrılmakta ve daha fazla tercih edilmektedir. Ancak dolap kurulumları ciddi maliyetler gerektirdiğinden PP/PUDO'lar ile birlikte entegre hizmet verilebilir. PP/PUDO yöntemleri çalışma saatleri ile kısıtlandıklarından dolayı saat kısıtı olmayan müşteriler için yer seçimi problemlerine dahil edilerek dolap kurulumu masrafları azaltılabilir ve eşzamanlı olarak erişim ve kapsam desteklenebilir. Diğer yöntemler geleneksel adrese teslimatı destekleyen versiyonlar olduğu için ev dışı teslimatı tercih eden müşteriler için uygun olmayacaktır. Ancak kargo dolabı alanları aynı zamanda kargo bisikleti dağılım noktaları olarak değerlendirilebilir bu şekilde belirli

mesafe kısıtları içerisinde kargo bisikleti kuryeleri ürünleri çevrede ev teslimatı tercih eden nüfusa ulaştırabilir. Geleneksel adrese teslimata kıyasla bu seçenek, park problemleri, dur-kalk sorunları, emisyon salınımları gibi ciddi sorunların önüne geçerek maliyetleri azaltabilir ve müşteri memnuniyetini artırabilir.

SONUÇ

Ülkemizde ve dünyada kent nüfusu her geçen gün artmaktadır. Özellikle COVID-19 pandemisi sonrası değişen alışveriş alışkanlıkları e-ticareti hayatın kaçınılmaz bir parçası haline getirmiş ve bu durum kentsel lojistik süreçlerini derinden etkilemiştir. Kentsel lojistik, kent yaşamının temel dinamiklerinden biri olan mal ve hizmet akışlarının sürdürülebilir, verimli ve erişilebilir bir şekilde yönetilmesini amaçlayan çok boyutlu bir çalışma alanıdır. Çok paydaşlı bir yapı sergileyen kentsel lojistik belediyelerin, LSS'lerin, perakendecilerin ve kent sakinlerinin bu sürecin temel aktörleri olarak koordineli biçimde hareket etmesini gerektirmektedir. Kent içi lojistik faaliyetlerin ekonomik, çevresel ve toplumsal etkilerinin dengeleyici bir yaklaşımla yönetilerek, sürdürülebilir ve yaşanabilir şehir hedeflerine katkı sağlaması oldukça önemlidir. Kentsel lojistik uygulamaları, LMD süreçlerinin iyileştirilmesi, mikro dağıtım merkezlerinin kurulması, kargo dolapları ve PP'lerin yaygınlaştırılması gibi stratejilerle kent içi dağıtım verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Bununla birlikte, trafik sıkışıklığının azaltılması, CO_2 salımlarının düşürülmesi ve sessiz, temiz taşıma alternatiflerinin teşvik edilmesi gibi çevresel hedefler de kentsel lojistiğin önemli odak noktalarını oluşturmaktadır.

LMD, çevrimiçi satın alınan ürünlerin müşterilere ulaştırıldığı aşamayı ifade etmektedir. Lojistik süreçler içerisinde yalnızca ekonomik değil çevresel ve sosyal olarak da en maliyetli aşama olması sebebiyle kavram hem akademik çevrelerin hem de uygulayıcıların dikkatini çekmektedir. Bu aşamada, müşterinin siparişini teslim alabilmesi için belirlenen bir konumda hazır bulunması gerekmektedir. Müşterilerin genellikle normal mesai saatlerinde evde bulunmamaları nedeniyle, bir kargonun teslim edilebilmesi için aynı adrese birden fazla kez gidilmesi gerekebilmektedir. Bu durum halihazırda maliyetli olan son adım süreçlerini daha maliyetli hale getirmektedir. Süreçlerin iyileştirilmesi noktasında çeşitli LMD yöntemleri bilimsel çalışmalara konu olmaktadır. Bu yöntemlerden biri olarak kargo dolapları ev dışı teslimat esnekliğine izin vermesi ve zaman sınırlılıklarını ortadan kaldırması ile öne çıkmaktadır. Literatürde ekonomik ve çevresel maliyetleri iyileştirdiği çeşitli çalışmalarla desteklenen bu teslimat

yöntemi için yer belirleme çalışmaları da söz konusu olmaktadır. Müşterilerin ürünlerini kendileri toplayarak sonuçlandırdıkları kargo dolabı teslimat yönteminde dolap konumu oldukça önemlidir. Kargo dolabı yer seçimi problemleri çeşitli sebeplerle farklı tarafları bağlamaktadır. Bunlar: i) Trafik sıkışıklığını, trafik kazalarını, gürültüyü, emisyon salınımlarını azaltmak, iklim politikalarına uymak, vatandaşa eşit ve erişilebilir hizmet vermek noktasında yerel yönetimler, ii) Müşterilerine daha iyi bir alışveriş deneyimi sağlamak isteyen, müşteri sadakatini artırıp lojistik süreçlerle ilgili maliyetleri azaltarak bu şekilde karlılığı artımak isteyen e-ticaret işletmeleri, iii) LMD kapsamında oluşan yanlış teslimat, adreste bulunmama gibi sebeplerden kaynaklanan ekonomik maliyetleri, emisyon salınımı gibi çevresel maliyetleri, eşit ve erişilebilir hizmet, müşteri memnuniyeti gibi sosyal maliyetleri azaltarak süreçteki aksaklık ve pürüzleri gidermeyi ve karlılığı artırmayı hedefleyen LSS'ler, iv) Çevrim içi satın aldığı ürünü düşük maliyet, yüksek güvenlik ve hızlı bir biçimde elde etmek isteyen müşterilerdir.

Lojistik süreçler maliyetleri azaltırken müşteri memnuniyetini artırmayı hedeflediğinden doğası gereği çelişen kararlar barındırmaktadır. Aynı zamanda çok paydaşlı yapısı olması birden fazla bakış açısının dikkate alınmasını gerektirmekte bu durum problemlerin çözümünü zorlaştırmaktadır. Literatürde genellikle ekonomik maliyeti ele alan çalışmalar yer almakta, daha az sayıda çalışma çevresel maliyetleri de dikkate almaktadır. Ancak sosyal maliyetleri konu edinen çalışma sayısı çok sınırlıdır. Öte yandan kargo dolabı yer seçimi probleminde erişilebilirlik hususu literatürde çok yeni olduğundan çok az çalışmaya konu olmuş, yapılan araştırmalar sonucu kapsamı artırırken erişilebilirliği de artıran bir çalışmaya rastlanamamıştır.

Bu tez çalışmasında sürdürülebilir kent lojistiğini desteklemek, LSS'lere ekonomik, çevresel ve sosyal maliyet etkin bir çözüm sunarken müşteri memnuniyetini sağlamak, erişilebilirlik konusunda yalnızca en yakın mesafeyi değil dolap hizmet verebilirliğini de dikkate alarak maksimum nüfusa hizmet etmek ve bu şekilde sosyal faydaya odaklanmak amacıyla kargo dolabı yer seçimi için çok amaçlı bir model önerilmiştir. Kapsam için maksimum kapsama problemi, erişilebilirlik için 2SFCA yöntemi kullanılmıştır. Maksimum kapsama problemi, sınırlı sayıda tesis ile en fazla talep noktasını kapsama amacını sağlamıştır. 2SFCA yöntemi ise sadece tesisin varlığını değil, aynı zamanda kapasitesini (arz) ve nüfus yoğunluğunu (talep) da hesaba katmıştır. Bu şekilde hem tesis hem de kullanıcı etkileşim alanlarını dikkate alınarak mekânsal bağlamda daha gerçekçi

analizler sunulmuştur.

Önerilen model Kayseri ilinin Talas ilçesinde yer alan en büyük dört mahalle verileri için çözülmüştür. Amaçlar belediyeden, özel sektörden, kamu sektöründen yetkililer ve alanda çalışmalar yapmış olan akademisyenler tarafından BWM kullanılarak ağırlıklandırılmış ve model parametreleri gerçek hayat verileri, iklim taahhütnameleri ve literatürden elde edilerek model çözülmüştür. Çeşitli senaryo analizleri ile farklı kısıtlar altında modelin davranışı incelenmiş, çeşitli politika önerileri sunulmuştur.

