

# Metropol Bölgelerde Lojistik Tesislerin Merkezileştirilmesi Kararının Çevresel Etkileri

**İsmail ÖNDEN**

Okan Üniversitesi, Tuzla Kampüsü, 34959 Tuzla İstanbul

Tel: (216) 677 16 30

E-Posta: ismail.onden@okan.edu.tr

**Fahrettin ELDEMİR**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Yıldız Kampüsü, 34349 Beşiktaş İstanbul

Tel: (212) 383 70 70

E-Posta: eldemir@yildiz.edu.tr

**Metin ÇANCI**

Okan Üniversitesi, Tuzla Kampüsü, 34959 Tuzla İstanbul

Tel: (216) 677 16 30

E-Posta: metin.canci@okan.edu.tr

## Öz

Lojistik merkez kavramı uzun yıllardır literatürde yer almaktadır. Bu kavram ile genellikle maliyet odaklı çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Maliyet faydasına ek olarak, çalışmaların çevresel fayda ürettiği de belirtilmektedir. Metropol bölgelerde yoğun nüfus nedeni ile talebin yüksek olduğu ve bu nedenle de lojistik faaliyetlerin diğer bölgelere göre daha fazla gerçekleştiği bilinmektedir. Lojistik faaliyetlerin genellikle karayolu ile gerçekleştiriliyor olması nedeni ile çevreye olumsuz etkilerinin olacağı da açıktır. Bu nedenle olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için farklı yaklaşımların değerlendirilmesi gereklidir. Çalışma kapsamında merkezileştirme kavramının metropol bölgelerdeki lojistik tesisler için kullanılması sonucunda çevresel etkilerde nasıl değişim yaşanacağını tespit edilmesi araştırılmaktadır. Bu kapsamda bir metod önerisi gerçekleştirilmiş ve merkezileştirme seviyesine göre çevresel etkilerin ne şekilde gerçekleştiğinin tespiti amaçlanmıştır. Problem çözümü için, öncelikle Coğrafi Bilgi Sistemleri ile çalışma alanının ağ yapısı tespit edilmesi ve bu ağ üzerinden orijin-destinasyon(OD) matrisi elde edilmesi önerilmiştir. Ardından modelleme yaklaşımı ile çevreye olumsuz etkinin en küçüklenmesi amaç olarak belirlenerek, merkezlerin tespit edilmesi ve araç hareketleri ile salınan gaz miktarları tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında lojistik faaliyetleri dağınık yapıda gerçekleşen İstanbul çalışma alanı olarak kabul edilmiş ve analizler İstanbul özelinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmaların sonucunda, İstanbul'da merkezileştirme kararı alınmasının çevresel olarak fayda üreteceği; ancak merkezileştirme seviyesinin de dikkate alınması gerektiği sonucu elde edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Lojistik merkezileştirme, ulaşırma ve çevresel etki, Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS), tesis yeri değerlendirmesi

## Giriş

Şehir içinde gerçekleştirilen lojistik faaliyetlerinin yaşam kalitesine olumsuz etkileri olacağı kolaylıkla tahmin edilebilir. Bu sıkıntılardan en başlıcası trafik, ardından ikincil olarak nitelendirilebilecek olan etkileri parasal kayıp ve çevreye salınan zararlı gazlar olarak ifade edilebilir. Oluşan sıkıntıların çözülmesi şehir nüfusunun talebi olması nedeni ile yerel ve merkezi hükümetlerinde en önemli problemleri olmaktadır. Trafikğin oluşturmuş olduğu zaman kaybı, güncel olarak haber değeri taşıması nedeni ile sıklıkla haberlere konu olması, yatırımları bu problemi çözme noktasına yönlendirmesine neden olmaktadır. Problem çözümü konusunda dikkate alınan en temel çözüm argümanı yeni yol inşaatı yatırımlarının gerçekleştirilmesidir. Bu kapsamda milyar dolar bütçelere sahip çeşitli projeler tamamlanmış ve halen inşaat aşamasındadır.

Belirtildiği üzere, trafikğin şehirlerin en temel problemlerinden biri olması nedeniyle, probleme etki eden nedenlerin araştırılması farklı açılardan gerçekleştirilmiş ve lojistik alanında çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Awasthi, metropol bölgelerde, yük hareketliliği nedeni ile trafikğin oluştuğunu tespit etmiştir(Awasthi, Chauhan, & Goyal, 2011). Wagner'in Hamburg'da gerçekleştirmiş olduğu çalışması(Wagner, 2010) göstermektedir ki, stratejik değerdeki lojistik tesislerin konumlandırılması, tırların dolaşmış oldukları kilometreleri düşürmekte ve trafikğin düşürülmesinde etkili olmaktadır. Dablanc ise (Dablanc, 2007), farklı tiplerdeki yük hareketliliklerinin (posta, atık ürünler, üretim maddeleri, v.b.) sürekli olarak şehir üzerinde hareketliliğe neden olduğunu ve bu hareketliliğin toplam şehir trafikğinin dörtte birini oluşturduğunu tespit etmiştir. Dablanc'ın çalışmasında(Dablanc, 2007) dikkat çeken bir diğer sayısal veri ise, şehir içerisinde olan yük hareketlerinin araç hareketliliğinin %20 ila %30'unu kapsadığı, ancak çevreye olan etkilerinin %16 ila %50 arasında olduğudur(Dablanc, 2007).

