

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE ARAÇ ATAMA PROBLEMİNİN ÇÖZÜMLENMESİ

Murat ATAN*
Pınar ŞİMŞEK**

Özet

Araç atama problemi, bir merkezi depoda yerleşmiş bulunan ve her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araçlar filosunun, her biri farklı bir yerleşime ve bilinen talebe sahip olan bir müşteriler kümesine toplam seyahat mesafesini veya süresini en küçükleyecek şekilde hizmet sunarak depoya geri dönmesi için gerekli rotaların belirlenmesi problemidir. Çalışmanın temel unsurları, ulaşım sisteminin incelenmesi ve durak yerleri, güzergâhlar ve her güzergâhta kullanılacak taşıt cinsi hakkında en iyi çözümün bulunmasıdır.

Çalışma da bir özel personel servis araçları firmasının toplam bir kamu kurumunda görev yapan personel için Ankara içindeki 5 ayrı güzergah içinde 25 durağa hizmet verisiyle ilgili problem formüle edilmiştir. Personel daha az yakıt tüketimiyle daha kısa bir zamanda taşınabilmektedir. Mevcut uygulamada kat edilen mesafe günlük 350 km iken 282 km'ye düşmüştür. Bu düşmeye rağmen sevk edilen araçların miktarını artmış, kaynakların etkin kullanılması ve gider konusunda tasarruf sağlanmıştır. Çalışma sonucunda, 10 adet durak tespit edilmiş ve önerilen çözümle % 10,42 oranında (yıllık 13.634,28 ₺) bir maliyet azaltımı olmuştur. Yıllık gider 825.415,8 ₺ iken 817.965,72 ₺ olarak gerçekleşmiştir. Yıllık kâr 13.634,28 ₺ yükselmiştir.

Çalışmanın sonucunda hedeflenen hizmeti veren, hizmetin kalitesini ve personel memnuniyetini sağlayan en az maliyetli çözüm bulunmaya çalışılmış, Ankara'daki bir taşımacılık firmasında uygulama yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç Atama Problemi, Doğrusal Programlama, Ulaştırma Modeli, Atama Modeli

AN ANALYSIS OF VEHICLE APPOINTMENT PROBLEM THROUGH LINEAR PROGRAMMING

Abstract

Vehicle appointment problem is the problem of determining the necessary routes for fleet vehicles of the same or different capacities and kept in a central car depot in order for them to return to the depot in such a way to minimize the total travel distance and travel time after having served a set of customers, each of whom are from a different location

* Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Ankara, Türkiye, atan@gazi.edu.tr, 0312 216 13 20

** Y.Lisans Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uygulamalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, Ankara, Türkiye, pnozck@gmail.com

and have a notified demand. The basic aims of the study were analyzing the transportation system and stopping places, and sorting out the best solutions about the routes and the kind of vehicles to be used in each route.

In the study, the problem related to a private personnel vehicles company's providing service for 25 stops in five different routes in Ankara for the personnel working in a public institution was formulated. The personnel can be transported in a shorter time and with less fuel consumption. In the current practice, the daily travelled distance decreased from 350 km to 282 km. In spite of this decrease, the number of dispatched vehicles increased and the efficient use of resources and costs have been economized. As a result of the study, 10 stops were identified and with the suggested solution a 10,42% cost reduction (annual 13.634,28 ₺) was achieved. The annual cost of 825.415,8 ₺ was reduced to 817.965,72 ₺. The annual profit increased to be 13.634,28 ₺. The study aimed at finding the most cost-efficient solution which would ensure the target service, service quality, and personnel satisfaction. The study was implemented in a transportation company in Ankara.

Keywords: Vehicle Assisgnment Problem, Linear Programming, Transportation Model, Assingment Model

GİRİŞ

Günümüzde tüm işletmeler için bilginin büyüyerek bulut bilgiye ulaştığı, yenilediği, karmaşıklığı ve güçlü ekonomik birleşmeler çağı olarak kabul edilen süreçte; stratejik üstünlük ile başarı elde etme çabaları ve yenileşme zorunluluğu nedeniyle matematiksel ve istatistiksel verileri kullanarak modellemeyi öngören bir yönetim anlayışına sahip olmayı ihtiyaç haline getirmiştir. Bütün işletmeler yenilikçi, sorun giderici ve sayısal düşünmek zorundadır.

