

Drone Taşımacılığı ve Son-Adım Teslimatta Kullanımı

Drone Transportation and its Use in Last-Mile Distribution

Gülsün NAKİBOĞLU¹

öz

Modern ekonominin temel yapı taşlarından biri olan taşımacılık, iyileştirme ve geliştirmelere açık, oldukça dinamik bir araştırma ve uygulama alanıdır. Bu noktada taşıma rotasında son adım olarak görülen ve genellikle depodan veya perakendeciden nihai müşteriye ulaşımı ifade eden son-adım teslimat, ürünlerin biçim ve ağırlık açısından farklılıkları, farklı teslimat bölgeleri, uzun mesafe, ürünün müşterinin istediği zamanda ulaştırılması gerekliliği gibi birçok kısıt sebebiyle, planlama açısından oldukça karmaşık ve maliyetlidir. Aynı zamanda trafik kalabalığı, emisyon miktarı, işçilik maliyetleri gibi problemleri de beraberinde getirmektedir. Değişen müşteri yapısı ve talepleri, artan online ticaret miktarı, son-adım teslimatın daha doğru şekilde gerçekleştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu aşamada teknolojinin sağladığı farklı çözümler ile teslim zamanı, maliyet ve çevreye verilen zarar azaltılmaya, yeni birçok yöntem, araç ve çözüm ile bu süreç etkinleştirilmeye çalışılmaktadır. Kişisel gizlilik, güvenlik, çevresel ve teknolojik konularda halen üzerinde çalışılmaya devam edilmesi gerekse de, İnsansız Hava Araçları, daha genel kullanılan adı ile drone'lar, hızlı teknolojik gelişmeler ve haklarında geliştirilen yasal düzenlemelerle ürünlerin son-adım teslimatında büyük ölçekte kullanılacak gibi görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Drone, İnsansız Hava Aracı, Son-Adım Teslimat, Lojistik.

ABSTRACT

As one of the fundamental building blocks of modern economy, transportation is a very dynamic research and practice area, and it is open to improvement. In this regard, the last-mile distribution, which is deemed as the final step in shipment routing and usually refers to the movement of goods from the warehouse or retailer to the final customer, is considerably costly and complex in terms of planning due to many constraints, such as the shape and weight differences among products, different delivery regions, long distance, the necessity of delivering products within desired time-windows. Other issues associated with last-mile distribution are traffic congestion, emission amounts, and labour costs. Changing customer profiles and demands, and the increasing amount of online shopping require a more effective last-mile distribution process. With the help of different technological solutions, the issues related to delivery time, cost and environmental damage are tried to be reduced, and the overall process is tried to be made more effective by using various new methods, tools and solutions. Although there is still more work to be done on privacy, security, environmental and technological issues, it seems that the Unmanned Aerial Vehicles, more commonly known as drones, will have a wider usage in last-mile distribution with the help of technological developments and legal regulations developed for them.

Keywords: Drone, Unmanned Aerial Vehicle, Last-Mile Distribution, Logistics.

Tür: Araştırma makalesi

Gönderim tarihi: 10.12.2020

Kabul tarihi: 30.12.2020

¹Doç.Dr., Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, ngulsun@cu.edu.tr
(ORCID: 0000-0002-6835-744X)

Giriş

Son-adım teslimat, ürünün lojistik ağı içindeki son yolculuğunu ifade etmek için kullanılır ve genellikle son depodan veya perakendeciden nihai müşteriye olan taşımayı içerir. Bu aşama, lojistik süreci içinde en problemlili ve maliyetli, ancak müşteri memnuniyeti üzerinde de doğrudan etkisi olan bir adımdır. Son-adım teslimat, çevre kirliliği, trafik yoğunluğu, gürültü kirliliği gibi kamuyu da ilgilendiren birçok problemi içermektedir. Ancak bu aşama aynı zamanda, tüketicilerin en talepkâr olduğu alanlardan biridir. Ürünün çok kısa sürelerde, kendi istediği zaman aralığında ve istediği yerde iletilmesi, teslimata dair tatminini artırıcı unsurlardır. Özellikle online alımların arttığı son yıllarda, son-adım teslimat daha önemli hale gelmiştir. Bu aşamanın karmaşıklığı araştırmacıları ve uygulayıcıları yeni yöntemler bulmak, bu süreci müşteri isteklerine uygun olacak şekilde hatasız, daha hızlı ve esnek yapabilmek için bu yöntemleri kullanmaya itmiştir. Özellikle bilişim teknolojisindeki değişimler de, akıllı-lojistik ve akıllı-şehir uygulamalarını hızlandırmış, son-adım teslimatta kullanılacak yöntemler içinde drone'lar ve drone taşımacılığı sıkça konuşulur, araştırılır ve uygulanır olmuştur. Özellikle büyük lojistik ve online perakende işletmelerinin drone taşımacılığı uygulamaları, drone'ların ticari kullanımını daha da artırmıştır.

İnsansız hava araçları, günlük kullanımda daha yaygın adı ile drone'lar, özellikle yüksek işçilik maliyeti, tehlikeli çalışma ortamı, ulaşım zorluğu gibi durumlar söz konusu iken büyük avantaj sağlamakta ve özellikle vahşi hayatın gözlenmesi, hastalık yönetimi, altyapının kontrolü, acil ilaç teslimatı gibi alanlarda oldukça yaygınlaşmaktadır (Chung vd., 2020). Drone'lar inşaat, tarım, güvenlik, afet yönetimi, eğlence, medya, nakliye gibi birçok sektörde ve alanda geniş kullanıma sahiptir. Ticari tedarik zincirlerinde de haritalandırma, hedef izleme gibi konularda ve özellikle kargo teslimatında yoğunlaşmak üzere, birçok alanda kullanımı mümkündür (Rabta vd., 2018) ve gözlenmektedir.