Problem çözümü kapsamında ulaşım ağının çeşitlendirilmesi, uzunluğunun artırılması ve kapasitesinin artırılması önemli bir araçken, mevcut ağın daha iyi kullanılması da bir diğer argüman olarak değerlendirilmelidir. Bu kapsamda, mevcut sistemin verimliliğinin artırılması da probleme olumlu etki edecek araçlardan bir tanesi olabilecektir. Literatürde çeşitli karar seviyelerinde değerlendirilmiş olan merkezileştirme kavramı ifade edilmiş olan mevcut durumun iyileştirilmesine örnek olarak kullanılabilir niteliktedir. Literatürde envanter merkezileştirme genel olarak işletmelerin tesis sayısının azaltılması durumunda ortaya çıkacak olan iyileştirmelere odaklanmaktadır. Çalışma kapsamında ise şehir planlanması kapsamında stratejik bir karar olarak lojistik tesislerin, belirli bölgelerde organize lojistik bölgelerde konumlandırılmasına odaklanmaktadır.

Lojistik merkezlerin konumlandırılması ile ilgili çalışmalar literatürde araştırılmış olan çalışma konularındandır ve problemin çözülmesi için çeşitli çözüm araçları kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde sıklıkla çok kriterli karar verme yaklaşımlarının kullanıldığı görülmüştür. (Zak & Węgliński, 2014), lojistik merkez yer seçimi probleminde Electre tekniğın, (Kayıkcı, 2010) ise bulanık AHP ile birlikte yapay sinir ağları yaklaşımını kullanmıştır. (Li, Ye, Chen, Li, & Liu, 2011) bulanık TOPSIS yaklaşımına dayanan bir metot önerisi gerçekleştirmiştir. (Eryürük, Kalaoğlu, & Baskak, 2012) Marmara bölgesinde, tekstil sektörüne hizmet verecek bir lojistik merkez için AHP tekniği ile alternatifler arasından en iyisinin seçilmesini gerçekleştirilmiştir. (WANG & HE., 2009) ise, daha önce belirtilmiş olan yaklaşımlardan farklı olarak, lojistik merkez kararı için belirsiz çevre durumunu dikkate almışlar ve stokastik bir model önerisi gerçekleştirmiştir. (Önden, Eldemir, & Çancı, 2014) ise metropol bölgelerdeki lojistik tesislerinin dağılım desenini analiz etmiş ve İstanbul'da yer alan lojistik tesislerin belirli bölgelerde kümelenmiş durumda olduğunu mekansal istatistik analizi ile tespit etmiştir.

Çalışma kapsamında, şehirlerdeki lojistik hareketliliklerin belirli bölgelerden sağlanmasının dolaşılan araç kilometrelerini nasıl etkilediği araştırılacaktır. Bu kapsamda, mesafe ve lojistik yoğunlukları coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tarafından belirlenecek ve dolaşılan kilometreler

ise (Hakimi, 1964) tarafından önerilmiş olan p-medyan modeli ile araştırılacaktır. Modelin çözümü sonucunda elde edilen dolaşılacak minimum mesafelerin, zararlı gaz çıktıklarına çevrilmesi sonucunda, merkezileştirme seviyesi sonucunda ortaya çıkacak olan zararlı gaz miktarlarının teorik olarak karşılaştırma olanağı ortaya çıkacaktır. Hesaplamanın teorik arka planının ifade edilebilmesi için bir sonraki bölümde analiz araçlarının arka planına ve matematiksel ifadelerine yer verilmiştir. Metodolojik açıklamanın ardından, vaka çalışması ifade edilmiş ve sonuç bölümü ile çalışma sonlandırılmıştır.