Bir kurumda kurumsal olarak insan kaynakları yönetiminde amaç, personelin işlerini en verimli ve etkin biçimde yapabilecekleri koşulları belirleyip, bu koşulları kurum başarısına yönlendirmektir. Kurum yönetimince personel faktörüne verilen önem arttıkça işgücü verimi, işin kalitesi ve kuruma olan iş bağlılığı da artacaktır.

Küreselleşme ile başlayan süreçte bilişim teknolojilerinin hızlı bir şekilde gelişmesi ile birlikte, ulaştırma sektöründe müşteri taleplerinin zamanında ve en az maliyetle karşılanması da büyük önem arz etmektedir. Bunu sağlamak için kullanılan pek çok yöntemden biri olan taşıt atama problemi ulaştırma (lojistik yönetimi) problemlerinin çözümünde kullanılan bir optimizasyon tekniğidir. Klasik araç atama problemi, merkezi bir noktada bulunan belli kapasiteye sahip taşıtlar için noktayı içeren bir coğrafi bölgede değişik noktalara dağılmış tüm müşterilere en az maliyetle servis yapacak rotaların elde edilmesidir. Maliyetin az olması için, taşıtın gitmesi gereken yolun en kısa olmasını zorunludur. Bir

noktadan diğer bir noktaya ulaşım sağlanırken en kısa yolun tercih edilmesi maliyetin enazlanmasını amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımı taşıt rotalarının tespitinde en kısa yol yaklaşımı olarak adlandırılır.

Bir kurum ya da organizasyonun dağıtım/ulaştırma faaliyetleri, bütün personelin ve malların depo ya da fabrika gibi bir merkezden dağıtım noktalarına taşınmasını kapsar. Bu çalışmada, bir kurumun personel ulaşım probleminin mevcut olanak ve kapasitesi ile bilimsel yaklaşımlar kullanılarak; kurumsal ihtiyaçlara uygun, etkin ve memnuniyet yaratıcı bir servis güzergâhı belirlenerek personelin olumlu teşvik edilmesi, zamanın ve ekonomik kaynakların nicel yöntemler geliştirilerek kullanılması, bu sayede günün değişen şartlarına bir katkı sağlanması amaçlanmış ve tasarruf yapılabilecek alanlar belirlenmesi hedeflenmiştir. Nicel matematiksel programlama teknikleri ile taşıt atama model ve teknikleri kullanılarak ulaştırma hizmetinde büyük tasarruflar yapılabilmektedir.

Bu çalışmada özel veya kamu sektöründe personel ulaşım problemlerine cevap verebilecek nitelikte sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Araç Atama Problemi (AAP)

Araç atama problemi, bir merkezi depoda yerleşmiş bulunan ve her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araçlar filosunun, her biri farklı bir yerleşime ve bilinen talebe sahip olan bir müşteriler kümesine toplam seyahat mesafesini veya süresini en küçükleyecek şekilde hizmet sunarak depoya geri dönmesi için gerekli atamanın belirlenmesi problemidir. Araç atama problemleri ilk defa Dantzig ve Ramser tarafından 1959 yılında tanımlanmıştır (Dantzig G.B., Ramser J.H., 1959: 6).

Müşterileri ve depoyu ifade eden düğümler, araçlar ve düğümler arası mesafeleri gösteren oklar veya çizgilerden oluşan şebekeler AAP'nin temel bileşenleridir (Toth ve Vigo 2002).

AAP'de ulaşılmak istenen en temel amaç, taşıma maliyetinin minimize edilmesidir. Bu amaca yönelik olarak da farklı amaç fonksiyonları uygulanmaktadır. Bunlar;

- Araçların gideceği toplam mesafenin minimize edilmesi,
- Tüm müşterilerin taleplerini karşılamak koşuluyla şebekedeki araç sayısının minimize edilmesi,
- Toplam taşıma maliyetinin minimize edilmesi ve
- Toplam taşıma süresinin minimize edilmesidir (Toth ve Vigo 2002).