Bu çalışmada, öncelikle son-adım teslimat ve öneminden bahsedilmekte, bu adımı daha etkin hale getirme ve müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla kullanılan çözümlerden biri olan drone'lardan ve drone taşımacılığından bahsedilmektedir. Bu kapsamda son-adım teslimatta kullanılmasının avantajları ve zorlukları, üzerinde çalışılması gereken alanlar detaylandırılmıştır.

1.Son-adım Teslimat

Lojistik süreci içinde ele alınan taşımacılık, insan ve malların hareketlilik talebini karşılamayı amaçlayan bir dizi sistemler bütünüdür ve modern ekonominin de temel direklerinden biridir. Taşımacılık, özellikle son yıllarda kapasite, verimlilik, güvenlik ve güvenilirlik gibi konuları iyileştirme gerekliliği ve küresel ekonomik krizler, sınırlı kaynaklar ve ekonomik kırılganlıklar ve oluşan belirsizlikler gibi önlem alınması gereken durumlar sebebiyle iyileştirmelere de oldukça açık, özünde dinamik bir alandır (Aurambout vd., 2019).

Son-adım teslimat, ürünün tedarik zincirindeki ve lojistik sürecindeki son taşıma kısmıdır. Son-adım teslimatta, ürünü kimin teslim aldığı farklılaşabilir, teslimat bir müşterinin evinde de, bir üretim tesisinde de veya bir tamircinin dükkânında sonuçlanıyor olabilir. Dolayısıyla ürüne ve hangi noktadan bakıldığına göre, son-adım teslimat değişecektir (Goodman, 2005). Ancak genellikle son-adım teslimat paketin yerel depodan son kullanıcıya olan yolculuğu ifade eder (Bates vd., 2019).

Son-adım teslimat, tedarik zincirinde en problemlili aşamadır (Juhasz ve Banyai, 2018), genellikle etkin olamayan ve çevre açısından en kirletici sayılan bölümdür (Olsson vd., 2019). Bunun yanında, tedarik zincirlerinde ve lojistikte en maliyetli parçadır (Juhasz ve Banyai, 2018). Jacobs ve diğerleri (2019)'ne göre de toplam tedarik zinciri maliyetlerinin %41'ini oluşturmaktadır (aktaran Moshref-javadi vd., 2020). Goodman (2005), Hochfelder (2017) ve Ranieri ve diğerleri (2018)'ne göre, dağıtım merkezinden müşteriye olan dağıtım, toplam nakliye maliyetinin %28'ine kadar çıkabilmekte, Garcia ve Santoso (2019)'ya göre %28-%52 arasında olabilmektedir. tüm teslimat ağının darboğazı olarak adlandırılabilir son-adım teslimatın, farklı faktörlere bağlı olarak toplam maliyetin %13-%75'ine karşılık gelebileceğini söyleyen çalışmalar da bulunmaktadır (Olsson vd., 2019; Wang vd., 2019).

Son-adım teslimatta etkinlik, müşteri yoğunluğu, teslimatın zaman penceresi genişliği, gönderinin büyüklüğü ve homojenliği, trafik sıkışıklığı gibi birçok faktöre bağlıdır (Olsson vd., 2019). Bu faktörler, planlamayı da zorlaştırır. Özellikle kentsel alanlarda, çok sayıda teslim noktasının varlığı problemi karmaşık hale getirmektedir. Bu noktada, özellikle hızlı ve sık teslimat önemli hale gelmektedir. Örneğin, bir saat içinde teslimat gibi söylemler, perakendeciler, pazar payı ve müşteri bağlılığı için önemli olmakta ve bu şekilde teslimat bir rekabet unsuru olmaktadır (Moshref-javadi vd., 2020).

Genel kabul gören nokta, son-adım teslimatta bir zaman baskısının söz konusu olduğudur. Zaman-duyarlı ve müşterinin istediği zamanda olması, temel özelliğidir (Goodman, 2005). Son-adım teslimatta zaman penceresi önemli bir unsurdur. Müşteriler kapıya bırakılan paketlerdense, imza karşılığı kendilerine teslim edilen teslimatları talep etmekte, ancak tüm gün bu paketi beklemeyi de istememektedir. Bu sebeple, tek seferde doğru bir teslimatı başarmak, temel gerekliliktir. Ancak birçok müşterinin farklı konumlardaki teslimatlarının ayarlanması kolay değildir (Wang vd., 2019).

Son-adım teslimat, online ticaretle yakın ilişkilidir. Bu işlemdeki depodan müşteriye teslimat, son-adım teslimata örnektir. Son on yılda, online ticaret çok yüksek bir oranda artmış, dağıtım için ihtiyaç duyduğu lojistik sektörü de bundan etkilemiştir. Online perakende satışlarda perakende kazancının, 2020 yılında küresel perakende satışların %15'i kadar olması beklenmektedir (Şekil 1). Yıllık büyüme hızının %21 olarak tahmin edildiği online perakendecilik, özellikle tedarikçiden müşteriye (B2C) dağıtımını, yani son-adım teslimatı artırmaktadır (Garcia ve Santoso, 2019). Buradaki bir diğer sorun, belirli zamanlarda satışlarda çok fazla artış olmasıdır. Örneğin alışveriş festivalleri, özel günler ve düzenlenen indirim günlerinde talep kapasiteyi ciddi oranda aşmakta, ancak bu kapasite gerekliliği uzun sürmemekte, indirim döneminin bitmesi ile talep de düşmektedir (Wang vd., 2019).