## Metot

Çalışma kapsamında, dağınık yapıdaki tesislerin belirli bölgelerde kümelenmesi sonucunda oluşan çevreye etki irdelenmektedir. Çalışma iki aşamada tamamlanacaktır. Bunlardan ilki gerekli analiz verilerinin üretilmesi ve toplanması, ikincisi ise kurulacak olan matematiksel model ile ortaya çıkan etkinin tespitidir. Bu kapsamda öncelikle Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) yeteneklerinin ilki olarak mesafe matrislerinin üretilmesi, lojistik hareketliliğin tespit edilmesi ilk aşama olarak belirlenmiştir. CBS yeteneklerinin ikincisi ise lojistik tesislerin yoğunluğunun belirlenebilmesi için sıcak nokta analizi ile lojistik yoğunluklarının tespiti gereklidir. İkinci aşama olarak, p-medyan modelinin problem yapısına uygun olarak kurulması, elde edilmiş olan veri kaynaklarının modelin içerisine yerleştirilmesi ve ardından çözülmesi ile ortaya çıkan zararlı gaz miktarlarının tespit edilmesi gereklidir.

Bu kapsamda, mesafe miktarları için coğrafi bilgi sistemleri yeteneklerinden ağ analizinin kullanılması gereklidir. Ağ analizi, (Dijkstra, 1959) algoritması ile çalışmakta ve nXnlik mesafe matrisinin hesaplanabilmesini sağlamaktadır. CBS yetenekleri ile aday noktalar arasında yer alan hareketliliklere ek olarak, genel olarak şehir içerisindeki yük hareketliliğinin belirlenmesi gereklidir. Dijkstra algoritması (Christou, 2011) tarafından detaylıca incelenmiştir. Analizin aşamaları aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

- Adım 1: Coğrafi veri üretimi & toplanması,
- Adım 2: Coğrafi veritabanının kurulması ve uygun modifikasyonların yapılması,
- Adım 3: Talep ve arz noktalarının belirlenmesi ve veri tabanına girilmesi,
- Adım 4: CBS arayüzü kullanılarak en kısa mesafelerin hesaplanması,
- Adım 5: OD matrisinin elde edilmesi.

Elde edilecek olan OD matrisi, merkezileştirme seviyesinin belirlenmesi ile p-medyan modeli içerisinde kullanılacaktır. Dolayısı ile hem merkezileştirme seviyesi, hem de yerleşim kararlarının verilmesi amacı ile üretilmiş olan coğrafi bilgi kullanılacaktır.

CBS analizlerinden ikincisi, mekansal istatistik yeteneklerinden olan sıcak nokta analizidir. Sıcak nokta analizi iki aşamada tamamlanabilir. Bunlardan ilki, mevcut analiz yüzeyinin durumunun analizidir. İlk aşama sonucunda, kümelenmiş olduğu istatistiki olarak tespit edilmiş olan yüzeyin, istatistiki olarak sınıflandırılması sağlanabilir. Analizin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle analiz yüzeyinin alt parçalara ayrılması ve gerçekleşen aktivitelerin değerlendirilebilmesi için değerlendirme kümesi oluşturulmalıdır. Ardından her alt birime düşen istatistiğin hesaplanmasına geçilmelidir. Moran's I indeksi, mevcut araştırılan niteliğin kümelenmiş mi, yoksa dağınık yapıda mı olduğunun test edilmesi için gereklidir. I istatistiği mekan üzerinde sıcak noktaların tespitinde kullanılacaktır. Denklem 1'de ifade edilmiş olan hesaplamada,  $w_{ij}$  lokasyon i ve lokasyon j'nin yakınlıkla ilgili ağırlığı olarak, lokasyon ifade edilmiştir, ( $w_{ii}=0$  olduğunda,  $x_i$  lokasyon j'deki severity indeksi),  $x$  global

medyan değeri, n ise toplam değerlendirmeye alınan öznelik sayısıdır. I istatistiğinin belirgin olup olmadığının testi Z istatistiği ile gerçekleştirilmelidir (Denklem 2).

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij})(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)} \quad \text{Denklem 1}$$

$$Z(G_i^*) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad \text{Denklem 2}$$

Analiz yüzeyinin istatistiki olarak belirgin şekilde yoğunluğunun tespit edilmesinden sonra, kümeleme işlemi gerçekleştirilecektir, sıcak nokta analizi ile Getis-Ord  $G_i^*$  istatistiğine göre istatistiki olarak kümeler ayrılabilir (Getis & Ord, 1992). Analiz sonucunda yüzey değerlendirmesi sonucunda genele ait bir sonuç elde edilmekte ve yerel olarak bir bileşenin değeri yüksek olarak bulunmuş olsa da, genelde bir değişim yaratmadığında o bölgenin sıcak bölge olarak tespit edilmesi engellenebilir. İstatistiki olarak sıcak nokta olarak değerlendirilebilmesi için, bölgenin civarındaki diğer bileşenlerin de yüksek değer taşıması gerekmektedir. Bir bileşenin yerel toplamı ve civar bölgelerinin değeri, oransal olarak tüm bölgeleriyle beklenen değerden büyük bir farklılık gösterdiğinde karşılaştırılır ve bu değer eğer istatistiki olarak rastgele dağılım olmasını engelleyebilecek kadar belirginse, belirgin bir z değeri elde eder. Sıcak nokta analizi ile detaylı hesaplamaları için bkz.: (Truong & Somenahalli, 2011). Getis-Ord istatistiği, sıcak noktaların tespiti için kullanılır. Matematiksel olarak Getis-Ord  $G_i^*$  istatistiğinin matematiksel ifadesi Denklem 3 ve 4'te ifade edilmiştir;

