



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Sıfır Atık Projesi Kapsamında Atıkların Toplanması: Kırıkkale İlinde Homojen Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması

*Collection of Wastes within the Scope of Zero Waste
Project: A Vehicle Routing Practice with Homogeneous
Multi-Vehicle in Kırıkkale*

Yazar(lar) (Author(s)): Hacı Mehmet ALAKAŞ, Şafak KIZILTAŞ, Tamer EREN, Evrencan ÖZCAN

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Alakaş H.M., Kızıлтаş Ş., Eren T. ve Özcan E. “ Sıfır Atık Projesi Kapsamında Atıkların Toplanması: Kırıkkale İlinde Homojen Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3): 190-196, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>

Sıfır Atık Projesi Kapsamında Atıkların Toplanması: Kırıkkale İlinde Homojen Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması

Hacı Mehmet ALAKAŞ¹, Şafak KIZILTAŞ², Tamer EREN³, Evrencan ÖZCAN⁴

1 Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, hmalagas@kku.edu.tr

2 Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, safakkiziltas7@gmail.com

3 Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, teren@kku.edu.tr

4 Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, evrencan.ozcan@kku.edu.tr

Geliş Tarihi: 16.12.2018

Kabul Tarihi: 30.12.2018

Özet

Dünyada nüfusun, kentleşmenin ve sanayi çalışmalarının gün geçtikçe artması, atık miktarını da dolaylı olarak artırmaktadır. Bu artıştan dolayı insan ve çevre sağlığının sağlanabilmesi adına atık yönetimi çalışmalarının yapılması zorunlu hale gelmektedir. Atık yönetimini oluşturan işlemlerden toplama ve taşıma literatürde araç rotalama problemleri olarak ele alınmaktadır. Araç rotalama problemleri, araçların dağıtım/toplama işlemlerini yaparken optimum rotalamanın tasarlanması üzerinedir. Bu çalışmada T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından başlatılan "Sıfır Atık Projesi" doğrultusunda Kırıkkale Merkez, Yahşihan ve Bahşili ilçesindeki tüm kamu kuruluşlarından ve okullardan yapılacak atık toplama işlemleri ele alınmıştır. Çalışmada kâğıt, cam, plastik ve metal gibi geri dönüştürülebilir atıkların toplanması için talep tahmini yapılmış, ardından en az maliyeti gözeterek atık toplama rotaları bulunmuştur. Problem homojen çok araçlı araç rotalama problemi olarak ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Atık Yönetimi; Geri Dönüşüm; Sıfır Atık; Araç Rotalama Problemi

Collection of Wastes within the Scope of Zero Waste Project: A Vehicle Routing Practice with Homogeneous Multi-Vehicle in Kırıkkale

Abstract

Increasing population, urbanization and industrial activities in the world increases the amount of waste indirectly. Due to this increase, it is necessary to carry out waste management studies in order to ensure human and environmental health. Two of the processes of waste management, collection and transport, are considered as vehicle routing problems in the literature. Vehicle routing problems are related to the design of optimum routing while carrying out distribution / collection of vehicles. In this study, waste collection operations from all public institutions and schools in Kırıkkale Merkez, Yahşihan and Bahşili districts were discussed in line with "Zero Waste Project" initiated by Turkish Republic Ministry of Environment and Urban Planning. The demand forecasting was made for the collection of recyclable wastes such as paper, glass, plastic and metal, and then the least cost of waste collection routes were found. The problem is considered as a homogenous multi-vehicle vehicle routing problem.

Keywords: Waste Management; Recycling; Zero Waste; Vehicle Routing

1. Giriş

İnsan nüfusunun artmasıyla beraber gelen, yapılan çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan atıkların çevreye verdiği zararın artması problemi, atık yönetiminin gün geçtikçe daha önemli bir hale gelmesini sağlamaktadır. Atık yönetiminde temel amaç diğer birçok sistemde olduğu gibi verimliliğin ve kaynakların etkin kullanımının artırılması ve çevre ve toplum sağlığının korunmasıdır. Şengül [1]'ün çalışmasında belirttiği gibi yönelem araştırması yöntemleri bu alanda etkili yöntemler olup, literatürde birçok örneği mevcuttur.