Uygulanan probleme göre farklılık göstermekle birlikte AAP'de genel olarak aşağıdaki kısıtlar kullanılmaktadır:

- Her güzergâha atanan aracın gidebileceği yol kapasitesi kısıtı (Mesafe Kısıtı),
- Şebekedeki her varış noktasının tek bir araç tarafından sadece bir defa ziyaret edilmesi kısıtları (Genel Atama Kısıtı),
- Bir aracın, bütün müşterilerin taleplerini yerine getirdikten sonra başladığı noktaya (depo, dağıtım merkez vb.) tekrar geri dönmesi kısıtı (Kapalı Döngü Kısıtı)
- Güzergâh üzerinde bulunan müşterilerin toplam dağıtım ve toplama talepleri miktarının aracın toplam kapasitesini aşmaması kısıtı (Araç kapasitesi kısıtı),
- Araç sayısının belirli bir sayıya eşit veya sayıdan küçük olması kısıtı (Araç sayısı kısıtı / Güzergâh sayısı kısıtı) (Montane ve Galvao, 2006),
- Her bir aracın sadece bir güzergâh üzerinde faaliyet göstermesi kısıtı (Araç Atama Kısıtı),
- Müşteriye servis (araç yükleme, boşaltma zamanları) süresi kısıtı (Servis Süresi Kısıtı) - Müşteriye belirli zaman aralıklarında ulaşma kısıtı (Zaman Penceresi Kısıtı)
- İki düğüm arasında geçen taşıma süresi kısıtı (Taşıma Süresi Kısıtı)
- Depo sayısının bir veya birden fazla olması kısıtı (Depo sayısı kısıtı)
- Depodan bağımsız turların oluşmasını engelleyen kısıtlardır (Alt Tur Kısıtı) (Ai ve Kachitvichyanukul, 2009: 5).

Bir AAP çözüldüğünde her müşteri noktasına sadece bir kez uğranıldığı ve her güzergâhta sadece bir araç bulunduğu güzergâhlar kümesi elde edilir. Bu güzergâh kümesi ile tüm operasyonel kısıtlar sağlanmakta ve ayrıca taşıma maliyeti en küçüklenmeye çalışılmaktadır.

Araç Atama Problemine İlişkin Literatür Taraması

Araç atama ve çizelgeleme son 30 yıl boyunca oldukça popüler bir araştırma alanı olagelmıştır. AAP, coğrafi olarak dağınık müşterilere bir veya birden fazla depodan hizmet vermek üzere görevlendirilen araçların en iyi dağıtım / toplama güzergâhlarının tasarlanması problemidir (Laporte vd., 1987: 161).

Okul servisi araç atama problemi (OAASP), geleneksel AAP ile karşılaştırıldığında temelde aynı özelliklere sahip olduğu görülmekle beraber, birçok yönden de ayrıldığı görülmektedir. OSAAP, malzeme ve ihtiyaçların taşınması ile değil de, okul öğrencilerinin taşınması ile ilgilidir. OSAAP, ayrıca bütün öğrencilerin servis hizmetinden eşit derecede memnun kalması, servis hizmetinin etkin bir şekilde işlemesi ve bu hizmetin kamu sektörü ile iç içe

olması gibi nedenlerle geleneksel AAP'den çok daha karmaşıktır (Demiral, 2008: 2).

OSAAP'yi çözümlediğimizde iki yaklaşım türü ile karşılaşılır. Bunlar okul-temelli (School-based) ve ev-temelli (Home-based) yaklaşımlardır. Okul temelli yaklaşımda, her bir okul için problem ayrı olarak ele alınır, farklı okullardan öğrenciler aynı anda aynı servisle taşınmaz. Okul-temelli yaklaşımı dikkate alan çalışmalar olarak Clarke ve Wright (1964), Newton ve Thomas (1969), Angel vd. (1972), Bennet ve Gazis (1972). Rosenkrantz vd. (1974), Bodin ve Berman (1979), Gavish ve Shlifer (1979), Desrosiers vd. (1981) sayılabilir (Spada vd., 2005: 478).

Ev-temelli yaklaşım problemi Braca vd.(1997) tarafından karışık yüklemeye izin verecek şekilde önerilmiştir. Daha esnek bir yaklaşımdır çünkü farklı okul öğrencilerinin aynı anda aynı servis ile taşınmasına izin verir. Buna karşın okul-temelli yaklaşıma göre modelleme ve çözüm daha zor olmaktadır (Spada vd., 2005: 478).

Lee ve Moore (1977) ırksal uyum sağlamak, okuldaki yığılmayı ve verimsizliği azaltmak için öğrencileri okullara atayan bir doğrusal programlama modeli geliştirdi (Lee ve Moore, 1977: 705).