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} (d) x_j}{\sum_{j=1}^n x_j} \quad \text{Denklem 3}$$

$$Z(G_i^*) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad \text{Denklem 4}$$

Sıcak nokta analizi ile Getis-Ord  $G_i^*$  istatistiği veri setindeki her bir bileşen için hesaplanır. Sonuç olarak elde edilen z ve p değerleri, bileşenin yüksek veya düşük mekansal kümelerde olduğunu ifade etmektedir. Bu araç her bir bileşenin civarındaki bileşenler bağlamında değerlendirmesini sağlamaktadır. Dolayısı ile bir bileşenin yüksek değerde olması enteresan olarak görülebilir, bu durum onun istatistiki olarak belirgin bir sıcak nokta olarak tespit edilmesini engelleyebilir. İstatistiki olarak sıcak nokta olarak değerlendirilebilmesi için, bölgenin civarındaki diğer bileşenlerin de yüksek değer taşıması gerekmektedir. Bir bileşenin yerel toplamı ve civar bölgelerinin değeri, oransal olarak tüm bölgeleriyle beklenen değerden büyük bir farklılık gösterdiğinde karşılaştırılır ve bu değer eğer istatistiki olarak rastgele dağılım olmasını engelleyebilecek kadar belirginse, belirgin bir z değeri elde eder. Getis-Ord  $G_i^*$  formülasyonu Denklem 5-7'te ifade edildiği gibidir (ESRI, 2014);

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} X_j - X \sum_{j=1}^n W_{ij}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n W_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n W_{ij})^2]}{n-1}}} \quad \text{Denklem 5}$$

$x_j$ , j bileşeni için öznelik değeridir. n adet bileşen olduğunda,  $w_{ij}$  i ve j bileşenleri arasındaki mekansal ağırlık olarak.  $G_i^*$  istatistiği bir z-değeri olduğu için daha farklı bir hesaplama gerektirmez.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

Denklem 6

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

Denklem 7

CBS analizlerinin sonuçları p-medyan modeli ile birleştirilmiş ve tırların dolaşmış oldukları kilometrelerin en küçüklenmesi amaç fonksiyonu ile mesafeler tespit edilmiştir. P-medyan problemi; p adet tesisin n adet düğümden oluşan şebeke üzerinde minimum maliyet oluşacak şekilde yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu tesislerden hizmet alacak talep noktalarının belirlenmesi problemidir. Bu mesafe minimizasyonunu sağlayan model, aşağıda, denklem 8-13 ile ifade edilmiştir. Modelde karar değişkeni  $Y_{ij}$ , orijin  $i$  ile destinasyon  $j$ 'de hizmet durumu olmasını,  $X_i$  ise tesisin kurulum durumunu tanımlayan tamsayılı ifadedir.

#### Parametreler

- $d_{ij}$  orijin  $i$  ile destinasyon  $j$  arasındaki mesafe miktarı  
 $h_i$   $i$  noktasına ait ağırlık değeri  
 $P$  kurulmasına karar verilmiş merkez sayısı

#### Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min. } Z. \sum_k \sum_j^n h_i d_{ij} Y_{ij}$$

Denklem 8

#### Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = 1, \forall i$$

Denklem 9

$$\sum_{j=1}^n X_j = P$$

Denklem 10

$$Y_{ij} - X_j \leq 0, \forall i, j$$

Denklem 11

$$Y_{ij} \in \{0,1\}, \forall j$$

Denklem 12

$$X_j \in \{0,1\}, \forall i, j$$

Denklem 13

CBS analizleri ile elde edilmiş olan veriler ve p-medyan modeli ile belirlenmiş olan tesis konumları ile belirlenmiş olan konumlar sonucunda ortaya çıkacak olan hareketlilik, gaz salımı ve bölgeler arasında gerçekleştirilen araç hareketlilikleri ile çarpılarak toplam çevreye etki ölçülmelidir.