Demir ve diğ. [2] çalışmalarında, Yenimahalle Belediyesi'nin katı atık yönetim sistemi için bir sistem tasarımı yaklaşımı sunmuşlardır. Büyük ölçekli bir belediyede kısıtlı mali olanaklar ile işletilen bir sistemin matematiksel modeller ile dönemsel planlanması amaçlanmıştır. Özeler ve diğ. [3] çalışmalarında, Ankara için katı atık yönetiminde hangi yöntemin daha uygun olduğunun seçimi problemini çalışmışlardır. Aksoy [4] çalışmasında, sisteme geri dönen ürünlerin geri kazanım oranının stokastik olduğu çok aşamalı bir yeniden üretim sisteminde en iyi geri kazanım politikalarını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda yeniden üretim işlemlerinin her

aşaması için toplam maliyeti en küçükleyen bir model sunmuştur. Kaçtıoğlu ve Şengül [5] çalışmalarında, ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine dağıtım sisteminin planlanması ve işleyiş etkinliğinde karar almayı desteklemek için bir karma tamsayı programlama modeli geliştirmişlerdir. Yaman ve Olhan [6] çalışmalarında, internet tabanlı kaynakları tarayarak katı atık yönetimi konusunda yeni bir yaklaşım olan “sıfır atık” konusunda Türkiye ve dünyadaki durumu karşılaştırmalı olarak ortaya koymuşlardır. Şengül [1] çalışmasında, tersine lojistik kavramını atıkların geri dönüşümü açısından incelemiş ve bu tür geri dönüşüm ağlarında kullanılan optimizasyon metodlarını değerlendirmiştir. Aydoğan ve diğ. [7] çalışmalarında, Gaziantep ilinde evsel katı atık yönetimi, atıkların özellikleri, atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf uygulamalarının değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Demirel ve diğ. [8] çalışmalarında, bütünleşik bir lojistik ağı tasarımı için kapasite kısıtlı, çok aşamalı, çok ürünlü bir karma tamsayı doğrusal programlama modeli ve sezgisel yöntem ile doğrusal programlamayı birlikte kullanan genetik algoritma tabanlı melez bir çözüm yöntemi geliştirmişler, elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Güvez ve diğ. [9] çalışmasında, Kırıkkale’de atık toplayıcı bir işletmenin, müşteri grubunda yer alan sağlık kurumlarından tıbbi atık toplama işlemlerinde kullandıkları araç için en uygun rotanın belirlenmesi ve önerilen rotanın maliyetinin en küçüklenmesi amaçlamışlardır. Alaykırın ve Güner [10] çalışmalarında, birden çok malzeme tipi için çok ürünlü bir geri dönüşüm ağı incelemişlerdir. Bu doğrultuda problemin çözülmesi için karma tamsayı bir matematiksel model önermişlerdir. Demirel ve diğ. [11] çalışmalarında, alternatif atık yönetimlerinin araştırılması ve faydalarının karşılaştırılması, atık yönetimi, atık yönetiminde karşılaşılabilecek sorunların belirlenmesi ve kirlilik kontrolünün daha karmaşık ve maliyeti yüksek bir yaklaşım olduğunu gösterebilmeyi amaçlamışlardır. Doğan ve Kırdı [12] çalışmalarında, evsel ilaç atıklarının toplanması projesinde atık ilaçların taşınmasına yönelik genetik

algoritmanın kullanılmasını araştırmışlardır. Keçeci ve diğ. [13] çalışmalarında, Çankaya Belediye Başkanlığı için e-atıkların toplama noktalarının belirlenmesi ve kaç araçla, hangi sıklıkla ve nasıl taşınacağı belirlenmesi problemi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemi destekli bir Karar Destek Sistemi önerilmiş, farklı senaryoların analizine dayalı alternatif çözüm önerileri elde edilmiştir. Çakır ve Topal [14] çalışmalarında, atık yönetimi incelemiş ve tasarruf algoritması kullanımıyla tıbbi atıkların toplanması konusunu ele almışlardır. Ene ve Öztürk [15] çalışmalarında, tasarlanacak tedarik zinciri ağı için çevre üzerindeki olumsuz etkiyi minimize edecek şekilde açılacak tesislerin yerine, sayısına ve çalışma içerisindeki aşamalar arası ürün akış miktarlarına karar vermeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda yeşil tedarik zinciri ağ optimizasyonu için parçacık sürü algoritması ve genetik algoritma kullanımı önerilmiştir. Cingöz ve diğ. [16] çalışmalarında, bir atık toplama işletmesi için atık toplarken izleyebileceği en uygun rotayı Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımı ile belirlemek amaçlamış, en kısa yol algoritması ile takip edilmesi gereken rotaları belirlemişlerdir.