Newton ve Thomas (1969) çalışmalarında tek bir okul ve 80 durak için OSAAP'yi ele almışlardır. Bu çalışmada AAP için özellikle kullanılacak bazı yerel iyileştirme algoritmalarını kullanarak, bütün duraklardan geçecek bir tur tasarlamışlar ve sonra bu turu servislerin her birinin geçebileceği küçük güzergahlara bölmüşlerdir (Alıntılaman, Braca vd., 1997: 695).

OSAAP'de ilk çalışmalardan biri Bodin ve Berman (1979)'nın okul - temelli okul araç atama problemi üzerinedir. Bu çalışmada bir öğrenci el ile en yakın mini durağa veya potansiyel olarak görülen servis durağı yerine atanır. Daha sonra analist bu mini duraklardan öğrencileri alıp, kendisinin belirlediği, konumlarına en yakında bulunan hakiki duraklara atama yapar. Bu yöntemin en kullanışlı tarafı gereken veri sayısını önemli ölçüde azaltmasıdır. Çünkü modelde tüm şehrin yol ağı yerine nokta olarak kullanılacak mini durakların bulunacağı bir ağ yeterli olacaktır. Bodin ve Berman (1979) bu çalışmalarında Newton ve Thomas (1969) tarafından önerilen algoritmayı kullanmışlardır. Onlar problemi, gezgin satıcı problemi şeklinde düşünmüş Lin 3-opt yöntemini (Lin, 1965) kullanarak çözmüş ve sonra bulunan turu da problem kısıtlarını sağlayacak şekilde bölmüşlerdir (Bodin ve Berman, 1979).

Bennett ve Gazis (1972) çalışmalarında Clarke ve Wright (1964) tarafından önerilmiş kazançlar algoritmasını revize ederek kullanmışlardır. Onlar algoritmalarını değişik amaç fonksiyonları ile denemişlerdir. Problem 256 servis durağı ve 30 güzergâhtan oluşmuş olup Toms River / New Jersey’de uygulanmıştır (Alıntıl原因, Braca vd., 1997: 695).

Konuyla ilgili ilk çalışmalardan birisi olan Angel vd. (1972), okul araçları için kapasite ve zaman kısıtlarını aşmadan, kullanılan araç sayısını ve katedilen toplam mesafeyi en küçükleyecek şekilde, bir çizelgeleme algoritması önermişlerdir. Ele alınan problem, ABD-Indiana’da 1500 öğrencinin dağıtımının yapılması ile ilgilidir. Çok daha yakın bir zamanda, Braca vd. (1997), New York’ta bulunan 73 okul için, 4619 öğrencinin taşınması problemini ele almış, problemin çözümü için sezgisel bir algoritma önermişlerdir. Yazarlar aynı zamanda problem için iki karar modeli geliştirmiş, ancak bu modeller çözümde kullanılmamıştır. Başka bir çalışmada, Li ve Fu (2002) Hong Kong’da 54 noktadan toplanması gereken 86 anaokulu öğrencisi için, kullanılan servis sayısını ve servislerin toplam rota zamanını en aza indirmek, aynı zamanda servis yük ve rota zamanlarını dengeli bir şekilde dağıtmak için, zaman kısıtı ve araç kapasitelerini de gözönünde bulundurarak, bir dağıtım planı geliştirmişlerdir. Plan sezgisel bir algoritma ile elde edilmiş, bu çözümle mevcut uygulamaya göre % 29 oranında bir iyileştirme sağlanmıştır (Bektaş ve Elmastaş, 2004: 3).

Desroisiers vd. (1981), bir dizi ulaştırma probleminin çözümüne dayanan bir sezgisel yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde, Newton ve Thomas (1969), Clarke ve Wright (1964) ve Rosenkrantz, Steams ve Lewis (1974)’in tur kurucu Ekleme yöntemi ile birlikte tur geliştirici Lin-2-opt yöntemini (Lin, 1965) kullanmışlardır (Alıntıl原因, Spada vd., 2005: 478).

Gavish ve Shlifer (1979) değişik bir yöntem kullanmıştır. Bu yöntemde problemi revize edilmiş bir atama problemi olarak formüle etmişler ve her bir okula bir dizi atama işlemini gerçekleştirebilmek için bir dal-sınır algoritması kullanarak problemi çözmüşlerdir (Alıntıl原因, Spada vd., 2005: 478).