Örnek problemde karar vericilerin ağırlıklandırması sonucu en önemli amaç değerini kapsamı ve erişebilen nüfus ağırlığını artırmayı amaçlayan ikinci amaç fonksiyonu almış (0,49), ardından ikinci önem dereceesi ekonomik maliyetler olarak belirlenmiş (0,36), en az önem derecesini ise çevresel maliyetler almıştır (0,15). Ağırlıklı toplam yöntemi ile tek amaçlı olarak çözülen model sonucunda tüm nüfus alanları hizmet almış ve en az dolapla optimum sonuca ulaşılmıştır. Kapsanmayan nüfus için ceza maliyeti erişebilen nüfus ağırlığı için teşvik dikkate alınan modelde yoğun nüfuslu alanlar tercih edilmiş, model ortak dolap kullanımına izin vererek kapasite verimliliğini sağlamıştır.

Senaryo analizleri, değişen kapasite, açılabilecek dolap sayısı ve mesafe eşik değeri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Kapasitelerin artması açılan dolap sayılarını azalttığından maliyetleri azaltmıştır. Kapasitelerin azalması durumunda ise model mümkün olduğunca yüksek yoğunluklu nüfus alanlarını öncelemiş, kapasite yetmediğinde diğer alanların erişilebilirliğini artırmıştır. Açılabilecek dolap sayısı kısıtlandıkça verimli bir dağıtım elde edilemediği görülmüş, mesafe eşik değerinin düşmesi erişilebilirlik değerini artırırken yükselmesi erişilebilirlik değerini azaltmıştır. Bu durum modelin mantıksal yapısına uyumlu olduğu gibi müşterilerin yakındaki dolapları daha çok uzaktaki dolapları daha az tercih etmesi ile de parallelik göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar karar vericiler için önemli fikirler sunmaktadır. Yerel yönetimler kargo dolaplarının kurulumu için belirlenen yerlere gerekli altyapı yatırımı sağlayabilir. Özellikle ilgi alanları, ortak kullanım alanları, nüfus yoğunluğu olan duraklar, alışveriş merkezleri, benzin istasyonları gibi yerler tercih edildiğinden bahsi geçen alanlar dolap kurulumu için uygun hale getirilebilir. Müşteriler dolaplara yürüyerek veya araçları ile ulaştıklarından dolayı konumların yakınlarında park alanı olması önem arz etmektedir. LSS'ler mesafe ve hizmet verebilirlik hesaplamasını dikkate alması sebebi ile müşteri memnuniyeti sağlamak adına önerilen modeli dolap kurulum kararlarında tercih

edebilirler. Dolapların kapasitesi, birden fazla nüfus alanı için ortak kullanımı, diğer LSS'lerle ortak kullanımı, modüler kapasiteye uygunluğu gibi kararları değerlendirerek en az maliyetli kargo dolabı hizmetini sağlayabilirler.

Bu tez çalışmasında literatürdeki eksikliklere çok yönlü bir çözüm önerisi getirerek, sürdürülebilir kentsel lojistiğin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarını entegre eden yenilikçi bir model sunmak, gerçek hayat problemi üzerinde modelin çözümünü göstermek ve gerçek dünya uygulamalarına doğrudan katkı sağlayabilecek nitelikte politika önerileri üretmek amaçlanmıştır. Model kapsamında gerçek yol mesafeleri kullanılmış, ürünleri araçları ile toplamaya giden müşteriler dikkate alınmıştır. Dolapların kapasite kısıtı göz önünde bulundurularak gerçekçi bir model oluşturulmuştur. Ancak modelin bazı sınırlılıkları mevcuttur. Bu sınırlılıklar ve gelecek çalışmalarda yapılabilecek öneriler aşağıda sıralanmıştır: Dolap kapasiteleri homojen olarak alınmıştır. İlerleyen çalışmalarda dolaplara farklı kapasiteler atanabilir. Yalnızca kargo dolapları için yer seçimi problemi üzerine odaklanılmıştır. PP/PUDO yöntemleri de karar süreçlerine dahil edilebilir. Sadece ev dışı teslimat yöntemi dikkate alınmıştır. Adrese teslimat tercih eden müşteriler de dikkate alınarak kargo bisikleti, otonom araçlar, kitle kaynak kullanımı gibi diğer LMD türleri modele entegre edilebilir. Modelde sabit kargo dolapları için yer seçimi gerçekleştirilmiştir. Mobil kargo dolapları ve zaman pencereleri dikkate alınarak yaklaşıma entegre edilebilir. Kargo dolabı aday yerleri, çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak belirlenebilir. Amaçların ağırlıklandırılmasında karar verici sayısı artırılabilir ve modele eklenebilecek amaçlar çerçevesinde görüşler çeşitlendirilebilir. Dinamik talep verileri kullanılabilir. Bu bağlamda mevsime veya zamana bağlı olarak değişen talepler dikkate alınabilir. Modelin orta ve büyük boyutlu problemlerin çözülmesindeki performansı değerlendirilerek zor yapısından dolayı (NP-zor) büyük boyutlu problemlere makul zaman ve maliyetlerle çözüm üretebilmek adına metasezgisel algoritmalar geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

Afshari, H., Hare, W., & Tesfamariam, S. (2019). Constrained multi-objective optimization algorithms: Review and comparison with application in reinforced concrete structures. *Applied Soft Computing Journal, 83,* 10563. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.10563

Aggarwal, R. (2013). Selection of IT personnel through hybrid multi-attribute AHP-FLP approach. *International Journal of Soft Computing and Engineering, 2*(6), 11–17.

Ali, S. S., Paksoy, T., Torgul, B., & Kaur, R. (2020). Reverse logistics optimization of an industrial air conditioner manufacturing company for designing sustainable supply chain: A fuzzy hybrid multi-criteria decision-making approach. *Wireless Networks, 26,* 5759–5782. https://doi.org/10.1007/s11276-019-02246-6

Alidaee, B., Wang, H., & Sua, L. S. (2023). The last-mile delivery of heavy, bulky, oversized products: Literature review and research agenda. *Logistics, 7*(4), 98. https://doi.org/10.3390/logistics7040098

Allen, J., Browne, M., Woodburn, A., & Leonardi, J. (2012). The role of urban consolidation centres in sustainable freight transport. *Transport Reviews, 32*(4), 473–490. https://doi.org/10.1080/01441647.2012.688074

Allen, J., Piecyk, M., Piotrowska, M., McLeod, F., Cherrett, T., Ghali, K., ... & Austwick, M. (2018). Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 61,* 325–338.

Alnaggar, A., Gzara, F., & Bookbinder, J. H. (2021). Crowdsourced delivery: A review of platforms and academic literature. *Omega, 98,* 102139. https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102139

Arabani, A. B., & Farahani, R. Z. (2012). Facility location dynamics: An overview of classifications and applications. *Computers & Industrial Engineering, 62*(1), 408–420. https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.09.018

Arnold, F., Cardenas, I., Sörensen, K., & Dewulf, W. (2018). Simulation of B2C e-commerce distribution in Antwerp using cargo bikes and delivery points. *European Transport Research Review, 10*(1), 2. https://doi.org/10.1007/s12544-017-0272-6

Arslan, A., Agatz, N., Kroon, L., & Zuidwijk, R. (2016). Crowdsourced delivery: A dynamic pickup and delivery problem with ad-hoc drivers. *ERIM Report Series Reference.* https://doi.org/10.2139/ssrn.2726731

Bakach, I., Campbell, A. M., & Ehmke, J. F. (2021). A two- tier urban delivery network with robot- based deliveries. *Networks, 78*(4), 461–483. https://doi.org/10.1002/net.22003

Ballare, S., & Lin, J. (2020). Investigating the use of microhubs and crowdshipping for last-mile delivery. *Transportation Research Procedia, 46*, 277–284. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.181

Ballou, R. H., & Srivastava, S. K. (2004). *Business logistics/supply chain management: Planning, organizing, and controlling the supply chain.* Pearson.

Bhatt, K., Pourmand, A., & Sikka, N. (2018). Targeted applications of unmanned aerial vehicles (drones) in telemedicine. *Telemedicine and e-Health, 24*(11), 833–838. https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0289

Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2020). Last-mile delivery concepts: A survey from an operational research perspective. *OR Spectrum, 43*(1), 1–58. https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8

Boysen, N., Schwerdfeger, S., & Weidinger, F. (2018). Scheduling last-mile deliveries with truck-based autonomous robots. *European Journal of Operational Research, 271*(3), 1085–1099. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.058

Brundtland, G. H. (1987). *Our common future: The World Commission on Environment and Development.* Oxford University Press. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf

Buldeo, R. H., Verlinde, S., & Macharis, C. (2019). The "next day, free delivery" myth unravelled: Possibilities for sustainable last mile transport in an omnichannel environment. *International Journal of Retail & Distribution Management, 47*(1), 39–54. https://doi.org/10.1108/IJRDM-12-2017-0299

Che, Z., Chiang, T., & Luo, Y. (2022). Multiobjective optimization for planning the service areas of smart parcel locker facilities in logistics last mile delivery. *Mathematics, 10*(3), 422. https://doi.org/10.3390/math10030422

Chen, C., Pan, S., Wang, Z., & Zhong, R. Y. (2017). Using taxis to collect citywide e-commerce reverse flows: A crowdsourcing solution. *International Journal of Production Research, 55*(7), 1833–1844. https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1267419

Chen, X., & Jia, P. (2019). A comparative analysis of accessibility measures by the two-step floating catchment area (2SFCA) method. *International Journal of Geographical Information Science*, *33*(9), 1739–1758. https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1591415

Chiang, W. C., Li, Y., Shang, J., & Urban, T. L. (2019). Impact of drone delivery on sustainability and cost: Realizing the UAV potential through vehicle routing optimization. *Applied Energy, 242*, 1164–1175. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.117

Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*. Pearson.