2. Atık Yönetimi ve Sıfır Atık

Nüfusun ve kentleşmenin hızla büyümesinden dolayı atık miktarları da gün geçtikçe artmaktadır. Benzer şekilde Türkiye’nin nüfusu ve atık miktarı da sürekli artış göstermektedir. TÜİK verilerine göre 2023 yılında 86,9 milyon, 2040 yılında 100 milyonu geçmesi beklenen Türkiye nüfusu için 2016’da belirlenen günlük kişi başı atık miktarı olan 1,17 kg dikkate alındığında konunun önemi daha iyi anlaşılacaktır [17, 18].

Bu çalışmada temel olarak alınan konulardan atık yönetimi konusunda, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2017 yılında başlattığı, “Sıfır Atık” projesi mevcuttur. Proje, temelde israfın önlenmesini ve kaynakların daha verimli kullanılmasını hedef almaktadır. Projenin kamu kurum/kuruluşlarında, eğitim kurumlarında,

alışveriş merkezlerinde, hastanelerde, eğlen-dinlen tesislerinde ve büyük iş yerlerinde uygulanması ve 2023 yılında tüm Türkiye’de uygulamaya geçilmesi hedeflenmektedir [19].

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığının “Sıfır Atık” projesine paralel olarak Kırıkkale ili için katı atıkların kamu kurum/kuruluşlarından, tesislerden, okul, alışveriş merkezi gibi insanların yoğun olarak çöp çıkardığı noktalardan en az maliyet, en az mesafe gibi hedefler ile homojen çok araçlı atık toplama problemi çalışılmıştır; matematiksel modeller ile en uygun araç rotaları belirlenmiştir.

3. Araç Rotalama

Dantzig ve Ramser tarafından 1959 yılında ortaya atılan Araç Rotalama Problemi (ARP), bir depodan başlayıp aynı depoda sonlanan, önceden talepleri bilinen müşterilere servis veren araçların, rotalarının minimum maliyet ve mesafeyi sağlayacak şekilde belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır [20].

Araç rotalama problemleri genel olarak belirli noktalar arasındaki mal ve hizmet dağıtımı ile ilgilenmektedir. Posta hizmetleri, çöp toplama ve taşıma hizmetleri, yakıt dağıtımı, bankaların ATM’lere para dağıtımı, marketlere içecek dağıtımı, ulaşım firmalarının yolcu ve ürün taşımaları, ürün ve hizmetlerin depolardan müşterilere dağıtımı gibi problemler günlük hayattaki araç rotalama problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır [21].

Temelde Gezgin Satıcı Probleminin çok araçlı bir türevi olan araç rotalama problemleri aldığı kısıtlara göre çeşitli türlere ayrılmaktadır. Bunlardan en temel olanı kapasite kısıtlı araç rotalama problemidir. Bu ARP çeşidinde bir veya birden fazla depodan, önceden belli olan n kadar müşteriye kapasite kısıdı altında araç rotalarının belirlendiği rotalama problemidir. Ayrıca her aracın gidebileceği bir mesafe kısıdı ekleyerek mesafe kısıtlı araç rotalama problemidir. Bu problem tipi

kapasite kısıtlı araç rotalama probleminin bir çeşididir [22].

Bir başka araç rotalama problem çeşidi de zaman pencereli araç rotalama problemidir. Bu problem çeşidinde zaman pencereli yaklaşım nedeniyle her bir müşteri için belirlenmiş bir zaman aralığı vardır ve araç bu zaman aralığına riayet ederek müşteriye hizmet vermektedir [23].

Geri toplamalı araç rotalama probleminde ise müşteriler toplamanın ve dağıtımın yapılacağı iki alt kümeye ayrılıp, önce dağıtım sonra toplama işlemi yapılmaktadır. Yani bir başka deyişle araç depodan çıktığında öncelikli olarak tüm müşterilere dağıtım yapmakta, sonrasında rotasını takip edip toplama işlemi yaparak depoya geri dönmektedir [24].