Swersey ve Ballard (1984) yalnızca verilen bir dizi güzergahın çizelgelemesiyle uğraşmışlardır. Onlar, verilen bu rotalara atanacak minimum servis sayısını hesaplayacak bir metot geliştirdiler. Bu çizelgeleme problemi tamsayı zor bir problem olarak formüle edilebilir. Ancak bu çalışmada bazı basit kesilen düzlemler kullanarak problemi sezgisel olarak çözdüler. Problem 30 - 38 servis

ve 100 rotadan oluşmuş olup, Newhaven / CT'de uygulanmıştır (Swersey ve Ballard, 1984).

Burada bahsedilmiş olan metotlardan hiçbiri OSAAP'nin çok amaçlı formülasyonu üzerinde durmamıştır. Ancak OSAAP'nin "önce grupla / sonra güzergah planla" çözümlemesi ve Chapleau vd. tarafından geliştirilen metrik sistemle gruplama yöntemi birleştirilerek problem çok amaçlı olarak formüle edilmiştir (Bowerman vd., 1995a: 13).

Dulac vd (1980) Konumlandırma - Atama - Rotalama (LAR - Location Allocation Routing) yaklaşımını kullanarak bir OSAAP tanımlamıştır. Öğrencinin durak ile evi arasındaki maksimum yürüme mesafesi kısıtı altında, Dulac vd. (1980) algoritması okul için bir dizi servis durağı belirler ve taşıma için uygun olan bütün öğrencileri bu duraklara atar. Bunun ardından da standart bir AAP sezgiseli servis araçlarının güzergahlarını oluşturmak için seçilen servis duraklarına uygulanır (Alıntılayan, Bowerman vd., 1995a).

Atama konumlandırma (AL - Allocation Location) yaklaşımında, öğrenciler ilk önce gruplara ayrılırlar. Bu gruplar ise sadece tek bir okul servis güzergahı tarafından hizmete tabi olurlar. Sonra, her bir grup için okul servis durakları seçilir ve seçilen bu duraklardan geçen bir okul servis güzergahı belirlenir. Chapleau vd. (1985) bu yaklaşımı okul araç atama algoritmalarında kullanmışlardır (Bowerman vd., 1995a).

Araç Atama Probleminin Personel Taşımacılığına Alanına Uygulaması

Bu çalışmada, ana konu olarak araç atama problemi incelenmiş ve problem analitik yöntemler kullanılarak çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, Ankara ilinde faaliyetini sürdüren bir kamu kuruluşu incelenmiştir. Kurumda görev yapan personelin moral ve iş motivasyonu açısından, personele sağlanan ulaşım (lojistik) hizmetinin aksatılmadan sürekliliğinin sağlanması gereklidir. Personelin işe geliş - gidiş problemini çözmek için kurumun ulaşım hizmetleri birimi geniş bir ulaşım ağı oluşturmuştur. Bu ağ kapsamında personelin Ankara ili şehir içi servis hizmeti sağlanmaktadır.

Kurumda çalışan personelin şehir içi ulaşım servisleri, sabah mesai başlangıcında kurum çalışanlarının ikamet ettikleri adreslerinden veya ikamet adresine en yakın noktalardan kuruma; akşam mesai bitiminde ise, kurumdan ikamet ettikleri konutlarına veya ikamet ettikleri adreslere en yakın noktaya ulaşımını sağlamaktadır. İlgili kurumun çok sayıda çalışana sahip olması, personelin ulaşımının yüksek maliyetli ve karmaşık olması güç bir ulaşım ağını

beraberinde getirmiştir. Bu durum personelin ulaşımları sırasında bazı istek ve şikâyetlerine yol açmıştır. Bunlar kısaca çalışanların ikamet ettikleri adreslere çok yakın yerlerden alınmak (ve bu noktalara geri bırakılmak) ve servislerde az zaman geçirmek istemeleri şeklinde sıralanabilir. İlgili kurumun ulaşım hizmetlerini düzenleyen birim ise, personelin isteklerine bağlı maliyet artışından rahatsız olmakta ve tüm personel isteklerinin aynı anda karşılamanın olanaksız olduğunu düşünmektedir. Çalışmanın temel amacı, personelin ulaşımında yaşadığı sıkıntıları çözebilmek ve kurumun ulaşım sisteminde iyileştirmeler yapmaktır. Çalışma, maliyetler ile her güzergâhta kat edilen mesafe ve ulaşım süresi göz önünde alınarak, ulaşım ağının verimliliğinin artırılması üzerine odaklanmıştır.