Choubassi, C., Seedah, D. P., Jiang, N., & Walton, C. M. (2016). Economic analysis of cargo cycles for urban mail delivery. *Transportation Research Record, 2547*(1), 102–110. https://doi.org/10.3141/2547-12

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson Education Limited.

Church, R., & Revelle, C. (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association, 32*(1), 101–118. https://doi.org/10.1007/BF01942293

Current, J., Daskin, M., & Schilling, D. (2002). Discrete network location models. In Z. Drezner & H. Hamacher (Eds.), *Facility location: Applications and theory* (pp. 85–122). Springer.

Dablanc, L. (2007). Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 41*(3), 280–285. https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.005

Deloitte. (2020). *Last mile strategy: Enabling speed and flexibility upstream*. Deloitte Insights.

https://www.deloitte.com/global/en/services/consulting/perspectives/gx-last-mile-strategy.html

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. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1395490

Diglio, A., Piccolo, C., & Pipicelli, E. (2025). The effective design of self-collection networks in last-mile delivery: Evidence from the Italian case. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics, 12*(1), 2513647. https://doi.org/10.1080/23302674.2025.2513647

Edwards, J. B., McKinnon, A. C., & Cullinane, S. L. (2010). Comparative analysis of the carbon footprints of conventional and online retailing: A "last mile" perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 40*(1/2), 103–123. https://doi.org/10.1108/09600031011018055

Ehmke, J. F., Campbell, A. M., & Thomas, B. W. (2012). Data-driven approaches to urban delivery operations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 24*, 267–277. https://doi.org/10.1016/j.trc.2012.03.009

Enterprisenext. (2023). Bluetoothlu akıllı kargo dolabı dönemi başladı. https://epnext.com/bluetoothlu-akilli-kargo-dolabi-donemi-basladi/

Enthoven, D. L. J. U., Jargalsaikhan, B., Roodbergen, K. J., uit het Broek, M. A. J., & Schrotenboer, A. H. (2020). The two-echelon vehicle routing problem with covering options: City logistics with cargo bikes and parcel lockers. *Computers & Operations Research, 118*, 104919. https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104919

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu [EPDK]. (2025). *Elektrik faturalarına esas tarife tabloları*. https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari

European Parliament. (2024). *CO2 emissions from cars: Facts and figures (infographics).* https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics

Fallah, H., Sadigh, A. N., & Aslan, M. (2009). Covering problem. In R. Z. Farahani & M. Hekmatfar (Eds.), *Facility location* (pp. 145–176). Physica-Verlag.

Farahani, R. Z., & Hekmatfar, M. (Eds.). (2009). *Facility location: Concepts, models, algorithms and case studies*. Physica-Verlag.

Farahani, R. Z., Hekmatfar, M., Fahimnia, B., & Kazemzadeh, N. (2014). Hierarchical facility location problem: Models, classifications, techniques, and applications. *Computers & Industrial Engineering, 68*, 104–117. https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.12.005

Fechete, F., & Nedelcu, A. (2022). Multi-objective optimization of the organization's performance for sustainable development. *Sustainability, 14*(15), 9179. https://doi.org/10.3390/su14159179

Fikar, C., Hirsch, P., & Gronalt, M. (2018). A decision support system to investigate dynamic last-mile distribution facilitating cargo-bikes. *International Journal of Logistics Research and Applications, 21*(3), 300–317. https://doi.org/10.1080/13675567.2017.1395830

Fitekno. (2025). *Akıllı kargo dolabı – Kargodrop*. https://www.fitekno.com/project/kargodrop/

Gammelgaard, B. (2015). The emergence of city logistics: The case of Copenhagen's Citylogistik-kbh. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 45*(4), 333–351. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2012-0353

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography, 12*(2), 127–140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Geurs, K. T., De Montis, A., & Reggiani, A. (2015). Recent advances and applications in accessibility modelling. *Computers, Environment and Urban Systems, 49*, 82–85. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.09.003

Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2011). Characteristics and typology of last-mile logistics from an innovation perspective in an urban context. In E. Taniguchi & R. G. Thompson (Eds.), *City distribution and urban freight transport: Multiple perspectives* (pp. 56–71). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9780857932754.00010

González-Varona, J. M., Villafáñez, F., Acebes, F., & Redondo, A. (2020). Reusing newspaper kiosks for last-mile delivery in urban areas. *Sustainability, 12*(22), 9770. https://doi.org/10.3390/su12229770

Govindan, K., & Sivakumar, R. (2016). Green supplier selection and order allocation in a low-carbon paper industry: Integrated multi-criteria heterogeneous decision-making and multi-objective linear programming approaches. *Annals of Operations Research, 238*(1–2), 243–276. https://doi.org/10.1007/s10479-015-2004-4

Grondys, K. (2019). The impact of freight transport operations on the level of pollution in cities. *Transportation Research Procedia, 39*, 84–91. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.010

Gu, W., Wang, X., & McGregor, S. E. (2010). Optimization of preventive health care facility locations. *International Journal of Health Geographics, 9*(1), 17. https://doi.org/10.1186/1476-072X-9-17

Gunantara, N. (2018). A review of multi-objective optimization: Methods and its applications. *Cogent Engineering, 5*(1), 1502242. https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1502242

Guo, X., Jaramillo, Y. J. L., Bloemhof-Ruwaard, J., & Claassen, G. D. H. (2019). On integrating crowdsourced delivery in last-mile logistics: A simulation study to quantify its feasibility. *Journal of Cleaner Production, 241*, 118365. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118365

Gutenschwager, K., Rabe, M., & Chicaiza-Vaca, J. (2024). Comparing direct deliveries and automated parcel locker systems with respect to overall CO2 emissions for the last mile. *Algorithms, 17*(4), 100. https://doi.org/10.3390/a17010004

Habibi, M. R., Davidson, A., & Laroche, M. (2017). What managers should know about the sharing economy. *Business Horizons, 60*(1), 113–121. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2016.09.007

Hadero, H. (2023, December 21). Over 1 in 4 U.S. consumers have been the victim of package theft, a recent survey found. Here's what you need to know about 'porch piracy'. *Fortune*. https://fortune.com/2023/12/21/us-consumers-victim-package-theft-porch-piracy-amazon-ups/

Hamari, J., Sjöklint, M., & Ukkonen, A. (2016). The sharing economy: Why people participate in collaborative consumption. *Journal of the Association for Information Science and Technology, 67*(9), 2047–2059. https://doi.org/10.1002/asi.23552

Haugland, D., Ho, S. C., & Laporte, G. (2007). Designing delivery districts for the vehicle routing problem with stochastic demands. *European Journal of Operational Research, 180*(3), 997–1010. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.05.044

He, Y., Wang, X., Zhou, F., & Lin, Y. (2020). Dynamic vehicle routing problem considering simultaneous dual services in the last mile delivery. *Kybernetes, 49*(4), 1267–1284. https://doi.org/10.1108/K-05-2018-0236

Hiermann, G., Puchinger, J., Ropke, S., & Hartl, R. F. (2016). The electric fleet size and mix vehicle routing problem with time windows and recharging stations. *European Journal of Operational Research, 252*(3), 995–1018. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.01.038

Hoffmann, T., & Prause, G. (2018). On the regulatory framework for last-mile delivery robots. *Machines, 6*(3), 33. https://doi.org/10.3390/machines6030033

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.2016.02.019

Janjevic, M., Winkenbach, M., & Merchan, D. (2019). Integrating collection-and-delivery points in the strategic design of urban last-mile e-commerce distribution networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 131,* 37–67. https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.09.001

Jennings, D., & Figliozzi, M. (2019). Study of sidewalk autonomous delivery robots and their potential impacts on freight efficiency and travel. *Transportation Research Record.* https://doi.org/10.1177/0361198119849398

Ji, S., Luo, R., & Peng, X. (2019). A probability guided evolutionary algorithm for multi-objective green express cabinet assignment in urban last-mile logistics. *International Journal of Production Research, 57*(11), 3382–3404. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533653

Jiang, L., Zang, X., Dong, J., & Liang, C. (2022). A covering traveling salesman problem with profit in the last mile delivery. *Optimization Letters, 16,* 375–393. https://doi.org/10.1007/s11590-021-01709-0

Joerss, M., Schröder, J., Neuhaus, F., Klink, C., & Mann, F. (2016). Parcel delivery: The future of last mile. *McKinsey & Company,* 1, 32.