Tamamen dağınık yapıdaki tesisler, orijin noktasından destinasyon noktasına taşıma yaptıklarında, destinasyon noktasındaki talepleri de geri taşıyabileceğinden, diğer bir deyişle ilgili nokta orijin olarak kabul edildiğinde ilk hareketin olduğu bölge o nokta için destinasyon olacağından, toplam mesafelerin yarısı sistemin taşıma maliyeti olacaktır. Bu durum model yapısındaki özel durumu ifade eder. Bu durumda da toplam mesafe adedi  $n^2$  olacak ve tek tesis kurulması durumunda  $n^2$  adet bağlantının mesafelerinin yarısına eş değer olacaktır.  $p=2$  durumunda ise, bu özel durum ortadan kalkacaktır. İki durumu ifade eden matematiksel ifadeler,  $t_{ij}$ 'nin yük hareketliliğini ifade ettiği, Denklem 14 ve 15'te ifade edilmiş olduğu gibidir.

$$(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (d_{ij})) * t_{ij} / 2$$

Denklem 14

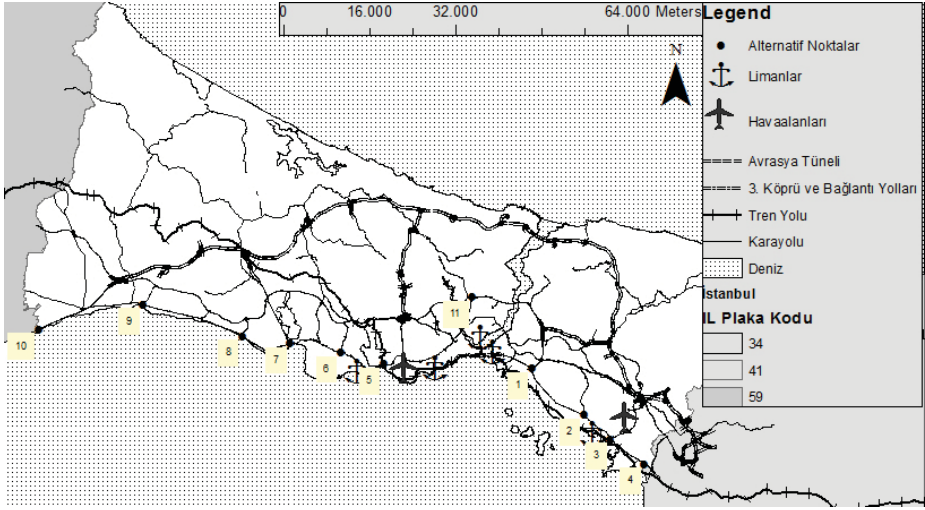
$$(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (d_{ij})) * t_{ij}$$

Denklem 15

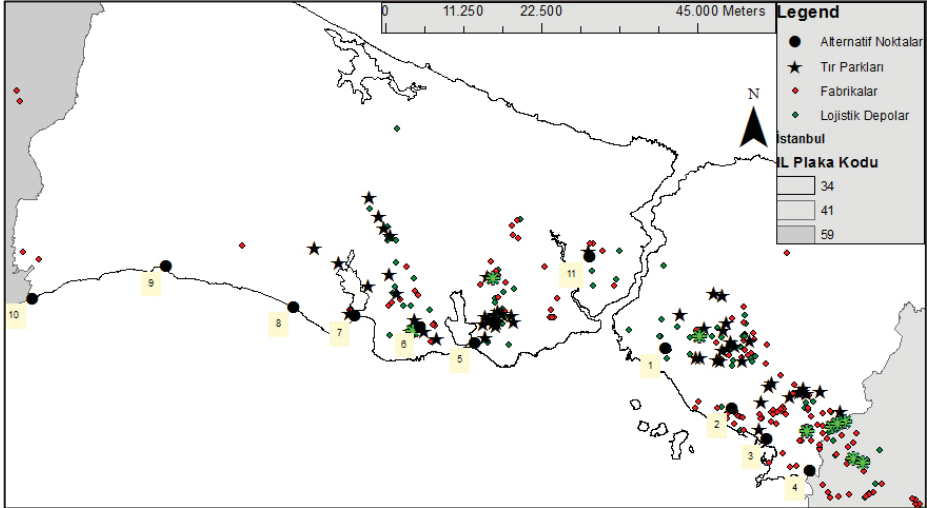
## Uygulama

Metodoloji kapsamında analizlerin gerçekleştirilme adımları açıklanmıştır. Bu bölümde ise, analizlerin İstanbul ili özelinde gerçekleştirilmesi sağlanacak ve kurulmuş olan 11 düğümlü şebeke üzerinde, teorik olarak ortaya çıkan değişimler gözlenecektir. Bu kapsamda analiznin gerçekleştirileceği şebeke yapısı ve alternatif noktalar Şekil 1’de ve çalışma alanında yer alan tır parkları, fabrikalar, lojistik depolar gibi lojistik hareketlere neden olan tesisler ise Şekil 2’de görsel olarak ifade edilmiştir.