Çalışmanın başladığı tarih itibariyle kurumun ulaşım – hizmetleri 5 araç ile kurum personeline lojistik servis hizmeti sağlamaktadır. Bu servisler sabah 07.15’de kurum personeli kuruma getirmekte ve akşam 17.30’de ise tekrar personeli kuruma ikamet adreslerine götürmektedirler. Kurumun ulaştırma hizmetlerini taşıyan bir firma sağlamaktadır. Ödemeler kişi - yön ve kullanılan araç modeli temelinde yapılmaktadır. Kurum için personel ulaşım hizmetinin ciddi bir maliyeti olduğu unutulmamalıdır.

Kurum için sabah ve akşam saatlerinde verilen lojistik servis hizmeti 5 farklı güzergâha yapılmaktadır. 2015 – 2016 Ocak itibariyle lojistik servis hizmetinden yararlanan kayıtlı personel sayısı 440’dır. Lojistik servis hizmetinin planlamasında da bu sayı esas alınmış, durak sayısı da bu personele göre belirlenmiştir. Kurum personeline toplam 50 durak kullanılarak hizmet verilmektedir. Kurum personeli üst yöneticiler hariç olmak üzere hem yönetim kadrosu hemde memur kadrosunda bulunsun herhangi bir statü ayırımına olmadan ikamet için bildirdikleri adreslere göre tespit edilen en yakın durma noktalarında servis araçlarına binmekte ve yine aynı noktada servis aracından inmektedirler.

Kurumun lojistik planlamasında araç atama problemi, kısmen yöneylem araştırması literatüründe iyi bilinen kapasiteli araç atama problemine benzemektedir. Ancak KAAP’da araçların güzergâhlarına başladıkları yere geri dönme zorunluluğu vardır. Kurumdaki araç atamada ise servis araçları genellikle tek yoldan personeli alarak yine aynı yol üzerinde personeli bırakırlar. Dolayısıyla araçların kuruma dönme zorunluluğu yoktur. O halde KAAP’da güzergâhlar “tur”, kurum araç atamada ise güzergâhlar “yol” şeklindedir. Lojistik planlamasında taşınacak toplam personel sayısı 440 ve mevcut uygulamada tüm araçlar tarafından kat edilen toplam uzaklık, tek yönlü taşıma için 602 kilometredir. Ayrıca kurum aynı anda personelin araç içerisinde 25 Km’den fazla yol kat etmelerini istememektedir.

Modelin çözümünde aşağıda verilen varsayımlar kullanılmıştır.

- Model için oluşturulan ulaştırma matrisi için durma noktaları arasındaki mesafeler bir web tabanlı coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Ankara şehir planı üzerinden, durak noktaları plan üzerine işaretlenmek suretiyle hesaplanmıştır.
- İlgili dönem itibariyle bölünmüş yollar ile tek yön olan yollar uzaklık tespitinde dikkate alınmıştır.
- Hesaplamalarda mümkün olduğu ölçüde rasyonel değerler dikkate alınmaya çalışılmıştır.
- Bir durma noktasının ikinci durma noktasına mesafesi hesaplanırken yanılma hassasiyeti 40 metre olarak kabul edilmiştir.
- Model için tercih edilen tüm araçların hizmete elverişli durumda olduğu, arıza oranının % 1'in altında olduğu ve yakıt olarak sadece motorin kullanan taşıtlar oldukları kabul edilmiştir.

Çalışmada tamsayı doğrusal programlama modeli (Winston, 1994: 72) geliştirilerek bir ulaştırma modeli oluşturulmuştur.

$$\text{Amaç Fonksiyonu} \quad Z_{En \text{ küçük}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^v c_{ij} x_{ijk} \quad (1.1)$$

$$\text{Kısıtlar:} \quad \sum_{j=1}^m y_{jk} \leq v_k \quad (k = 1, \dots, v) \quad (1.2)$$

$$x_{ijk} \leq y_{jk} \quad (1.3)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^v x_{ijk} = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1.4)$$

$$\sum_{i=1}^n d_i x_{ijk} \leq (Ca)_k \quad (j = 1, \dots, m \text{ ve } k = 1, \dots, v) \quad (1.5)$$

$$\sum_{k=1}^v y_{jk} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, m) \quad (1.6)$$

$$x_{ijk} = 0 \text{ veya } 1 \text{ tüm } i, j, k \text{ değerleri için} \quad (1.7)$$

$$y_{jk} = 0 \text{ veya } 1 \text{ tüm } j, k \text{ değerleri için} \quad (1.8)$$