Kafle, N., Zou, B., & Lin, J. (2017). Design and modeling of a crowdsource-enabled system for urban parcel relay and delivery. *Transportation Research Part B: Methodological, 99,* 62–82. https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.01.004

Kahr, M. (2022). Determining locations and layouts for parcel lockers to support supply chain viability at the last mile. *Omega, 113,* 102721. https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102721

Kaim, A., Cord, A. F., & Volk, M. (2018). A review of multi-criteria optimization techniques for agricultural land use allocation. *Environmental Modelling & Software, 105,* 79–93. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.031

Kargopark. (2025). Alışılmış teslimat modeli Kargopark ile değişiyor. https://kargopark.com/

Kauf, S. (2016). City logistics – A strategic element of sustainable urban development. *Transportation Research Procedia, 16,* 158–164. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.016

Kawa, A. (2020). Out-of-home delivery as a solution of the last mile problem in e-commerce. In P. Golinska-Dawson, K. M. Tsai, & M. Kosacka-Olejnik (Eds.), *Smart and sustainable supply chain and logistics – Trends, challenges, methods and best practices* (pp. 25–40). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61947-3_2

Kaya, S., & Fığlalı, N. (2016). Çok amaçlı optimizasyon problemlerinde Pareto optimal kullanımı. *Social Sciences Research Journal, 5*(2), 9–18.

Kayseri Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri. (2024). *Kayseri Büyükşehir Belediye sınırları içerisindeki mahallelerin 2024 nüfus yoğunluğu.* https://cbs.kayseri.bel.tr/PDF/NUFUS_TEMATIK_HARITA_2024.pdf

Kayseri Büyükşehir Belediyesi Üç Boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemi. (2023). *3 boyutlu kent bilgi sistemi.* https://cbs.kayseri.bel.tr

Kayseri Büyükşehir Belediyesi. (2024). *Talas ilçesi.* http://www.kayseri.gov.tr/talas

Kedia, A., Kusumastuti, D., & Nicholson, A. (2017). Acceptability of collection and delivery points from consumers' perspective: A qualitative case study of Christchurch city. *Case Studies on Transport Policy*, *5*(4), 587–595. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2017.10.009

Kedia, A., Kusumastuti, D., & Nicholson, A. (2019). Establishing collection and delivery points to encourage the use of active transport: A case study in New Zealand using a consumer-centric approach. *Sustainability*, *11*(22), 6255. https://doi.org/10.3390/su11226255

Kedia, A., Kusumastuti, D., & Nicholson, A. (2020). Locating collection and delivery points for goods' last mile travel: A case study in New Zealand. *Transportation Research Procedia*, *46*, 85–92. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.167

Keeling, K. L., Schaefer, J. S., & Figliozzi, M. A. (2021). Accessibility and equity analysis of transit facility sites for common carrier parcel lockers. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2675*(12), 1075–1087. https://doi.org/10.1177/03611981211032214

KPMG. (2025). *KPMG Türkiye ve TIRPORT.* https://kpmg.com/tr/tr/home/hakkimizda/stratejik-is-birliklerimiz/kpmg-tirport.html

Lin, L., Han, H., Yan, W., Nakayama, S., & Shu, X. (2019). Measuring spatial accessibility to pick-up service considering differentiated supply and demand: A case in Hangzhou, China. *Sustainability, 11*, 3448. https://doi.org/10.3390/su11123448

Lachapelle, U., Burke, M., Brotherton, A., & Leung, A. (2018). Parcel locker systems in a car dominant city: Location, characterisation and potential impacts on city planning and consumer travel access. *Journal of Transport Geography, 71*, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.06.022

Lagorio, A., & Pinto, R. (2020, April 22–24). The parcel locker location issues: An overview of factors affecting their location. *International Conference on Information Systems, Logistics & Supply Chain.* Austin, Texas.

Lee, H., Chen, M., Pham, H. T., & Choo, S. (2019). Development of a decision-making system for installing unmanned parcel lockers: Focusing on residential complexes in Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering, 23,* 2713–2722. https://doi.org/10.1007/s12205-019-1398-y

Lemke, J., Iwan, S., & Korczak, J. (2016). Usability of the parcel lockers from the customer perspective – The research in Polish cities. *Transportation Research Procedia, 16,* 272–287. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.027

Liu, D., Deng, Z., Zhang, W., Wang, Y., & Kaisar, E. I. (2021). Design of sustainable urban electronic grocery distribution network. *Alexandria Engineering Journal, 60,* 145–157. https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.06.051

Luo, R., Ji, S., & Ji, Y. (2022). An active-learning Pareto evolutionary algorithm for parcel locker network design considering accessibility of customers. *Computers & Operations Research, 141,* 105693. https://doi.org/10.1016/j.cor.2022.105693

Luo, W., & Qi, Y. (2009). An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. *Health & Place, 15,* 1100–1107. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2009.06.002

Luo, W., & Wang, F. (2003). Measure of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design, 30,* 865–884. https://doi.org/10.1068/b29120

Mancini, S., Gansterer, M., & Triki, C. (2023). Locker box location planning under uncertainty in demand and capacity availability. *Omega, 120,* 102910. https://doi.org/10.1016/j.omega.2023.102910

Marinagi, C., Trivellas, P., & Reklitis, P. (2015). Information quality and supply chain performance: The mediating role of information sharing. *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 175,* 473–479. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1227

Martin, C. J. (2016). The sharing economy: A pathway to sustainability or a nightmarish form of neoliberal capitalism? *Ecological Economics, 121,* 149–159. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.11.027

Mehmood, M. S., Jin, A., Rehman, A., Ahamad, M. I., & Li, G. (2022). Spatial variability and accessibility of collection and delivery points in Nanjing, China. *Computational Urban Science, 2,* 9. https://doi.org/10.1007/s43762-022-00054-x

Morganti, E., Dablanc, L., & Fortin, F. (2014). Final deliveries for online shopping: The deployment of pickup point networks in urban and suburban areas. *Research in Transportation Business & Management, 11,* 23–31. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2014.03.002

Morganti, E., Seidel, S., Blanquart, C., Dablanc, L., & Lenz, B. (2014). The impact of e-commerce on final deliveries: Alternative parcel delivery services in France and Germany. *Transportation Research Procedia, 4,* 178–190. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.014

Moroz, M., & Polkowski, Z. (2016). The last mile issue and urban logistics: Choosing parcel machines in the context of the ecological attitudes of the Y generation consumers purchasing online. *Transportation Research Procedia, 16,* 378–393. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.037

Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2024). Unmanned aerial vehicle (UAV) path planning and control assisted by augmented reality (AR): The case of indoor drones. *International Journal of Production Research, 62*(9), 3361–3382. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2138196

Murray, C. C., & Chu, A. G. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 54,* 86–109. https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.005

Ng, L. Y., Chemmangattuvalappil, N. G., Dev, V. A., & Eden, M. R. (2016). Mathematical principles of chemical product design and strategies. In M. R. Eden (Ed.), *Computer aided chemical engineering* (Vol. 39, pp. 3–43). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63683-6.00001-6

Nguyễn, T. B. T., Bektaş, T., Cherrett, T. J., McLeod, F. N., Allen, J., Bates, O., Wise, S., ... & Ng, J. (2019). Optimising parcel deliveries in London using dual-mode routing. *Journal of the Operational Research Society, 70*(6), 998–1010. https://doi.org/10.1080/01605682.2018.1478401

Nicolaou, C. A., & Brown, N. (2013). Multi-objective optimization methods in drug design. *Drug Discovery Today: Technologies, 10*(3), 427–435. https://doi.org/10.1016/j.ddtec.2013.02.001

Oliveira, L. K. D., Oliveira, R. L. M. D., Sousa, L. T. M. D., Caliari, I. D. P., & Nascimento, C. D. O. L. (2019). Analysis of accessibility from collection and delivery points: Towards the sustainability of the e-commerce delivery. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 11,* e20190048. https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20190048

Onfleet. (2023, January 5). *What is the last mile delivery problem? Here's how to solve it.* https://onfleet.com/blog/last-mile-problem/