Benzer bir problem çeşidi olan dağıtımlı toplamalı araç rotalama probleminde geri toplamalı araç rotalamadan farklı olarak dağıtım ve toplama işlemleri müşteriye uğranıldığı anda yapılmaktadır. Tüm müşteriler bir kez uğranıldıktan sonra araç depoya geri dönmektedir [25].

Periyodik araç rotalamada ise belirli bir dönemin planı yapılmakta, müşterilere planlanan süreç içerisinde talep miktarları ve müşterilerin stok sahalarına bağlı olarak birden fazla kez hizmet verilmektedir. Bu problem türüne bakkaliye, alkolsüz içecek endüstrisi, atık toplama gibi örnekler verilebilir [26].

Bir başka araç rotalama problemi çeşidi olan stokastik araç rotalamada ise ziyaret edilecek müşteri kümesi, müşteri talepleri veya seyahat zamanları bilinen bir olasılık dağılımından gelen rassal değişkenler olarak modellenerek problem çözülür. Stokastik araç rotalama problemlerinde amaç fonksiyonu genellikle planlanan rotanın beklenen maliyeti şeklinde ifade edilir [27].

Araç rotalama problemleri sadece tek depoya göre çözülmesi gereken problemler değildir. Buna yönelik olarak çok depolu araç rotalama

problemlerinde, her bir aracın dağıtımına hangi depodan başladıysa o depoda bitireceği bir rotalama yapılır [22].

Kısıtlarına göre çeşitlendirilmesinin haricinde araç rotalama problemleri rotalama durumlarına göre, çevre durumuna göre ve yolların durumlarına göre de çeşitlendirilebilmektedir. Bunlardan rotalama durumlarına göre yapılan ayrımlarda problemler kapalı ve açık uçlu araç rotalama olarak değerlendirilmektedir. Kapalı uçlu rotalamada araç başladığı yere dönmekte; açık uçlu rotalamada son talep noktasında kalmaktadır. [22].

Çevre durumlarına göre yapılan ayrımlarda ise problemler statik ve dinamik araç rotalama olarak değerlendirilmektedir [22]. Statik araç rotalama, rotalama süreci başlamadan önce planlanacak rotalarla ilgili talep, kısıt, kapasite, maliyet gibi tüm bilgilerin bilindiği, bu bilgilerin problemin çözüm aşamasında değişkenlik göstermediği problem türüdür. Dinamik araç rotalamada ise bilgiler zamana bağlı olarak değişir. Araç rotasını izlerken, talepteki dalgalanma, gidilecek noktalar arasındaki mesafelerin değişmesi, yola bağlı oluşabilecek aksaklıklar, yeni bir talebin ortaya çıkması gibi beklenmeyen durumlar karşısında oluşan yeni koşullar altında en iyi rotalar bulunmaktadır.

Bir diğer ayırım şekli olan yolların durumuna göre yapılan ayrımlarda problemler simetrik ve asimetric araç rotalama olarak değerlendirilmektedir. Talep noktaları arasındaki mesafe gidiş-geliş aynı ise simetrik, farklı ise asimetric araç rotalama problemi adını almaktadır [22].

4. Yöntem

Araç rotalama problemi, yapısından dolayı zor bir problem çeşididir ve çalışılacak problem tipine göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Dağıtım/toplama yapılacak noktaların artması ile problem çözümü zorlaşmakta ve çözüm süresi artmaktadır. Çalışmada kullanılan araç rotalama probleminin matematiksel modeli şu şekildedir;

Karar Değişkenleri ve Notasyonlar:

$$x_{ijv} = \begin{cases} 1, & v \text{ aracının } i \text{ noktasından } j \text{ noktasına gitme durumu} \\ 0, & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