Şekil 1.Çalışma alanındaki ulaşım altyapısı ve alternatif noktalar

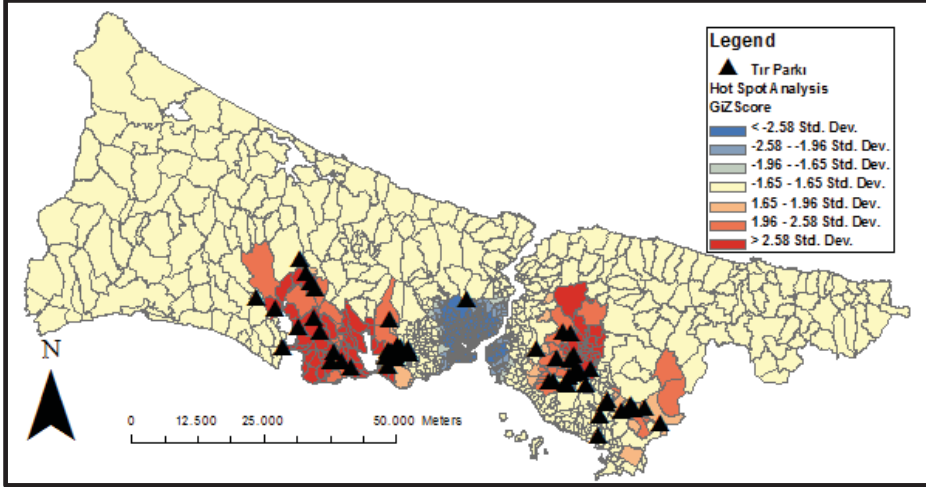


Şekil 2. Çalışma alanında yer alan lojistik tesisler



CBS'nin belirtilmiş olan analiz adımlarından ilki alternatiflerin arasında yer alan mesafe matrisinin üretilmesidir. CBS kullanılarak, Şekil 1'de yer alan ulaşım ağını baz alan bir şebeke kurulmuş, şebeke üzerinde ulaşım hiyerarşisi dikkate alınarak mesafeler belirlenmiştir. Mesafelerin belirlenmesinden sonra metodolojide CBS'nin ikinci adımı olarak ifade edilen kümeleme analizini dikkate almıştır. Lojistik tesislerin kümeleme analizi, sıcak nokta analizine göre gerçekleştirilmiş olan, Şekil 3'te görsel olarak ifade edilmiş olan, (Önden et al., 2014)'in çalışmasında tır parklarının konumları ve tır park etme kapasitelerine göre elde edilmiş olan harita analizler için esas kabul edilmiştir.

Şekil 3. İstanbul'daki tır parklarının istatistiki kümeleme (Önden et al., 2014)



Gerekli verilerin elde edilmesinden sonra, dolaşılacak mesafeler p-medyan modeli ile konumlandırılacak tesisin en merkez olması şartını sağlayacak şekilde tespit edilmesi sağlanacaktır. Bu kapsamda, denklem 1-5'te matematiksel olarak ifade edilmiş olan modelin çözümü gerçekleştirilmiş ve elde edilmiş olan mesafeler denklem 6-7 ile toplam dolaşılacak mesafelere ve toplanan zararlı gaz miktarlarına çevrilmiştir. Zararlı gaz miktarları Tablo 1'de ifade edilmiş olan, (Çetin, v.d 2006) çalışması kapsamında tespit edilmiş olan tırların İzmit ili çevresinde salmış olduğu zararlı gaz miktarları ile sayısallaştırılmıştır.

Tablo 1. Araçların salmış oldukları zararlı gaz miktarları (90 km hız esnasında) (Çetin, Karademir, Pekey, & Ayberk, 2006)

Araç Tipi	Birim	PM	NOX	CO	VOC
Dizel Kamyon 7,5t<Weight<16t	g/km	0,44	4,13	1,95	0,96
Dizel Tır Weight>32t	g/km	0,57	12,41	1,95	0,96
Dizel Otobüs	g/km	0,41	7,95	1,8	1,02

Tablo 2, 1 ila 5 tesis arasında, ortaya çıkan zararlı gaz miktarı değişimini tespit eden tablodur. Bu tablodaki hesaplama, toplanan dolaşılacak mesafe, araçların ortaya çıkarmış oldukları zararlı gazlar, şehir içerisindeki tır hareketliliği dikkate alınarak tespit edilmiştir. Bu kapsamda kullanılan veriler, Karayolları 1. Müdürlüğü'nden elde edilmiş olan veriler araçların paralı geçiş

gişelerinden geçişlerinden elde edilmiştir. Elde edilmiş olan veriler sonucunda günlük 30000 hareketin olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilmiş ve üretilmiş olan veriler ile birlikte model iki aşamada çalıştırılmış ve elde edilen dolaşım mesafeler de bu iki farklı çözüm sonucunda belirlenmiştir. Modelin ilk çözümü lojistik mesafeler dikkate alınmadığında ortaya çıkan dolaşım mesafeleri ifade etmekte ve ikinci çözüm ağırlıklandırılmış dolaşım mesafeleri ifade etmektedir. Tablo 2, analizler sonucunda elde edilmiş olan toplam dolaşım mesafeleri ve bu mesafelerin, Şekil 3'te tespit edilmiş olan küme değerleri ile çarpılmaları sonucunda ortaya çıkmış olan değerleri ifade etmektedir.