Orenstein, I., Raviv, T., & Sadan, E. (2019). Flexible parcel delivery to automated parcel lockers: Models, solution methods and analysis. *EURO Journal on Transportation and Logistics, 8*(5), 683–711. https://doi.org/10.1007/s13676-019-00144-7

Ottaviani, F. M., Zenezini, G., De Marco, A., & Carlin, A. (2023). Locating automated parcel lockers (APL) with known customers' demand: A mixed approach proposal. *European Journal of Transport and Infrastructure Research, 23*(2), 24–45. https://doi.org/10.18757/ejtir.2023.23.2.6786

Owen, S. H., & Daskin, M. S. (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research, 111*(3), 423–447. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00186-6

Özyavaş, P., Bujis, P., Ursavas, E., & Teunter, R. (2025). Designing a sustainable delivery network with parcel locker systems as collection and transfer points. *Omega, 131,* 103199. https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103199

Pan, S., Zhou, W., Piramuthu, S., Giannikas, V., & Chen, C. (2021). Smart city for sustainable urban freight logistics. *International Journal of Production Research, 59*(7), 2079–2089. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1893970

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. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2020-0400

Perboli, G., Rosano, M., Saint-Guillain, M., & Rizzo, P. (2018). A simulation-optimization framework for city logistics: An application on multimodal last-mile

delivery. *IET Intelligent Transport Systems*, *12*(4), 262–269. https://doi.org/10.1049/iet-its.2017.0357

Pinchasik, D. R., Hovi, I. B., & Dong, B. (2025). Replacing home deliveries by deliveries to parcel lockers: Cost, traffic, emissions, and societal cost effects of locker network expansions in Greater Oslo. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *28*(4), 401–426. https://doi.org/10.1080/13675567.2024.2321135

Pourmohammadreza, N., Jokar, M. R. A., & Van Woensel, T. (2025). Last-mile logistics with alternative delivery locations: A systematic literature review. *Results in Engineering*, *21*, 104085. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104085

Pronello, C., Camusso, C., & Valentina, R. (2017). Last mile freight distribution and transport operators' needs: Which targets and challenges? *Transportation Research Procedia*, *25*, 888–899. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.464

PTT. (2025). *PTT Kargomat.* https://www.ptt.gov.tr/kargo-ptt-kargomat

Punel, A., & Stathopoulos, A. (2017). Modeling the acceptability of crowdsourced goods deliveries: Role of context and experience effects. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *105*, 18–38. https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.05.010

Rabe, M., Gonzalez-Feliu, J., Chicaiza-Vaca, J., & Tordecilla, R. D. (2021). Simulation-optimization approach for multi-period facility location problems with forecasted and random demands in a last-mile logistics application. *Algorithms*, *14*(2), 41. https://doi.org/10.3390/a14020041

Radke, J., & Lan, M. (2000). Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs. *Geographic Information Sciences*, *6*(2), 105–112. https://doi.org/10.1080/10824000009480538

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53*, 49–57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009

Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, *64*, 126–130. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001

Revelle, C. S., & Eiselt, H. A. (2005). Location analysis: A synthesis and survey. *European Journal of Operational Research, 165*(1), 1–19. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.02.001

Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429346323

Rodrigue, J. P., & Dablanc, L. (2024). What is city logistics? In J. P. Rodrigue (Ed.), *The geography of transport systems* (6th ed.). Routledge.

Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2022). *The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain* (7th ed.). Kogan Page.

Russo, F., & Comi, A. (2010). A classification of city logistics measures and connected impacts. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2*(3), 6355–6365. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.044

Sah, B., Gupta, R., & Bani-Hani, D. (2021). Analysis of barriers to implement drone logistics. *International Journal of Logistics Research and Applications, 24*(6), 531–550. https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1825657

Sailer, D., Klein, R., & Steinhardt, C. (2024). Dynamic demand management for parcel lockers using reinforcement learning. *arXiv Preprint.* https://arxiv.org/abs/2409.05061

Salimi, N., & Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and Program Planning, 66,* 147–155. https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2017.10.002

Savelsbergh, M., & Van Woensel, T. (2016). 50th anniversary invited article—City logistics: Challenges and opportunities. *Transportation Science, 50*(2), 579–590. https://doi.org/10.1287/trsc.2016.0675

Schaefer, J. S., & Figliozzi, M. A. (2021). Spatial accessibility and equity analysis of Amazon parcel lockers facilities. *Journal of Transport Geography, 97,* 103212. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103212

Schwerdfeger, S., & Boysen, N. (2020). Optimizing the changing locations of mobile parcel lockers in last-mile distribution. *European Journal of Operational Research, 285*(3), 1077–1094. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.02.033

Shuaibu, A. S., Mahmoud, A. S., & Sheltami, T. R. (2025). A review of last-mile delivery optimization: Strategies, technologies, drone integration, and future trends. *Drones, 9*(3), 158. https://doi.org/10.3390/drones9030158

Simoni, M. D., Kutanoglu, E., & Claudel, C. G. (2020). Optimization and analysis of a robot-assisted last mile delivery system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 142,* 102049. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102049

Szparaga, A., Stachnik, M., Czerwinska, E., Kocira, S., Dymkowska-Malesa, M., & Jakubowski, M. (2019). Multi-objective optimization based on the utopian point method applied to a case study of osmotic dehydration of plums and its storage. *Journal of Food Engineering, 245,* 104–111. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.014

Tan, Y., Deng, L., Li, L., & Yuan, F. (2019). The capacitated pollution routing problem with pickup and delivery in the last mile. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics, 31*(4), 1193–1215. https://doi.org/10.1108/APJML-06-2018-0217

Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Yamada, T. (2016). New opportunities and challenges for city logistics. *Transportation Research Procedia, 12,* 5–13. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.006

Trendyol. (2025). *Ne yapıyoruz.* https://www.trendyol.com/whatwedo

Tsai, J. F., Ngo, H. N., & Che, Z. H. (2024). Last-mile delivery during COVID-19: A systematic review of parcel locker adoption and consumer experience. *Acta Psychologica, 249,* 104462. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2023.104462

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Hanehalkı bilişim teknolojileri (BT) kullanım araştırması, 2023.* https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2023-49407

Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). *Hanehalkı bilişim teknolojileri (BT) kullanım araştırması, 2024.* https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2024-53492

Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2024.* https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2024-53783

Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus İstatistikleri Portalı. (2024). *Kayseri belediye sınırları içerisindeki mahallelerin 2024 nüfus yoğunluğu.* https://nip.tuik.gov.tr/?value=NufusYogunlugu

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *Sürdürülebilir kalkınma amaçları değerlendirme raporu.* https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/03/Surdurulebilir-Kalkinma-Amaclari-Degerlendirme-Raporu_13_12_2019-WEB.pdf

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *On ikinci kalkınma planı (2024-2028).* https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı. (2025). *Türkiye'de e-ticaretin görünümü raporu yayımlandı.* https://ticaret.gov.tr/duyurular/turkiyede-e-ticaretin-gorunumu-raporu-yayinlandi-06-05-2025

Vakulenko, Y., Hellström, D., & Hjort, K. (2018). What's in the parcel locker? Exploring customer value in e-commerce last mile delivery. *Journal of Business Research, 88,* 421–427. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.11.033

Van Duin, J. R., Wiegmans, B. W., van Arem, B., & van Amstel, Y. (2020). From home delivery to parcel lockers: A case study in Amsterdam. *Transportation Research Procedia, 46,* 37–44. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.168

Vukićević, M., Ratli, M., Rivenq, A., & Zrikem, M. (2023). Covering delivery problem with electric vehicle and parcel lockers: Variable neighborhood search approach. *Computers and Operations Research, 157,* 106263. https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106263

Wang, Y., Bi, M., & Chen, Y. (2020). A scheduling strategy of mobile parcel lockers for the last mile delivery problem. *Promet-Traffic & Transportation, 32(6),* 875–885. https://doi.org/10.7307/ptt.v32i6.3410

Wang, Y., Bi, M., Lai, J., & Chen, Y. (2020). Locating movable parcel lockers under stochastic demands. *Symmetry, 12(12),* 2033. https://doi.org/10.3390/sym12122033

Wang, Y., Zhang, D., Liu, Q., Shen, F., & Lee, L. H. (2016). Towards enhancing the last-mile delivery: An effective crowd-tasking model with scalable solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 93*, 279–293. https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.02.004

Weltevreden, J. W. J. (2008). B2C e-commerce logistics: The rise of collection-and-delivery points in the Netherlands. *International Journal of Retail & Distribution Management, 36(8),* 638–660. https://doi.org/10.1108/09590550810883487