J : Malzeme taşınacak yerler

V : Araçlar

π_i : Alt tur oluşmasını engelleyen değişken

d_{ij} : i ve j arası mesafe

C_v : v aracının kapasitesi

D_j : j noktasından toplanacak atık miktarı

n : Toplama düğümleri sayısı

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} \sum_{v \in V} d_{ij} x_{ijv} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i \in J} \sum_{v \in V} x_{ijv} = 1, \quad (j \in J, i \neq j) \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{0jv} = 1, \quad (\forall v \in V) \quad (3)$$

$$\sum_{i \in J} x_{i0v} = 1, \quad (\forall v \in V) \quad (4)$$

$$\pi_j \geq \pi_i + 1 - n(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv}), \quad (i \in J, j \in J, j \neq i) \quad (5)$$

$$\pi_j \geq 0, \quad (j \in J) \quad (6)$$

$$x_{ijv} \in \{0,1\} \quad (i \neq j, \forall i, j \in J, v \in V) \quad (7)$$

$$\sum_{i \in J} \sum_{j \in J, j \neq i} D_j x_{ijv} \leq C_v, \quad (v \in V) \quad (8)$$

Oluşturulan modelde Denklem 1 toplam mesafeyi minimize eden amaç fonksiyonunu göstermektedir. Denklem 2 bütün düğümlere bir kez gidilmesini, Denklem 3 ve 4 her düğüme bir giriş bir de çıkış olmasını sağlamaktadır. Denklem 5 ve 6 alt tur oluşumunu engelleyen kısıtlardır. Denklem 7 değişkenlerin tam sayı olması kısıdıdır. Denklem 8, probleme eklenen kapasite kısıdıdır.

5. Bulgular ve Tartışma

Kırıkkale Çevre İl Müdürlüğünden elde edilen verilere göre Kırıkkale ve yakın iki ilçesi olan Yahşihan ve Bahşili içerisindeki kamu kurumlarından ve okullardan atık toplama işlemi için araç rotalama yapılmıştır. Problem kapasite kısıtlı araç rotalama problemine uymaktadır ve buna göre modellenmiştir.

Başlangıç olarak çözümü yapılacak 224 kurum binası ele alınmıştır. Atık toplanacak noktalar birbirlerine yakınlıkları dikkate alınarak birleştirilmiş

ve 95 nokta belirlenmiştir. Bu 95 nokta için mevcut kişi sayısı, 2016 yılı TÜİK verilerine göre belirlenen günlük ortalama atık miktarı (1,17 kg) ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının “Sıfır Atık” projesinde hedeflediği geri dönüşüm oranına göre (%35) talep tahmini yapılmış ve her bir noktadan ne kadar atık toplanacağı belirlenmiştir. Ardından tüm noktalar için Pareto Analizi yapılmış, her bir nokta için yapılan talep tahminlerine göre A, B ve C grubu noktalar belirlenmiştir. A grubu noktalar her gün gidilmesi gereken noktalar, B grubu noktalar iki günde bir ve C grubu noktalar haftada bir gidilmesi gereken noktalar olarak ele alınmıştır. Bu duruma göre haftalık yolcu planı oluşturulmuştur. Belirlenen haftalık yolculuk planı Tablo 1’deki

gibidir. Sonraki aşamada matematiksel programlama kullanılarak problemin optimal çözümünü verecek model oluşturulmuş, CPLEX ILOG programı ile problem çözülmüştür. Tablo 1’deki haftalık yolculuk planına göre, 5000 kg kapasiteli dört adet özdeş atık toplama aracı için oluşturulan en uygun rotalamalar Tablo 2’deki gibidir. Sadece A grubu noktalarının ziyaret edildiği pazartesi ve çarşamba günleri için 192,65 km, A ve B grubu noktalarının ziyaret edildiği salı ve perşembe günleri için 295,8 km, A ve C grubu noktalarının ziyaret edildiği cuma günü için 448,4 km olmak üzere, oluşturulan haftalık yolculuk planına göre kat edilen toplam mesafe 936,85 km olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Haftalık Yolculuk Planı