Şekil 1. Geleneksel ve Online Küresel Perakende Artışı
Kaynak: Garcia ve Santoso, 2019

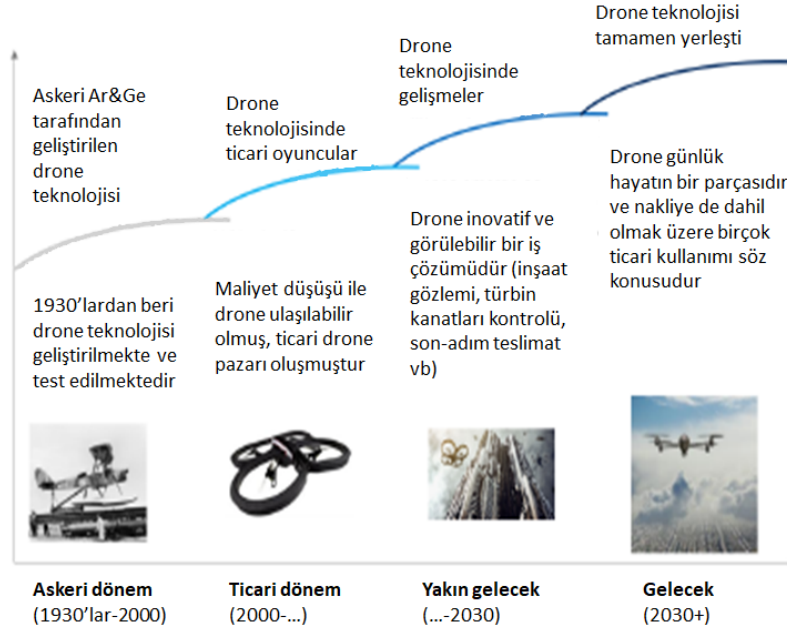
Son-adım teslimatlar, biçim ve ağırlık açısından ürün farklılıkları, farklı teslimat bölgeleri, uzun mesafe, ürünün müşterinin istediği zamanda ulaştırması gerekliliği gibi birçok kısıt sebebiyle, planlama açısından oldukça karmaşıktır. Aynı zamanda bölgesel hava kirliliği ve trafik kalabalığına da sebep olmaktadır. Maliyet açısından bakıldığında da, son-adım teslimatın maliyeti, işletme harcamalarındaki, petrol fiyatlarındaki artış yüzünden yükselmekte, şehirleşme ve maliyetlere bağlı olarak depolar şehir merkezlerinden uzaklaşmakta ve nakliye mesafeleri de artmaktadır. Aynı zamanda rekabet sebebiyle ürün fiyatlarını düşürme baskısı eklendiğinde, bu aşamadaki maliyetlerin düşürülmesi de gereklilik haline gelmektedir (Bates vd., 2018). Online alımlardaki artış da son-adım teslimata dair problemlerin çözümünü daha gerekli hale getirmektedir. Ancak bu kısıtların yanında son-adım teslimat, lojistiğin en inovatif bölümü olarak ele alınabilir (Juhász ve Banyai, 2018). Bu aşamada teknolojinin ve Endüstri 4.0'ın son-adım teslimata dair sağladığı farklı çözümler ile teslim zamanı, maliyet ve çevreye verilen zarar azaltılmaya, yeni birçok yöntem, araç ve çözüm ile bu süreç etkinleştirilmeye çalışılmaktadır. İzleyen bölümde yer alan insansız hava araçları da, bu çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. Drone ve Drone Taşımacılığı

Drone, bir insan pilotu olmaksızın uçabilen küçük araçlardır. Drone temelde bir İnsansız Hava Aracı'dır (Unmanned Aerial Vehicle-UAV). Bazı çalışmalarda RPA (remotely piloted aircraft) olarak da adlandırılmaktadır (bu çalışmada, terim birliği sağlanması açısından drone terimi kullanılacaktır). Drone, sabit bir kullanıcı kontrolü gerektirmeyen, otonom uçan makinelerdir (Rabta vd., 2018). En çok kullanımı askeri

amaçlarıdır, çünkü kritik bölgelerde pilotun hayatını riske atmaksızın ve dinlenmeye ihtiyaç olmaksızın uçuş görevini yerine getirebilmektedirler.

Bazı kaynaklar drone tarihçesini, neredeyse uçakların tarihçesi kadar geçmişe indirse de (Howell, 2018), genel olarak Birinci Dünya Savaşı ilk nokta olarak ele alınır. Birinci Dünya Savaşı sırasında İngiltere ve ABD'de insansız uçaklar geliştirilmiştir. Küçük bir radyo kontrollü uçak olan Aerial Target (İngiliz) Mart 1917'de test edilirken, Kettering Bug (Amerikan) Ekim 1918'de denenmiş, her ikisi de uçuş testlerinde umut vaat etse de, savaş sırasında operasyonel olarak kullanılmamıştır. İkinci Dünya Savaşına kadar olan dönemde insansız uçakların geliştirilmesine ve testlerine devam edilmiştir. 1935'te İngilizler, eğitimlerde hedef olarak kullanılmak üzere bir dizi radyo kontrollü uçak üretmiştir. Bu modellerden biri olan DH.82B Queen Bee'den esinlenilerek şu anki 'drone' teriminin kullanılmaya başlandığı düşünülmektedir (drone, eski İngilizce'de dişi arı ile çiftleşen erkek arıdır (<https://www.merriam-webster.com/dictionary/drone>)). Radyo kontrollü insansız hava araçları da Amerika Birleşik Devletleri'nde üretilmiş ve eğitim ve hedef bulma için kullanılmıştır. Drone'ların askeri kullanımı için geliştirilmeleri devam etmiş ve tuzak görevi görmek, füze fırlatmak gibi rollerde kullanılmıştır. Ardından, diğer ülkelerin de teknoloji geliştirmesi ile birlikte yükseklik, dayanıklılık gibi konularda daha iyi hale gelen drone'lar, güneş enerjisini kullanmak gibi özelliklere sahip olmaya başlamış (<https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>), kullanım alanlarını da genişletmişlerdir (Şekil 2).