Winkenbach, M., Kleindorfer, P. R., & Spinler, S. (2016). Enabling urban logistics services at La Poste through multi-echelon location-routing. *Transportation Science, 50(2),* 520–540. https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0643

World Bank Group. (2025). *State and trends of carbon pricing dashboard.* https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/compliance/price

Wang, X., Zhan, L., Ruan, J., & Zhang, J. (2014). How to choose ‘‘last mile’’ delivery modes for e-fulfillment. *Mathematical Problems in Engineering, 2014,* 1–11. https://doi.org/10.1155/2014/417129

Xu, X., Shen, Y., Chen, W., Gong, Y., & Wang, H. (2021). Data-driven decision and analytics of collection and delivery point problems for online retailers. *Omega, 100,* 102280. https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102280

Yang, X. (2014). Multi-objective optimization. İçinde *Nature-inspired optimization algorithms* (ss. 197–211). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416743-8.00014-2

Lin, Y., Wang, Y., Lee, L. H., & Chew, E. P. (2022). Profit-maximizing parcel locker location problem under threshold Luce model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 157,* 102541. https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102541

Lin, Y. H., Wang, Y., He, D., & Lee, J. H. (2020). Last-mile delivery: Optimal locker location under multinomial logit choice model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 142,* 102059. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102059

Yurtiçi Kargo. (2025). *YK Plus ile evde kargo bekleme dönemi tarih oldu!* https://www.yurticikargo.com/tr/yk-plus-ile-beklemeye-son

Zelfbox. (2025). *Kişiye özel kargo teslim dolapları.* https://www.zelfbox.com/

Zenezini, G., Lagorio, A., Pinto, R., Di Marco, A., & Golini, R. (2018). The collection-and-delivery points implementation process from the courier, express and parcel operator's perspective. *IFAC-PapersOnLine, 51(11),* 594–599. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.383

Zhang, S. Z., & Lee, C. K. M. (2016). Flexible vehicle scheduling for urban last mile logistics: The emerging technology of shared reception box. *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM),* 1913–1917. https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798211

Zheng, Y., & Wang, D. (2022). A survey of recommender systems with multi-objective optimization. *Neurocomputing, 474,* 141–153. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.11.041

Zhou, L., Lin, Y., Wang, X., & Zhou, F. (2019). Model and algorithm for bilevel multisized terminal location-routing problem for the last mile delivery. *International Transactions in Operational Research, 26(1),* 131–156. https://doi.org/10.1111/itor.12399

TEZ İNTİHAL RAPORU

Turnitin Orijinallik Raporu

İşleme kondu: 08-Eyl-2025 14:36 +03
NUMARA: 2745089762
Kelime Sayısı: 23389
Gönderildi: 1

Doktora Tezi Nadide Aktaş tarafından

Benzerlik Endeksi	Kaynağa göre Benzerlik
%3	İnternet Kaynaklar: %3 Yayınlar: %2 Öğrenci Ödevleri: %1

< 1% eşleşme (12-Eki-2022 tarihli internet)
https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/309212/yokAcikBilim_10208259.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% eşleşme (25-Şub-2023 tarihli internet)
https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/362131/yokAcikBilim_10305340.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% eşleşme (05-Eki-2022 tarihli internet)
https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/329084/yokAcikBilim_10290017.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% eşleşme (02-Ara-2024 tarihli internet)
https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/297575/yokAcikBilim_458220.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% eşleşme (12-Eki-2022 tarihli internet)
https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/261301/yokAcikBilim_10289962.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% eşleşme (02-Ara-2024 tarihli internet)
https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/458516/yokAcikBilim_10289905.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

< 1% eşleşme (15-Eki-2023 tarihli internet)
https://www.instituteforapprenticeships.org/apprenticeship-standards/marine-electrician-v1-0

< 1% eşleşme (24-Haz-2024 tarihli internet)
https://www.dogaka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/2024-yili-cumhurbaskanligi-yillik-programi.pdf

< 1% eşleşme (09-Oca-2020 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to Bahcesehir University on 2020-01-09

< 1% eşleşme (28-May-2025 tarihli internet)
https://www.pwc.com.tr/tr/Hizmetlerimiz/yonetim-danismanligi/tedarik-zinciri/yayinlar/assets/e-ticaret-lojistiginde-sorunlar-ve-politika-onerileri-v2.pdf

< 1% eşleşme (Arslan, Merve Bayrakçı. "ÇOk Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Akademik Personel Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesi", Necmettin Erbakan University (Turkey), 2024)
Arslan, Merve Bayrakçı. "ÇOk Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Akademik Personel Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesi", Necmettin Erbakan University (Turkey), 2024

< 1% eşleşme (23-May-2025 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to Karadeniz Teknik University on 2025-05-23

< 1% eşleşme (12-May-2021 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to Istanbul Aydin University on 2021-05-12

< 1% eşleşme (10-Eki-2023 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) on 2023-10-10

< 1% eşleşme (12-Haz-2022 tarihli internet)
https://webrazzi.com/2022/03/29/kargo-ve-e-ticaret-sektorlerinin-geldik-evde-yoktunuz-cozumu-teslimat-noktalari?utm_campaign=Bundle&utm_medium=referral&utm_source=Bundle

< 1% eşleşme (Başçam, Zeynep. "Tereyağının Oksidasyon Stabilitesi ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Farklı Üzüm Çeşidi Kabuğu Biyoaktif Bileşenlerinin Etkisi", Bursa Uludag University (Turkey), 2023)
Başçam, Zeynep. "Tereyağının Oksidasyon Stabilitesi ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Farklı Üzüm Çeşidi Kabuğu Biyoaktif Bileşenlerinin Etkisi", Bursa Uludag University (Turkey), 2023

< 1% eşleşme (24-Mar-2025 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to Bozok Üniversitesi on 2025-03-24

< 1% eşleşme (26-Ağu-2014 tarihli internet)
http://ticareti.net/hizmet%20ticareti.html

< 1% eşleşme (Kaya, cinar. "Baglamsal Pozitif Psikoloji Yaklasimina Dayali Grupla Psikolojik Danismanin Psikolojik Islevsellik Gostergeleri Uzerindeki Etkisi.", Marmara Universitesi (Turkey), 2021)
Kaya, cinar. "Baglamsal Pozitif Psikoloji Yaklasimina Dayali Grupla Psikolojik Danismanin Psikolojik Islevsellik Gostergeleri Uzerindeki Etkisi.", Marmara Universitesi (Turkey), 2021

< 1% eşleşme (Serememtli, Batuhan Eren. "Turlarda grup uyumunun saglanmasinda turist rehberlerinin uyguladiklari etkinlikleri belirlemeye yönelik bir arastirma.", Balikesir University (Turkey), 2024)
Serememtli, Batuhan Eren. "Turlarda grup uyumunun saglanmasinda turist rehberlerinin uyguladiklari etkinlikleri belirlemeye yönelik bir arastirma.", Balikesir University (Turkey), 2024

< 1% eşleşme (19-Mar-2025 tarihli öğrenci ödevleri)

Submitted to Yakın Doğu Üniversitesi on 2025-03-19

< 1% eşleşme (10-May-2024 tarihli internet)
https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/stratejik-yonetim/uab-2024-2028-nihai-stratejik-plani-5-1-2024.pdf

< 1% eşleşme (10-May-2019 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to University of Bedfordshire on 2019-05-10

< 1% eşleşme (08-Şub-2016 tarihli internet)
http://www.mmf.selcuk.edu.tr/mmfdergi/upload/sayi/27/55/01-10.htm

< 1% eşleşme (09-May-2017 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to Çankırı Karatekin University on 2017-05-09

< 1% eşleşme (04-Şub-2019 tarihli internet)
https://es.scribd.com/document/337665620/111414082-full

< 1% eşleşme (13-Nis-2023 tarihli internet)
https://www.albertsolino.com/blog/as-is-ve-to-be-surec-analizleri-nedir/

< 1% eşleşme (18-Nis-2023 tarihli internet)
http://www.makalesistemi.com/panel/files/manuscript_files_publish/e61942b4897972dd6a60f8037db34c7c/b91e8fc2ca586ee1202cf58c80

< 1% eşleşme (26-Mar-2025 tarihli internet)
https://www.marmarahaber.com.tr/haber/92172/vali-soyturk-ten-cerkezkoy-cikarmasi.html

< 1% eşleşme (Çelik, Ahmet. "Lojistik merkezlerin yönetim yapılarının oluşumunda İşletmelerin etkisi: Konya örneği.", Necmettin Erbakan University (Turkey))
Çelik, Ahmet. "Lojistik merkezlerin yönetim yapılarının oluşumunda İşletmelerin etkisi: Konya örneği.", Necmettin Erbakan University (Turkey)