Tablo 2. Optimizasyon modeli sonucunda elde edilmiş olan dolaşım mesafe miktarları

T. S.	Ağırlıklandırılmamış Amaç Fonksiyonu Sonuçları		Ağırlıklandırılmış Amaç Fonksiyonu Sonuçları	
	Dolaşım Toplam Mesafeler	Ağırlık ile Çarpılma Sonucu Elde Edilen Değer	Dolaşım Toplam Mesafeler	Ağırlık ile Çarpılma Sonucu Elde Edilen Değer
0	843764	-	843764	-
1	1315726	5948498	1318230	5414130
2	697658	3132180	754440	3102292
3	474693	1983295	491348	1875905
4	290695	1073288	290695	1073288
5	219802	931500	221171	821542

Tablo 3 ise, hesaplanmış olan toplam dolaşım mesafelerinin Tablo1'de ifade edilmiş olan tırların 90 km. hız ile gitmeleri durumunda ortaya çıkartmış oldukları zararlı gaz miktarları ile çarpılmaları durumunda ortaya çıkartmış oldukları toplam zararlı gaz miktarlarını ifade etmektedir.

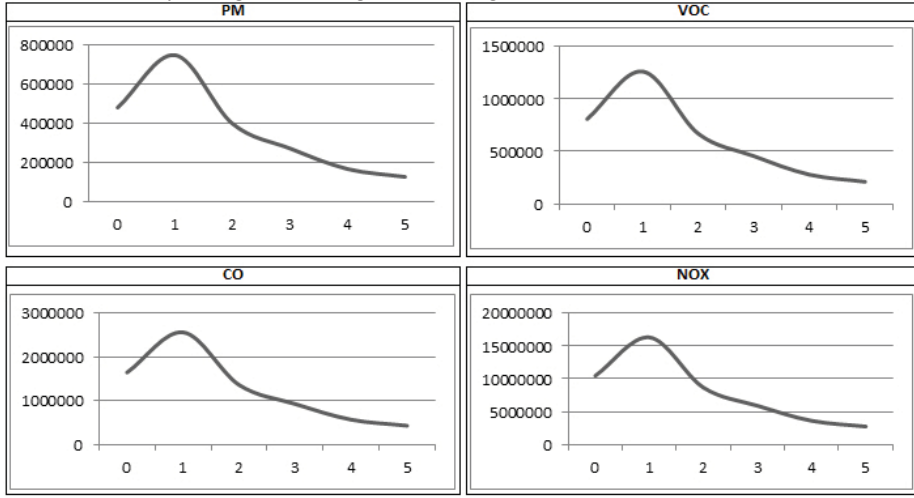
Tablo 3. Ağırlıklandırılmamış mesafe minimizasyonu amaç fonksiyonu ile tespit edilmiş salınan zararlı gaz miktarı

T. S.	Ağırlıklandırılmamış Amaç Fonksiyonu Sonuçları				Ağırlıklandırılmış Amaç Fonksiyonu Sonuçları			
	PM	NOX	CO	VOC	PM	NOX	CO	VOC
0	480946	10471116	1645341	810014	480946	10471116	1645341	810014
1	749964	16328164	2565666	1263097	751391	16359234	2570549	1265501
2	397665	8657938	1360433	669752	430031	9362600	1471158	724262
3	270575	5890937	925651	455705	280068	6097631	958129	471694
4	165696	3607519	566854	279067	165696	3607519	566854	279067
5	125287	2727741	428614	211010	126067	2744731	431283	212324

Tablo 3 zararlı gaz salımının tesis sayısına göre ne şekilde değiştiğini belirtmektedir ve görsel olarak Şekil 4 bu dağılımı ifade etmektedir. Tablo sonucu dikkate alındığında, merkezileştirme kararı verilmesinin salınan olumsuz gaz miktarlarına olumlu etki oluşturabileceği tespit edilmiştir. Ancak bu olumlu etkinin ortaya çıkabilmesi, merkezileştirme seviyesinin dikkate alınması ile elde edilebilecek durumdadır. Zira dikkate alınmış olan 11 lojistik merkez noktası tek bir noktadan hizmet vermesi durumunda dolaşım mesafelerin azalmadığı, dolayısı ile de salınan zararlı gaz miktarında bir iyileşme yaşanmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4. Tesis sayısına göre zararlı gaz salımı değişimleri