Şekil 2. Drone Tarihçesi

Kaynak: Garcia ve Santoso, 2019

Drone'lar son zamanlarda yapabildikleri ve bilişim teknolojisindeki gelişmeler sebebiyle potansiyel işlevsellikleri açısından oldukça popülerdir. Askeri görevlere ek olarak, doğal afetlerde izleme ve yardım, fotoğraf çekmek, ürün teslimi gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar.

İnsani lojistik ve afet lojistiği kapsamında, ihtiyaç duyulan malzemelerin ihtiyaç sahiplerine ulaştırıldığı son-adım lojistiğinde geleneksel araçlara kıyasla zaman kazandırması sebebiyle drone kullanımı söz konusudur. Acil durumlarda haritalandırma, ulaşılması zor olanlara -örneğin dağlar, ormanlar gibi- ulaşılması, hasar tespiti, kargo teslimatı, arama kurtarma, yangın tespiti, görüntü toplama, izleme, yol planlama gibi birçok faaliyette kullanımı yaygındır (Rabta vd., 2018; Sanjab vd., 2019). İhtiyaçların acil teslimatında da, zor arazilerden geçmek, kapalı yolları aşmak, kullanılamayan köprüleri geçmek gibi, acil durumlarda karşılaşılabilecek durumlara ve zamana duyarlı görevlerde çözüm olmaktadır (Rabta vd., 2018). Benzer şekilde, ulaşılması zor veya tehlikeli yerlere gidebilmesi, işçiliği azaltması, bakım maliyeti yüksek olacak taşıtlara ihtiyaç duyulmaması gibi kolaylıklar sağladığından, örneğin aşuların veya önemli ilaçların belirli bölgelere iletilmesinde de kullanılmaktadır (Haidari vd. 2016).

Askeri kullanım amacıyla başlayan drone'lar için 2000'lerden beri yeni bir ticari market oluşmuş ve drone teknolojisi hemen herkesin ulaşabileceği bir duruma ulaşmıştır (Garcia ve Santoso, 2019). Son zamanlarda özellikle perakende ve lojistik sektöründe kullanımı artmaktadır ve izleyen bölümde bu durum detaylandırılmaktadır.

3.Son-adım Teslimat ve Drone Kullanımı

Artan şehirleşme, değişen tüketici davranışları, çok kanallı perakendeciliğin (omni-channel) hızlı büyümesi ve sürdürülebilirliğe daha fazla önem verme, son-adım lojistiğe verilen önemi de artırmıştır. Müşteri ihtiyaçlarındaki değişim arttıkça, son-adım teslimatta hız, esneklik gibi özellikler "olsa iyi olur" durumundan çıkıp, bir beklenti haline gelmiştir.

İnsanların kırsal alandan şehirde yaşamaya geçiş yaptığı, geçmişe göre çok daha fazla insanın şehirlerde yaşadığı bilinmektedir. Birleşmiş Milletler'in tahminlerine göre, 2050 yılına kadar insanların %65'inin şehirde yaşayacağı öngörülmektedir (Shaikh, 2016). Bu sebeple şehirlerin iyi yaşam koşullarının sağlanması ve problemlerinden arındırılması önemlidir. Bu kapsamda şehirlerde gerçekleşecek son-adım teslimatın etkinliğinden daha sık bahsedilmektedir. Şehirlerde trafiğin kalabalıklaşması, online alımların artması gibi unsurlar, teslimatların daha da hızlı, etkin ve güvenilir olmasını gerekli kılmıştır. Bu noktada geleneksel taşıma aracına yoğunlaşan sistemleri daha fazla kullanmak, trafiğin daha kalabalıklaşmasına, karbon emisyonunda artışa ve aynı zamanda teslimat hizmet kalitesinin ve hızının da azalmasına sebep olacaktır. Bu sebeple şehirleşmenin artması ile, teslimatta drone'ların tercih ediliyor olması beklenen bir durumdur (Bates vd., 2018; Moshref-javadi vd., 2020).

Drone kullanımı, bölgelerin ulaşılabilirliğini artırmakta, trafiği karayolundan alıp gökyüzüne yönlendirmektedir. Özellikle kısa sürede yapılması gereken teslimatlarda kullanılabilir (Wang vd., 2019). Kısa sürede teslimatın ve zaman penceresinin önemli olduğu online perakendecilikte müşterinin ücretsiz teslimat beklentisi, bu maliyetlerin satıcı veya taşıma işletmesi tarafından karşılanmasını gerekli kılmıştır. Bu nedenle yeni teknolojileri uygulamak ve süreçlerde iyileştirme sağlamak bir gerekliliktir (Dolan, 2018). Sahip olduğu önem, yüksek maliyet ve karmaşıklık sebebi ile son-adım teslimatta bilişim ve iletişim teknolojileri, zeki taşıma sistemleri, Endüstri 4.0 ve yeni taşıma araçlarından bahsedilmektedir. Yeni teknolojik gelişmelerle drone'lar ticari kullanımda özellikle son-adım teslimatta bir çözüm olarak görülmekte ve online ticaretin etkinliğini de artırıcı bir unsur olarak ortaya konmaktadır. Birçok lojistik ve e-ticaret işletmesi, drone kullanımına başlamıştır. Şekil 3, bu durumu göstermektedir.