< 1% eşleşme (14-Kas-2024 tarihli öğrenci ödevleri)
Submitted to Celal Bayar Üniversitesi on 2024-11-14

< 1% eşleşme (01-Nis-2025 tarihli internet)
https://bilselkongreleri.com/wp-content/uploads/6.-DUNYA-KONGRE-KITABI-CILT-1.pdf

< 1% eşleşme (01-Haz-2023 tarihli internet)
https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2559242

< 1% eşleşme (04-Mar-2020 tarihli internet)
http://export.arxiv.org/pdf/1711.00394

< 1% eşleşme (19-Şub-2025 tarihli internet)
https://git.kompot.si/g1smo/qmk_firmware/commit/5bd68e3695a82ff504c358c33445b4530c2a327f

< 1% eşleşme (27-Kas-2022 tarihli internet)
https://www.epfl.ch/schools/sti/ateliers/wp-content/uploads/2019/09/catalogue.pdf

< 1% eşleşme (10-Ağu-2013 tarihli internet)
http://www.memurlar.net/haber/347707/

< 1% eşleşme (Amil, Vildan. "Yerleştirme Rotalama Probleminin Yeni Bir Matematiksel Model ve Parçacık Süre Algoritması Ile Çözülmesi", Sakarya Universitesi (Turkey), 2022)
Amil, Vildan. "Yerleştirme Rotalama Probleminin Yeni Bir Matematiksel Model ve Parçacık Süre Algoritması Ile Çözülmesi", Sakarya Universitesi (Turkey), 2022

< 1% eşleşme (Karen, Idris. "Tasit Elemanlarinin Optimum Tasarimi Icin Bilgisayar Destekli Analiz ve Simulasyon Tabanli Butunlesik Bir Algoritma Gelistirilmesi", Bursa Uludag University (Turkey), 2021)
Karen, Idris. "Tasit Elemanlarinin Optimum Tasarimi Icin Bilgisayar Destekli Analiz ve Simulasyon Tabanli Butunlesik Bir Algoritma Gelistirilmesi", Bursa Uludag University (Turkey), 2021

< 1% eşleşme (13-Eki-2022 tarihli internet)
http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11499/38621/10405930.pdf?isAllowed=y&sequence=1

< 1% eşleşme (06-Mar-2023 tarihli internet)
https://dokumen.pub/9785940576235.html

< 1% eşleşme (20-Ara-2022 tarihli internet)
http://dspace.trakya.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/trakya/4770/0164247.pdf?isAllowed=y&sequence=1

< 1% eşleşme ()
Günden, Yasin. "Otel işletmelerinde örgütsel demokrasi algısının örgütsel vatandaşlığa etkisinde örgütsel bağlılığın rolü: Kapadokya örneği", 2019

< 1% eşleşme (24-Haz-2024 tarihli internet)
https://issuu.com/bthaber/docs/1255

< 1% eşleşme (21-Oca-2024 tarihli internet)
https://pdffox.com/doktora-tez-kubilay-akazolu-sls-dumani-eren-yksek-dayanimli-pdf-free.html

< 1% eşleşme (Bi Yu Chen, Xue-Ping Cheng, Mei-Po Kwan, Tim Schwanen. "Evaluating spatial accessibility to healthcare services under travel time uncertainty: A reliability-based floating catchment area approach", Journal of Transport Geography, 2020)
Bi Yu Chen, Xue-Ping Cheng, Mei-Po Kwan, Tim Schwanen. "Evaluating spatial accessibility to healthcare services under travel time uncertainty: A reliability-based floating catchment area approach", Journal of Transport Geography, 2020

< 1% eşleşme (24-Eyl-2022 tarihli internet)
http://acikerisim.akdeniz.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3230/T04398.pdf?isAllowed=y&sequence=1

< 1% eşleşme (29-Kas-2024 tarihli internet)

https://open.metu.edu.tr/bitstream/handle/11511/101047/index.pdf

< 1% eşleşme (25-Kas-2022 tarihli internet)
https://ramp.ase.ro/vol37/37-04.pdf

< 1% eşleşme (16-May-2024 tarihli internet)
https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/19368/6%20Disserta%c3%a7%c3%a3o_Mestrado_Ufscar_v8_Revisao_Pos_Defesa.pc isAllowed=y&sequence=1

< 1% eşleşme (01-Tem-2024 tarihli internet)
https://repository.unescap.org/bitstream/handle/20.500.12870/7226/ESCAP-2024-RP-T%c3%bcrkiye-social-protection-stocktaking.pdf?isAllowed=y&sequence=1

< 1% eşleşme (18-Kas-2020 tarihli internet)
https://www.dunya.com/sektorler/lojistik/e-ticaret-kargoda-donusum-baslatti-haberi-486060

< 1% eşleşme (19-Ağu-2022 tarihli internet)
http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2021/02/SKA-ve-Gostergeleri-Kapak-Birlestirilmis.pdf

< 1% eşleşme (Çelikateş, Hayrünnisa. "İlkokullarda Yaşanan Akran Zorbaliği Hakkinda Sinif Öğretmenlerinin Görüşlerinin Belirlenmesi (Çumra İlçesi Örneği)", Necmettin Erbakan University (Turkey))
Çelikateş, Hayrünnisa. "İlkokullarda Yaşanan Akran Zorbaliği Hakkinda Sinif Öğretmenlerinin Görüşlerinin Belirlenmesi (Çumra İlçesi Örneği)", Necmettin Erbakan University (Turkey)

< 1% eşleşme (Ölçer, Burcu. "Mevcut binaların enerji etkinliğini artirmada üretken tasarim ile çati yüzeyi optimizasyonu", Mimar Sinan Fine Arts University (Turkey), 2024)
Ölçer, Burcu. "Mevcut binaların enerji etkinliğini artirmada üretken tasarim ile çati yüzeyi optimizasyonu", Mimar Sinan Fine Arts University (Turkey), 2024

< 1% eşleşme (Kaya, Burcu. "Gastronomik ürünlerin turizmde çekicilik unsuru olarak değerlendirilmesi: Hurma zeytin örneği", Dokuz Eylul Universitesi (Turkey), 2024)
Kaya, Burcu. "Gastronomik ürünlerin turizmde çekicilik unsuru olarak değerlendirilmesi: Hurma zeytin örneği", Dokuz Eylul Universitesi (Turkey), 2024

< 1% eşleşme (Yakıcı, Hikmet Beyza. "Genç Yetişkinlerde Kompülsif Çevrimiçi Satin Alma Davranişi Ile Travma Sonrasi Bilişler ve Ölüm Kaygisinin Incelenmesi", Necmettin Erbakan University (Turkey), 2023)
Yakıcı, Hikmet Beyza. "Genç Yetişkinlerde Kompülsif Çevrimiçi Satin Alma Davranişi Ile Travma Sonrasi Bilişler ve Ölüm Kaygisinin Incelenmesi", Necmettin Erbakan University (Turkey), 2023