	A GRUBU	B GRUBU	C GRUBU
PAZARTESİ	X		
SALI	X	X	
ÇARŞAMBA	X		
PERŞEMBE	X	X	
CUMA	X		X

Tablo 2. Oluşturulan Araç Rotaları

Gruplar	Araçlar	Oluşturulan Araç Rotaları	T. Mesafe
A	Araç 1	0-23-54-35-20-13-48-0	192.650
	Araç 2	0-42-92-30-14-60-59-63-70-58-45-0	
	Araç 3	0-62-65-50-37-79-18-53-80-52-88-56-55-85-9-36-33-0	
	Araç 4	0-67-69-19-87-86-28-75-57-0	
A+B	Araç 1	0-88-56-55-4-85-54-13-48-14-15-16-0	295.800
	Araç 2	0-43-89-92-93-94-42-95-44-33-1-36-83-9-12-32-34-50-79-18-81-62-37-26-66-63-84-31-0	
	Araç 3	0-35-20-45-75-57-30-67-47-58-86-0	
	Araç 4	0-91-51-68-28-60-61-19-69-70-59-87-78-52-80-53-65-23-0	
A+C	Araç 1	0-17-67-27-30-46-57-75-87-82-22-85-77-71-6-38-73-8-9-11-10-5-7-36-72-0	448.400
	Araç 2	0-48-13-28-45-29-37-74-79-50-18-64-21-53-65-62-54-0	
	Araç 3	0-92-40-42-90-59-69-19-70-58-86-20-23-2-3-49-76-0	
	Araç 4	0-33-35-24-63-39-88-56-55-52-25-80-60-14-41-0	
			936.850

6. Sonuç

Dünya nüfusunun ve ihtiyaçların arttığı günümüzde, atık kaynaklı insan ve çevre sağlığının olumsuz etkilenişi giderek geri döndürülemez boyutlara yaklaşmaktadır. Bu nedenle hem dünya

üzerindeki sınırlı hammaddenin etkin kullanımı hem de insan ve çevre sağlığını korumanın öneminden dolayı atık yönetimi konusu daha ön plana çıkmaktadır.

Çalışmada T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından başlatılan sıfır atık projesine entegre olabilecek, Kırıkkale ili için geri dönüştürülebilir atıkların toplanması problemi ele alınmıştır. Bu doğrultuda öncelikle çalışma ile ilgili bir veri toplama işlemi yapılmış, rotalaması yapılacak noktalar bulunmuştur. Bu noktalar için günlük talep tahmini yapılmıştır. Talep tahminlerinden sonra öncelikli olarak gidilmesi gereken noktalar, Pareto analizi ile belirlenmiş ve matematiksel model oluşturularak, haftanın her günü için araç rotaları belirlenmiştir. Problem homojen çok araçlı araç rotalama problem olarak ele alınmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler arasında lojmanlar ve alışveriş merkezleri gibi noktalar olmayıp Merkez, Bahşili ve Yahşihan ilçelerindeki okullar ve il çapında valilik, kaymakamlıklar, nüfus, emniyet vb. müdürlükler için araç rotalama yapılmıştır. Probleme diğer ilçelerdeki okullar ve diğer atık miktarı yüksek binalar da eklenerek problem daha büyük bir problem haline getirilecek ve çalışma geliştirilecektir. Bu tip çalışmalar ile en kısa mesafeli atık toplama işlemi yapılabilir. Çalışmada kurulan modelin diğer şehirlere de uygulanarak Türkiye’de tüm illerde en verimli şekilde atıkların toplanması işlemi gerçekleştirilebilir. Ayrıca geri dönüştürülebilir katı atıkların yanı sıra diğer atıkların toplanması üzerine bir çalışma yapılabilecektir.

6. Referanslar

- [1] Şengül, Ü., “Atıkların Geri Dönüşümü ve Tersine Lojistik”, **Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi**, Cilt 6, No 1, 73-86, 2010.
- [2] Demir, E., D. Gültekin, S. Sandıkçioğlu, A. Sayhan, M. Yeşildağ, Ö. Kırca ve Süral, H., “Yenimahalle Belediyesi Katı Atık Toplama ve Taşıma Sistemi Tasarımı”, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, Cilt 12, No 3-4, 52-64, 2001.
- [3] Özeler, D., Ü. Yetiş ve Demirer, G.N., “Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study”, **Environment international**, Cilt 32, No 3, 405-411, 2006.
- [4] Aksoy, H.K., “Yeniden Üretim Sistemlerinde En İyi Geri Dönüşüm ve Atık Politikalarının Belirlenmesi”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik**

- Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 20, No 2, 121-134, 2007.
- [5] Kaçtıoğlu, S. ve Şengül, Ü., “Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayı programlama modeli”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt 24, No 1, 89-112, 2010.
- [6] Yaman, K. ve Olhan, E., “Atık Yönetiminde Sıfır Atık Yaklaşımı ve Bu Anlayışa Küresel Bir Bakış”, **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi**, Cilt 3, No 1, 53-57, 2010.
- [7] Aydoğan, Ö., Varank, G. ve Bilgili, M.S., “Municipal solid waste management in Gaziantep”, **Sigma**, vol. 3, 268-275, 2011.
- [8] Demirel, N., Gökçen, H., Akçayol, M.A. ve Demirel, E., “Çok Aşamalı Bütünleşik Lojistik Ağı Optimizasyonu Probleminin Melez Genetik Algoritma ile Çözümü”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 26, No 4, 929-936, 2011.
- [9] Güvez, H., Dege, M. ve Eren, T., “Kırıkkale’de Araç Rotalama Problemi ile Tıbbi Atıkların Toplanması”, **Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi**, Cilt 4, No 1, 41-45, 2012.
- [10] Alaykırın, K. ve Güner, E., “Çok Ürünlü Geri Dönüşüm Ağ Tasarımı İçin Bir Matematiksel Model”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 28, No 1, 151-159, 2013.
- [11] Demirer, S.U., Elker, S. ve Kasap, S., “Atık Azaltma Metotlarının Akü Üretimine Entegre Edilmesi: Metot Geliştirme ve Uygulama”, **Journal of History Culture and Art Research**, Cilt 1, No 4, 468-474, 2013.
- [12] Doğan, Ö.İ. ve Kırdar, K., “Evsel İlaç Atıklarının Toplanmasında Tersine Lojistik Ağı Üzerine Bir Uygulama”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi**, Cilt 6, No 1, 1-22, 2014.
- [13] Keçeci, B., Sümer, E., Kılıç, A., Çiçek, S., İnan, B. ve Çeki, E., “CBS Destekli E-Atık Yönetimi: Çankaya Belediyesi İçin Bir Uygulama”, **6. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY 2014)**, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 8-14, 1-4 Eylül 2014.
- [14] Çakır, T.E. ve Topal, B., “Tersine Lojistik Kapsamında Tıbbi Atıkların Toplanması Üzerine Bir Uygulama”, **International Multidisciplinary Conference (IMUCO 2016)**, Antalya, 770-779, 21-22 Nisan 2016.
- [15] Ene, S. ve Öztürk, N., “Yeşil Tedarik Zinciri Yönetiminde Ağ Optimizasyonu Problemine Meta-Sezgisel Yaklaşım”, **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Cilt 12, No 3, 449-457, 2016.
- [16] Cingöz, K., Gürgen, E. ve Beyhan, B., “Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Atık Toplama Araçlarının Rotalarının Belirlenmesi”, **Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 36, No 1, 39-62, 2018.

- [17] TÜİK Haber Bülteni, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30567> (Son Erişim: 03.10.2018)
- [18] TÜİK Haber Bülteni, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24876> (Son Erişim: 03.10.2018)
- [19] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Sıfır Atık, <https://sifiratik.csb.gov.tr/neden-sifir-atik-i-7090> (Son Erişim: 03.10.2018)
- [20] Bozyer, Z., **Araç Rotalama Probleminin Çözümüne Yönelik Bir Model Önerisi**. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [21] Düzakın, E. ve Demircioğlu, M., "Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri", **Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt 13, No 1, 68-87, 2009.
- [22] Ekizler, H., **Araç Rotalama Probleminin Çözümünde Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritmasının Kullanılması**. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [23] Ünlü, N., Uçar, E., Akkuş, G.B. ve Şen, B., "Kargo İşlemede Zaman Pencereci Çok Araçlı Dinamik Rotalama", **Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi**, Cilt 3, No 2, 105-113, 2017.
- [24] Keçeci, B., **Önce Dağıt Sonra Topla Araç Rotalama Problemi İçin Tamsayı Karar Modelleri**. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [25] Kas, F., **Dağıtım-Toplamalı Araç Rotalama Probleminin İki Boyutlu Yükleme Kısıtı Altında Modellenmesi ve Çözümü**. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- [26] Koç, Ç., **Zaman Bağımlı Araç Rotalama Problemi**, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [27] Baykoç, Ö.F. ve İşleyen, S.K., "Stokastik Talepli Araç Rotalama Problemi İçin Şans Kısıtı Yaklaşımı", **Teknoloji Dergisi**, Cilt 10, No 1, 31-39, 2007.