Ülke	Şirket	Drone sağlayıcı	Tanım	Zaman
			Parcelcopter ile <1 kg ilaç teslimatı	2013, 12
			Alibaba ve Shanghai YTO Express ile Çin'de belirli şehirlerdeki 450 müşteriye çay teslimatı	2015, 02
			SF Express, Xaircraft drone'ları ile Çin'de teslimat hizmeti	2015, 03
			FPS dağıtım, Sheffield'de IHA kullanarak ilk ticari teslimatını tamamladı	2015, 03
			Rakuten, Chiba'da golf kursunda golf topu, içecek ve tatlı teslimatı yaptı	2016, 04
			Domino's, Yeni Zelanda'da dünyanın ilk drone ile pizza teslimatını gerçekleştirdi	2016, 11
			JD, Pekin, Jiangsu, Shaanxi ve Sichuan'ın uzak bölgelerine dört drone üssü kurarak buradaki yerel halkın Çin'in en büyük satış festivaline katılımını kolaylaştırdı	2016, 11
			Amazon İngiltere'de ilk drone teslimatını yaptı	2016, 12
			İzlanda'nın en büyük online ticaret sitesi AHA, drone için Flytrex ile ortaklığını açıkladı	2017, 08
			Rakuten, Minamisoma'da drone teslimat hizmeti veriyor	2017, 10

Şekil 3. E-ticaret ve Lojistik İşletmelerinin Drone Deneyimleri
Kaynak: Garcia ve Santoso, 2019

Drone kullanım tarihçesine bakıldığında, DHL, 2014 yılında acil ilaç teslimatı için drone kullanımından bahsetmiştir (Garcia ve Santoso, 2019). Online satış anlamında Amazon, drone ile teslimat yapacağını duyuran ilk işletmedir (Yurek and Ozmutlu, 2018). Herkesin duyduğu örnek olarak Amazon prime air hizmetine 2016'da başlamış, hafif yükleri 30 dakikadan az sürede müşteriye teslim etmiştir. 2019'da daha güvenilir ve etkin bir drone teknolojisine geçiş yapmış, yapayzeka sürücüsü sayesinde hayvan ve insanları fark edebilmekte ve manevra yapmaktadır (McFarland, 2020). Drone'lar bunların dışında FedEx, UPS, Matternet, Google, UPS, Alibaba gibi birçok şirket

tarafından halihazırda kullanılmaktadır (Chung vd., 2020; Rabta vd., 2018; Brunner vd., 2019). Bahsedilen şirketler, genellikle, işgücü yoğunluğu sebebiyle maliyeti yüksek bir lojistik adımı olan son-adım teslimatta kullanılmaktadır. Gelecekte de teslimatların %80'inin drone'ları da içeren otonom araçlarla yapılacağı tahmin edilmektedir (McKinsey & Company, 2016). Ağustos 2020 itibarıyla, FAA sertifikası almış üç şirket bulunmaktadır, UPS (tıbbi teslimat, Garcia, 2019), Wing ve Amazon (McFarland, 2020).

Kullanılan ticari drone'ların genel özellikleri aşağıdaki gibidir (Garcia ve Santoso, 2019):

- 30 kg'a kadar paket taşınabilmektedir,
- İlaç, golf topu, yiyecek içecek örneğin pizza, tatlılar gibi, çok çeşitte olabilir,
- Günde 500 pakete kadar taşınabilmektedir,
- Hızı saatte 100 km'ye kadar çıkabilmektedir.

3.1.Drone Kullanımının Avantajları

Drone'lar, geleneksel taşıma araçlarıyla karşılaştırıldıklarında, kısa mesafede düşük maliyet, ulaşım esnekliği, esnek çizelgeleme, insan gücü gerektirmemesi gibi avantajlara sahiptir. Tablo 1, geleneksel kara araçları ile drone'u karşılaştırmaktadır.

Tablo 1. Taşımacılık İçin Drone ve Kamyon Özellikleri

<i>Taşıma modu</i>	<i>Hız</i>	<i>Ağırlık</i>	<i>Kapasite</i>	<i>Mesafe</i>	<i>Enerji tüketimi</i>
Drone	Yüksek	Düşük	Tek	Kısa	Düşük
Kamyon	Düşük	Ağır	Birçok	Geniş	Yüksek

Kaynak: Chung vd., 2020.

Geleneksel araçlardaki statik tek yönlü yol yerine, drone'lar üç boyutta da hareket edebilme esnekliğine sahiptir. Bu sebeple, iki nokta arasında süreyi ve mesafeyi kısaltacak şekilde, çizgi gibi bir rotada hareket edebilir. Trafik kalabalığına girmemesi ve engellerle karşılaşmaması, genellikle ortalama sabit bir hızda ve duraklamadan gitmesini sağlar (Moshref-javadi vd., 2020). Bu sebeple drone'lar kapalı veya yoğun trafiğe sahip yollarda ve ulaşması zor bölgelerde başka yöntemlerle yeri doldurulamayacak bir "erişim" kolaylığı sağlamaktadır. Son-adım teslimatta drone kullanılması, teslimat maliyetlerinde düşüş, sürücü ve araç maliyetlerinin olmaması, örneğin 30 dakika gibi oldukça kısa teslimat süreleri sağlaması ve teslimatı kaçırma/geç teslimat maliyeti oluşması gibi durumları azaltması sebebiyle, kullanılır olmuştur (Aurambout vd., 2019).

Son-adım teslimatta drone kullanımının avantajları maliyet düşüklüğü, ulaşım alanının geniş olması ve teslimat süresinde azalma olarak özetlenebilir. Tüketici açısından ise, drone teslimatı esnek teslimat süresi, bilgi izlenebilirliği gibi beklentileri karşılayabilecek şekilde cep telefonu uygulamalarıyla da birleştirilebilmektedir (Aurambout vd., 2019).

3.2.Drone Kullanımının Dezavantajları

Garcia ve Santoso (2019), drone taşımacılığı hakkındaki problemleri üç temel başlıkta ele almaktadır:

- Yasal konular: Örneğin ABD düzenlemelerine bakılırsa, devlet kurumları ve insanlar üzerinde uçuş gerçekleştiremez, havaalanları yakınında uçuşu izne tabidir, geceleri uçuş yapılamaz, 120 metreden alçakta uçmalıdır, 160 km/saat hızını aşmamalıdır.
- Kapasite: drone yük taşıma kapasitesi 5-7 kg arasındadır.
- Mesafe: drone yük taşıma mesafesi: 15-20 km ile sınırlıdır.