GİRİŞ Kentleşme oranlarının artması ve nüfusun büyük ölçüde kent merkezlerinde yoğunlaşması, kentsel lojistik faaliyetlerinin kapsamını genişletmiş ve karmaşıklığını önemli ölçüde artırmıştır. Kentsel alanlardaki yoğun nüfus ve teknolojinin hızlı gelişimi internet yaygınlığını artırmış ve bu durum günlük hayatı doğrudan etkilemiştir. Günümüzde bilgisayar, tablet, akıllı cep telefonları kullanımı ve internet yaygınlığı ile birlikte müşterilUerLzaUmSanLvAeRyeArfRarAkeStmIeTksİiCzinAçRevErimT iVçiEalıLşvOeriJşİySapTabİiKlmeAktNedAir.BİLİM D Geleneksel alışverişten farklı olarak çevrim içi alışveriş, müşterilere ürün kıyaslama ve seçme konusunda esneklikler sağlamakta, ek olarak aynı gün veya ertesi gün teslimat seçenekleri gibi hizmetler de çevrim içi alışverişi daha çekici hale getirmektedir. Diğer taraftan, teslim edilmesi gereken siparişlerin her geçen gün artması, hâlihazırda yüksek maliyetli olan son adım teslimatı (last-mile delivery, LMD) daha maliyetli kılmaktadır. Bireysel teslimatların sayısı artarken, bu durum kent içi trafik yükünü ve çevresel baskıları da beraberinde getirmiştir. Geleneksel lojistik altyapılar bu yeni talep yapısıyla baş etmekDteOyeKterTsiOzkRalmAakta; dolayısıyla daha akıllı, esnek ve yereNlleAştiDrilmİDişEçözAümKleTreAŞ ihtiyaç duyulmTaEktZadır. Artan kent nüfusu, teslimat noktalarının erişilebilirliği, trafik sıkışıklığı, park alanı kısıtları ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu sorunları daha görünür hale getirmiştir. Bu bağlamda kentsel lojistik, yalnızca mal taşımaktan öte, kent yaşam kalitesini etkileyen kritik bir sistem haline gelmiştir. Lojistik faaliyetlerin kent dokusuna zarar vermeden sürdürülmesi ihtiyacı hem altyapı hem de politika düzeyinde stratejik kararlar alınmasını zorunlu kılmıştır. Kentlerdeki nüfus artışı yalnızca lojistik hacmini değil, aynı zamanda lojistik hizmetlerin erişilebilirlik, çevresel etki ve kullanıcı memnuniyeti boyutlarının da yeniden şekillenmesini gerekli kılmıştır. Bu nedenle, kentsel lojistik artık sadece operasyonel bir faaliyet değil, kent yönetimi ve sürdürülebilirlik politikalarının ayrılmaz bir bileşeni haline gelmiştir. LMD, ürünlerin dağıtım merkezlerinden nihai tüketiciye ulaştırıldığı süreci tanımlamaktadır. Ürünün müşteriye teslim süreci içerisinde en pahalı aşama olması ve toplam maliyetin yaklaşık (’ini oluşturması sebebiyle LMD (Zenezini vd., 2018; Pronellovd., 2017) teoride ve pratikte oldukça dikkat çekmektedir. Bazı çalışmalarda bu maliyetlerin toplam maliyetler içerisindeki oranının u’e kadar çıkabildiği belirtilmektedir (Tan vd., 2019; L. Lin vd., 2019; Che vd., 2022). Nitekim, teslimat başarısızlıkları, yeniden gönderim ihtiyacı ve teslimat sırasında alıcının adreste bulunmaması gibi durumlar hem işletmelerin hem de kullanıcıların memnuniyetini ve maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında, kent merkezlerinde gerçekleşen LMD faaliyetleri kaynaklı artan CO_2 salınımları, trafik yoğunluğu, gürültü kirliliği, trafik kazaları, park sorunları gibi diğer negatif etkiler de söz konusu olmaktadır. Bu nedenle, lojistik sektöründe daha çevreci ve verimli teslimat çözümleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. LMD kaynaklı bahsi geçen sorunların önüne geçebilmek ve hızlı, güvenilir ve sürdürülebilir teslimatlar gerçekleştirebilmek adına güncel teslimat yöntemlerinin her geçen gün uygulama alanlarının artmasıyla birlikte önemleri de katlanmaktadır. Bahsi geçen olumsuz sonuçların elimine edilmesinde güncel LMD yöntemlerinin rolünün araştırılması literatürde çok yeni yer edinmektedir. Yöntemlerden biri olan kargo dolabının pratikte kullanımının hızla artması sebebiyle bu yöntemin kullanılmasının ekonomik, çevresel ve sosyal maliyetlere etkisinin araştırılması ve kullanımının maliyet etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Daha verimli bir hizmet sunmak ve müşteri memnuniyetini artırmak amacına sahip olan kargo dolabı kullanımının geleneksel adrese teslimata oranla ne derece avantajlı olduğunu belirlemek karar vericiler için daha gerçekçi politikaların geliştirilmesi kapsamında faydalı olacaktır. Alıcıların teslimat noktalarına kendi tercih ettikleri zamanda 7/24 erişebilmesini sağlayan bu sistemler hem teslimat başarısızlıklarını azaltmakta hem de dağıtım rotalarının konsolide edilmesine olanak tanıyarak operasyonel verimliliği artırmaktadır. Ancak kargo dolaplarının sunduğu bu potansiyel faydaların hayata geçirilebilmesi için, bu sistemlerin nerelerde konumlandırılacağı büyük önem taşımaktadır ve kentsel lojistik planlamasında önemli bir stratejik karar alanıdır. Doğru konumlandırılmış kargo dolapları, kent içi dağıtım süreçlerinde LMD olarak adlandırılan ve daha önce de bahsedildiği gibi genellikle en maliyetli, zaman alıcı ve çevresel etkisi yüksek olan kısmın verimli yönetilmesini sağlamaktadır. Bu sayede hem teslimat süreleri kısalmakta hem de dağıtım kaynaklı trafik yoğunluğu azalmaktadır. Böylelikle kargo dolapları, kentsel lojistiğin temel hedeflerinden biri olan dağıtım verimliliği ile kent yaşam kalitesi arasında denge kurulmasına katkıda bulunmaktadır. Sürdürülebilir kent lojistiği perspektifinden bakıldığında, kargo dolapları sayesinde bireysel teslimat sayısı azalmakta; bu da araç başına düşen emisyonu düşürmekte, gürültü kirliliğini azaltmakta ve enerji tüketimini sınırlamaktadır. Ayrıca yer seçimi kararlarında erişilebilirlik ve kapsayıcılık gibi sosyal sürdürülebilirlik ölçütlerinin dikkate alınması, müşteri sadakatini ön planda tutmakta ve farklı sosyoekonomik grupların eşit hizmet alabilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle yaşlılar, engelliler veya adreste bulunamayan çalışan bireyler için bu sistemler daha esnek ve bağımsız teslimat olanakları sunmaktadır. Bununla birlikte, kargo dolabı yer seçimi problemleri aynı zamanda kent içi mekânsal planlama ile lojistik sistemlerin entegrasyonunu da teşvik etmektedir. Bu kararlar, yalnızca mevcut talep noktalarına değil; toplu taşıma bağlantılarına, yaya hareketliliğine ve kamu alanlarının kullanılabilirliğine göre de şekillenmektedir. Dolayısıyla bu yer seçimi problemleri, lojistik faaliyetlerin kent dokusuyla

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Nadide AKTAŞ	

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Yılı**
Lise	Kayseri Anadolu Lisesi	2011
Lisans	Anadolu Üniversitesi (İngilizce İşletme)	2016
Yüksek Lisans	Kayseri Üniversitesi (Uluslararası Ticaret ve Lojistik)	2019
Doktora	Kayseri Üniversitesi (Uluslararası Ticaret ve Lojistik)	2025

EĞİTİM BİLGİLERİ

Dil	**Derece**
İngilizce	B2

İŞ DENEYİMLERİ

Derece	**Kurum**	**Görev Süresi**
Arş. Gör.	Hitit Üniversitesi İİBF	2018-2020
Arş. Gör.	Kayseri Üniversitesi UBF	2020-

YAYINLAR

Yıldız, N. H., Aktaş, N., & Demirel N. (2023). A mathematical model for vaccine cold chain network design considering social sustainability. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 376-385.

Aktaş, N., & Demirel, N. (2023). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi. C. Dumrul, Y. Dumrul, & Z. Kılıçarslan. (Ed.) içinde, *Sürdürülebilirlik boyutuyla güncel araştırmalar* (ss. 186-208). Çizgi Kitabevi Yayınları.

Yılmaz Ş., Aktaş, N., & Demirel N. (2022). Novel last mile delivery models in terms of sustainable urban logistics. Journal of Turkish Operations Management, 6(1), 1076-1091.

Özdemir, S., Aktaş, N., Çelik, T., & Demirel, N. (2022). Investigating the causal linkages among economic growth, transportation, and CO2 emission in Turkey. *2nd International Symposium on Sustainable Logistics*, Mersin, Türkiye.

Yıldız, N. H., Aktaş, N., & Demirel, N. (2022). Soğuk Zincir Lojistiği için Matematiksel Model Önerisi. *Uluslararası Üretim ve Tedarik Zinciri Sempozyumu*, Sinop, Türkiye.

Aktaş, N., & Demirel N. (2021). A hybrid framework for evaluating corporate sustainability using multi-criteria decision making. *Environment Development and Sustainability*, 23(10), 15591-15618.

Demirer M.C., Demirer, Ö., Erat L., & Aktaş, N. (2021). Green Innovation Applications in the Logistics Sector in the Context of Sustainability. Ö. Özçelik. (Ed.) içinde, *Studies on Interdisciplinary Economics and Business – Volume IV* (323-348). Peter Lang Publishing, Inc.

Şahin, N., & Demirel, N. (2019). Measuring corporate sustainability performance: An example of furniture company. *17th International Logistics andSupply Chain Congress (LMSCM)*, İstanbul, Türkiye.

AD-SOYAD

TEZ KONUSU

YIL

Uygulama ve Proje Odaklı, İş Dünyası ile Bütünleşen Üniversite