## Sonuç

Çalışma kapsamında metropol bölgelerde yer alan lojistik tesislerin merkezleştirilmesi durumunda ortaya çıkan zararlı gaz miktarlarının değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Analiz aşamalı olarak gerçekleştirilmiş, CBS yetenekleri veri üretimi için kullanılmış ve elde edilen veriler ile optimizasyon yaklaşımı bütünleştirilerek tesis sayısının değişimi durumunda ortaya çıkacak olan olumsuz gaz miktarlarının değişimi tespit edilmiştir. Bu kapsamda, mevcut durumun analiz edilebilmesi için 11 düğümden oluşan bir şebeke oluşturulmuş ve bu şebeke üzerinde İstanbul'da gerçekleşen lojistik hareketlilik, ortaya çıkan zararlı gazların tespit edilebilmesi için bir analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında, merkezleştirilmenin bir tesis üzerinde yapılması durumunda olumsuz sonuç elde edilmiş olduğu, 2. tesisten itibaren iyileştirmenin gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında CBS yetenekleri, mesafelerin öklid mesafe hesabı yerine, ulaşım ağının yansıtılması ve ulaşım hiyerarşisi ile gerçek uzaklık mesafelerinin tespit edilmesinde kullanılmıştır. Ek olarak CBS, lojistik tesislerinin çalışma alanı üzerinde dağılımlarının tespit edilmesi ve bu verilerin optimizasyon modeli içerisinde entegrasyonunda da kullanılmıştır. Çalışma göstermiştir ki, CBS, ulaşım ve optimizasyon problemlerinde veri üretme aracı olarak kullanılabilir niteliktedir.

Çalışma kapsamında teorik bir inceleme gerçekleştirilmiş ve deterministik karar ortamında dolaşan mesafelerin, salınan gaz miktarlarının sabit olduğu durum incelenmiştir. Ek olarak analiz kapsamında sadece 11 düğümün değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Analizin genel olarak, lojistik ağını yansıttığı ve merkezleştirme durumunda nasıl bir değişim gözleneceğini ifade ettiği aşikardır. Ancak, daha büyük boyutlu analizlerin, gerçeğe daha yakın sonuç verme ihtimali de daha fazladır. Ek olarak, analizler deterministik karar ortamında gerçekleştirilmiştir ve olasılık bazlı modellerin, farklı durumları ortaya koyma niteliği olacağı da ifade edilebilir. Bu öneriler konuya ilgi duyan araştırmacılara fikir vermesi açısından verilmiştir.

## Kaynakça

- Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty. *Mathematical and Computer Modelling*, 53(1-2), 98–109. doi:10.1016/j.mcm.2010.07.023
- Christou, I. T. (2011). *Quantitative Methods in Supply Chain Management* (pp. 61–63). New York: Springer.
- ÇETİN, Ş., KARADEMİR, A., PEKEY, B., & AYBERK, S. (2006). Kocaeli İli'nde Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri. In *Kocaeli Özelinde Büyükşehirlerin Kentsel Yapılaşma ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu 2006*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi.
- 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.
- Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269–271.
- Eryürük, S. H., Kalaoğlu, F., & Baskak, M. (2012). A site selection model for establishing a clothing logistics center. *Journal of Textile & Apparel*, 22(1), 40–47.
- ESRI. (2014). How Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi\*) works. *ESRI GIS Resource*. Retrieved from <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//005p00000011000000>
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), 189–206.
- Hakimi, S. L. (1964). Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph. *Operations Research*, 12, 450–459.
- Kayıkci, Y. (2010). A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2, 6297–6311.
- Li, Ye, X. L., Chen, Y., Li, Y., & Liu, X. (2011). Selection of logistics center location using Axiomatic Fuzzy Set and TOPSIS methodology in logistics management. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7901–7908.
- Önden, İ., Eldemir, F., & Çancı, M. (2014). Clustering Logistics Facilities in a Metropolitan Area via a Hot-Spot Analysis. *Journal of Business Research-Türk2*, 6(4).
- Truong, L. T., & Somenahalli, S. V. C. (2011). Using GIS to Identify Pedestrian-Vehicle Crash Hot Spots and Unsafe Bus Stops. *Journal of Public Transportation*, 14(1), 99–114.
- Wagner, T. (2010). Regional traffic impacts of logistics-related land use. *Transport Policy*, 17(4), 224–229. doi:10.1016/j.tranpol.2010.01.012
- WANG, B., & HE., S. (2009). Robust optimization model and algorithm for logistics center location and allocation under uncertain environment. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 9(2), 69–74.
- Žak, J., & Węgliński, S. (2014). The Selection of the Logistics Center Location Based on MCDM/A Methodology. *Transportation Research Procedia*, 3, 555–564. doi:10.1016/j.trpro.2014.10.034