Drone'ların bugünün pil teknolojisi ile belirli bir süre uçabilmesi, sınırlı bir mesafeye ulaşabiliyor olması ve yük taşıma kapasitesi, taşımalarda kullanımında ek çözümlerin de uygulanmasına sebep olmuştur. Araç üreticileri ve lojistik işletmeleri, Mercedes-Benz ve UPS gibi, geleneksel araçlarla drone'ları birlikte kullanan çok-modlu teslimat modellerini uygulamaya başlamışlardır (Moshref-javadi vd., 2020; Yurek and Ozmutlu, 2018). Bu sistemlerde geleneksel araç (örneğin kamyon) mobil nokta olarak drone'ları taşımakta, teslimat noktalarına hizmetini gerçekleştirdikten sonra da drone'ları toplamaktadır. Dolayısıyla kullanılan drone sayısı azalmakta ve teslimat mesafeleri ve taşınan yük miktarı artmaktadır.

Drone ile teslimat esnek ve karlı olabilirken, yukarıdaki kısıtlara ek olarak kişisel gizlilik, güvenlik ve yasal düzenlemeler gibi kısıtları da bulunmaktadır (Brunner vd., 2019). Literatürde drone kullanımı ile ilgili sınırlamaları derleyen Chung ve diğerleri (2020), problem ve engelleri aşağıdaki gibi özetlemişlerdir:

1. Kişisel gizlilik: Toplum tarafından drone'lar kişisel gizlilikte ciddi bir tehlike olarak algılanmaktadır. Günlük hayatta drone kullanımı düşünüldüğünde, polis gibi güvenlik güçlerinin kontrolleri, trafik yönetimi, olay öncesi ve sonrası denetim, doğa koruma çalışmaları vb., drone'ların her yerde olmasına sebep olmaktadır. Drone'ların görevleri sırasında çektiği çok sayıda fotoğraf, aslında habersiz ve izinsiz çekilmiş durumdadır. Etrafta drone varlığı, insanların tedirgin ve gözetleniyor hissetmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple drone'ların operasyonları için yasal düzenlemeler yapılmaya devam etmektedir.
2. Güvenlik (security) konuları: Drone'lar için siber ve fiziksel güvenlikten bahsedilebilir (Sanjab vd., 2019). Hem drone güvenliği, hem de veri güvenliği ile ilgili bazı problemler söz konusu olabilir. Drone'lar iletişim kurma gereklilikleri sebebiyle, siber saldırılara maruz kalmaktadırlar. Drone'ların siber-fiziksel saldırılarda kullanımı, hem kamu hem de özel sektör için endişe verici olabilir. Drone'ların güvenli ve özel bölgelere ulaşabiliyor olması, kötü amaçlı kullanımı daha kritik hale getirmektedir (Sanjab vd., 2019). Drone tarafından toplanan verilerin ele geçirilmesi durumunda da, örneğin kişisel verilerin ticari kurumlara izinsiz satılması, sosyal ağlarda yayınlanması veya ulusal güvenlik kurumlarında kullanılması halinde, kişisel özgürlüklerin ihlali

söz konusu olmaktadır. Toplanan veriler örneğin hassas bir tesis hakkında ise, siber ve fiziksel saldırı amacıyla kullanılabileceğinden, drone'ların güvenlik konusu ciddiye alınmaktadır.

3. Emniyet (safety): Bu sorun, güvenlik konusu ile birlikte değerlendirilebilir. Drone'un yasal olmayan şekilde ele geçirilerek, güvenli olmayan şekilde yönetilmesi, kazalara sebep olabilir. Drone'ların farklı yüksekliklerde uçuşması, geçici olarak çözüm olarak görünse bile, drone sayısının artışı ve iniş ve kalkıştaki olası kazalar, problem olarak görülmektedir. Dolayısıyla uçuş emniyetinin sağlanması için senaryolar, çözümler ve kurallar tasarlamaya devam edilmektedir.
4. Çevresel konular: Drone'ların sebep olduğu ses, vahşi yaşamda strese sebep olduğundan psikolojik açıdan olumsuz etkisi bulunmaktadır. Bu stresin uzun sürmesi durumu, özellikle hamile ve yeni doğmuş hayvanlarda daha önemli olabilir. Bir diğer tehlike, drone'ların artan sayısı ile, karayollarındaki benzer şekilde kazaların olması, kuşlara ve diğer hayvanlara çarpması tehlikesidir. Yarattığı görüntü ve gürültü kirliliğine ek olarak çevreye bir diğer etkisi, karbon salınımıdır. Genel kullanımda, drone'lar elektrikle şarj edilse de, pil ve araç üretim sürecinde yine karbon emisyonuna sebep olmaktadır. Bu durum özellikle artan ve uzun mesafede kullanılan drone sayısına bağlı olarak önemli bir problem haline gelebilir.
5. Teknolojik konular: Uçuş mesafesi, pil ömrü, taşıma kapasitesi gibi konular, operasyonel anlamda sınırlama oluşturmaktadır. Teknolojik konular, bahsedilen diğer konularla bağlantılıdır çünkü teknik bir problem, güvenlik veya emniyet konusunda da soruna sebep olabilir.
6. Sosyoekonomik konular: Drone ve otonom kamyonlar insan gücü yerine kullanıldığında, işsizlik gibi bazı ekonomik problemlere de sebep olabilecektir. Bu noktada bir yandan da yeni işlere ve yeni yeteneklere ihtiyaç olacaktır. Yeni teknolojilere uyum sağlamak, kamu algısını ve kabulünü oluşturmak da, bir diğer konu olarak görülebilir.

4. Drone Kullanımının Geleceği

Drone gibi insansız araçlar, özellikle taşıma sürecinde kullanılırken maliyet azaltma ve etkinliği artırma gibi avantajlar sağlasa da, uygulama aşamasında halen çözülmesi gereken birçok probleme sahiptir, uygulama alanı sınırlıdır ve noktadan-noktaya teslimata uygundur (Wang vd., 2019).

Drone kullanımı hakkında hem pratikte hem de teorik çalışmalarda gelecekte yapılması gereken birçok iyileştirmeden bahsedilebilir. Örneğin, çevre açısından bakıldığında mesafe kısa ve teslimat birkaç müşteri ile sınırlıysa, daha avantajlı olan drone taşımacılığı, mesafenin uzaması ve müşteri sayısının artması ile birlikte kamyon kullanımından daha kirletici hale gelebilir. Dolayısıyla, özellikle heterojen filolarda, amaç fonksiyonunu çevre ile ilgili hale getirerek, enerji ve çevre konusu da incelenebilir. Dış koşullar, özellikle aşırı sıcaklık, sis, nem, rüzgâr gibi faktörler, drone'un pil ömrü, uçuş mesafesi, hız gibi özelliklerini etkileyebilir ve belirsizlik

oluşabilir. Bu belirsizlikler, drone güvenliği ve emniyetini azaltabilir, çizelgeleme ve planlamayı zorlaştırabilir (Chung vd., 2020). Modelleme aşamasında bu gibi belirsizlik kısıtlarının da dâhil edilmesi, modellerin iyileşmesini sağlayacaktır.

Literatürdeki genel çalışmalara bakıldığında, drone kullanımı, eğer sistemin kurulum ve bakım maliyetlerini karşılayabilecek kadar sıklıkla kullanılabilirse, mantıklı görünmektedir (Haidari vd. 2016). Son-adım teslimatta drone kullanımı için literatürde birçok çalışma bulunmaktadır ve üzerinde çalışılmaya yoğunlukla devam edilmektedir. Çözülmesi gereken noktalar özellikle rota çizimi, gerekli drone sayısını belirlemek, drone şarj yerini belirlemek üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu alanlar hakkında, literatürdeki modellerin de iyileştirilmeye devam edilmektedir. Gerçek hayatta geçerli olan kısıtların, örneğin, günün herhangi bir saatinde sipariş verilebilmesi, drone'ların birden fazla müşterinin yükünü taşıması gibi durumların, oluşturulan teorik modelde ele alınabilmesi gereklidir (Chung vd., 2020). Bir diğer konu, modellerin çözümlenmesi için kullanılan yöntemlere ilişkindir. Literatürde modelleme genellikle tamsayılı doğrusal veya karışık-tamsayılı doğrusal programlama ile yapılmaktadır. İkisi de np-hard problemlerdir. Küçük ölçekli problemlerde, örneğin 10 müşteriye kadar, mantıklı bir süre içinde çözüm bulunsa da, daha büyük modellerde ticari paketler (örneğin CPLEX veya Gurobi) tam çözüme ulaşamamaktadır. Bu sebeple farklı sezgiseller geliştirilmiştir ve halen de geliştirilmeye devam edilmektedir (Chung vd., 2020). İlk defa Murray ve Chu (2015) tarafından önerilen, drone içeren gezgin-satıcı problemi bir saatlik çözüm süresinde 10 müşteriden fazlası için çözülemediğinden, çalışmalar devam etmektedir (Yurek and Ozmutlu, 2018).

Bu kapsamda bakıldığında, halen rota ve dağıtım modelleme, diğer araçlarla birlikte ele alarak heterojen filo oluşturma ve planlamanın iyileştirilmesi konusunda çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır (Chung vd., 2020).

Sonuç Yerine

Lojistik sürecinde son-adım teslimat, hava kirliliği ve gürültü, trafik sıkışıklığı gibi birçok soruna sebep olmaktadır. Bu sebeple ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi ve bu aşamanın daha etkin yürütülebilmesi için son-adım lojistiğin daha iyi anlaşılması gereklidir (Olsson vd., 2019). Drone'lar, lojistik operasyonlarında son-adım teslimatta kullanılabilir güçlü teknolojilerdir. Lojistik drone'lar acil veya sık gönderimlerin söz konusu olduğu, küçük paket taşımacılığında ve kırsal alan, dağlık bölge gibi ulaşılması zor bölgelere teslimatta oldukça iyi bir seçenek olarak görülmektedir.

Büyük veri, bulut bilişim ve yapayzeka gibi teknoloji ve araçların gelişmesi, bunları içeren "akıllı lojistik" ve "akıllı şehir" gibi kavramları güçlendirmekte, bu arada da drone taşımacılığının yeri de daha önemli hale gelmektedir. Son-adım teslimatta drone kullanımı, geleneksel taşıma yöntemlerine faydalı bir tamamlayıcıdır. Drone taşımacılığı, verimlilik ve maliyeti optimize ederek modern lojistiğin hizmet kapasitesini yeni bir seviyeye taşıma gücüne sahiptir.

Son yıllarda, özellikle son-adım teslimat optimizasyonu alanında olmak üzere, drone kullanımı ve gelecekteki potansiyel kullanımı üzerine önemli miktarda araştırma yapılmıştır ve bu araştırmaların uygulamada ortaya çıkan problemleri de kapsayacak şekilde daha da artacağı söylenebilir. Drone'lar geleneksel teslimat araçlarının yerine tamamen geçmekten çok uzak olsa da, mevcut süreçleri tamamlamak, hızlandırmak ve iyileştirmek için son-adım teslimatta kullanımının, özellikle talep edildiğinde, değerli ve zaman açısından kritik ürünler söz konusu olduğu durumlarda, gerekli olduğu ve bu alanın gelişime de oldukça açık olduğu belirgindir.

Kaynakça

- Aurambout, J.P., Gkoumas, K., Ciuffo, B. (2019). Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. *European Transport Research Review*, 11, 30 DOI: 10.1186/s12544-019-0368-2.
- Bates, O., Friday, A., Allen, J., Cherrett, T., McLeod, F., Bektas, T., Nguyen, T., Piecyk, M., Piotrowska, M., Wise, S., Davies, N. (2018). Transforming Last-Mile Logistics: Opportunities for more Sustainable Deliveries. CHI 2018, April 21-26, Paper 526, Montréal.
- Bates, O., Friday, A., Allen, J., McLeod, F., Cherrett, T., Wise, S., Piecyk, M., Piotrowska, M., Bektas, T., Nguyen, T. (2018). ICT for Sustainable Last-Mile Logistics: Data, People and Parcels. *EPiC Series in Computing*, XXX, 1-19.
- Brunner, G., Szebedy, B., Tanner, S., Wattenhofer, R. (2019). The Urban Last Mile Problem: Autonomous Drone Delivery to Your Balcony. 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Atlanta, June 11-14.
- Chung, S.H., Sah, B., Lee, J. (2020). Optimization for drone and drone-truck combined operations: A review of the state of the art and future directions. *Computers and Operations Research*, 123, 105004. DOI: 10.1016/j.cor.2020.105004.
- Dolan, S. (2018). The challenges of last mile delivery logistics & the technology solutions cutting costs. *Business Insider*, <https://www.businessinsider.com/last-mile-delivery-shipping-explained?IR=T>. Erişim Tarihi: 27.10.2020
- Garcia, O.S., Santoso, A. (2019). Comparative Evaluation of Drone Delivery Systems in Last-Mile Delivery. https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/121319/Garcia_Santoso_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Erişim Tarihi: 30.09.2020
- Garcia, S.E. (2019). F.A.A. Allows U.P.S. to Deliver Medical Packages Using Drones. *The New York Times*, Oct.2, 2019. <https://www.nytimes.com/2019/10/02/us/UPS-drone-deliveries.html>. Erişim Tarihi: 17.10.2020
- Goodman, R.W. (2005). Whatever You Call It, Just Don't Think of Last-Mile Logistics, *Last. Supply Chain Brain*, December 1, 2005.

- <https://www.supplychainbrain.com/articles/601-whatever-you-call-it-just-dont-think-of-last-mile-logistics-last> Erişim Tarihi: 01.09.2020
- Haidari, L.A., Brown, S.T. Ferguson M., Bancroft, E., Spiker, M., Wilcox, A., Ambikapathi, R., Sampath, V., Connor, D.L., Lee, B.Y. (2016). The economic and operational value of using drones to transport vaccines. *Vaccine*, 34, 4062–4067. DOI: 10.1016/j.vaccine.2016.06.022.
- Hochfelder, B. (2017). What retailers can do to make the last mile more efficient. *SupplyChainDive*, May 22, <https://www.supplychaindive.com/news/last-mile-spotlight-retail-costs-fulfillment/443094/> Erişim Tarihi: 28.09.2020
- Howell, E. (2018). What Is A Drone?. <https://www.space.com/29544-what-is-a-drone.html>, October 03, 2018. Erişim Tarihi: 17.09.2020
- <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>, Erişim Tarihi: 13.09.2020
- <https://www.merriam-webster.com/dictionary/drone>, Erişim Tarihi: 17.10.2020
- Juhasz, J., Banyai, T. (2018). Last mile logistics: an integrated view. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 448, 012026 DOI: 10.1088/1757-899X/448/1/012026.
- McFarland, M. (2020). Amazon gets closer to drone delivery with FAA approval. *CNN Business*. <https://edition.cnn.com/2020/08/31/tech/amazon-drone-faa-approval/index.html> Erişim Tarihi: 11.10.2020
- McKinsey&Company (2016). *Parcel delivery: The future of last mile*. Travel, Transport and Logistics, September 2016.
- Moshref-Javadi, M., Hemmati, A., Winkenbach, M. (2020). A truck and drones model for last-mile delivery: A mathematical model and heuristic approach. *Applied Mathematical Modelling*, 80, 290-318. DOI:10.1016/j.apm.2019.11.020.
- Olsson, J., Hellström, D., Palsson, H. (2019). Framework of Last Mile Logistics Research: A Systematic Review of the Literature. *Sustainability*, 11, 7131 DOI:10.3390/su11247131
- Rabta, B., Wankmüller, C., Reiner, G. (2018). A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 107–112, DOI: 10.1016/j.ijdr.2018.02.020
- Ranieri, L., Digiesi, S., Silvestri, B., Roccotelli, M. (2018). A Review of Last Mile Logistics Innovations in an Externalities Cost Reduction Vision. *Sustainability*, 10, 782 DOI:10.3390/su10030782
- Sanjab, A., Saad, W., Basar, T. (2019). A Game of Drones: Cyber-Physical Security of Time-Critical UAV Applications with Cumulative Prospect Theory Perceptions and Valuations. preprint research, https://www.researchgate.net/publication/331033877_A_Game_of_Drones_Cyber-Physical_Security_of_Time-Critical_UAV_Applications_with_Cumulative_Prospect_Theory_Perceptions_and_Valuations/stats, 02.09.2020 Erişim Tarihi: 30.09.2020

- Shaikh, A. (2016). 65% of All Humans Will Live in Cities by 2050. The UN Wants You to Be Prepared. UN Dispatch, April 04, 2016. <https://www.undispatch.com/65-of-all-humans-will-live-in-cities-by-2050-the-un-wants-you-to-be-prepared/> Erişim Tarihi: 14.09.2020
- Wang, F., Wang, F., Ma, X., Liu, J. (2019). Demystifying the Crowd Intelligence in Last Mile Parcel Delivery for Smart Cities. IEEE Network, March/April. 10.1109/MNET.2019.1800228
- Yurek, E.E. & Ozmutlu, C. (2018). A decomposition-based iterative optimization algorithm for traveling salesman problem with drone. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 91, 249-262. DOI: 10.1016/j.trc.2018.04.009