Modelde n = durak sayısını; m = güzergâh (hat) sayısını; v = araç türü sayısını; v_k = k türündeki araç sayısını; $(Ca)_k$ = k türü aracın yolcu kapasitesini; d_i = “ i ” durağındaki talep miktarını (her düğümde taşınan personel sayısını); c_{ij} = “ i ” durağındaki bir kişinin “ j ” hattına taşınmasının tahmini maliyetini göstermektedir. “ i ” durağındaki kişiler “ k ” aracı ise bu değer 0 olmaktadır; $y_{jk} = 1$. Eğer “ k ” türü araç “ j ” hattına atanmışsa $y_{jk} = 1$ değerini almakta, atanmamışsa 0 olmaktadır.

Denklem (1.1), duraklar ile en yakınındaki hat arasında kalan mesafenin enazlanacağını göstermektedir. Denklem (1.2), belirlenmiş hatlar için yapılan araç atamasında, eldeki araç sayısının geçilmemesini sağlamaktadır. Bir durağın sadece belli bir hatta atanıp atanmadığı ise denklem (1.3) tarafından kontrol edilmektedir. Ayrıca denklem (1.4)’de belli bir duraktaki personelin o hatta tahsis edilmiş bir araç tarafından taşınacağını göstermektedir. Denklem (1.5) ise, belli bir araç türü için olan toplam talebin (araca binen personel sayısı), araç kapasitesini aşmamasını kontrol etmektedir. Daha sonra belli araç türlerinin belli hatlara atanması denklem (1.6) ile yapılmaktadır. Son olarak ise denklem (1.7) ve (1.8) daha önce bu modelde tanımlanmış olan karar değişkenlerinin alabileceği değerleri göstermektedir. Model, hiçbir duraktaki yolcu sayısının araç yolcu kapasitelerini aşmadığı ve duraklara parça parça ulaşım servisi hizmeti yapılmadığı varsayımına göre oluşturulmuştur.

Lojistik planlama hizmetinde karşılaşılan temel sorun, personelin doğrudan ikamet ettikleri yerlerden alınamaması durumudur. Bu sorun durak sayısını ve buna bağlı olarak ulaşım süresinin uzamasını ve personelin motivasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple durak adet ve yerlerinin etkin bir şekilde belirlenmesi önemlidir. Planlayıcıların tercihi durak adedinin az olmasıdır. Ancak kurumun ulaşım hizmetleri birimi personelin duraklara yürüme mesafesinin 0,5 kilometreyi aşmamasını istemektedir. Bu kısıt göz önüne alınarak, personelin ikamet adreslerine karşılık gelen noktalar gruplandırılmış ve her gruba bir durak atanmıştır. Tespit edilen durak sayısının fazla olması sebebiyle kısmen durakların ana yollara kaydırılması, yakın durakların birleştirilmesi, çok az sayıda personelin bindiği durakların göz ardı edilmesi ve yürüme mesafesi kısıtının göz önünde bulundurulması suretiyle personelin en yakın durağa yönlendirilmesi işlemleri şeklinde süreç tamamlanmıştır.

Durakların tespitini yaptıktan sonra, çözülmesi gereken ikinci husus araç güzergâhların belirlenmesidir. Model kapasiteli araç atama problemidir. Bu modelde esas amaç, araç güzergâhlarını uzun hale getirmeden ve araç sayısını azaltarak lojistik planlamasının yapılmasıdır. Probleme göre bir güzergâh kapsamındaki durak grubu, diğer güzergâh durak grubundan oldukça uzak mesafede olmalıdır.

Bu aşamada kurum personelin lojistik için beyan ettiği adreslerin ve araçların durma noktalarının dağılım durumu incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda bunların birbirinden ayırt edilebilecek kümeler oluşturdukları tespit edilmiştir. Uzak gruplar olabileceği durumundan hareketle Ankara ili beş ana bölüme ayrılmıştır. Ulaşım güzergâhı oluşturulurken durma noktasının içinde yer aldığı bölge belirleyici bir etken olmuştur.

Lojistik planlamada kullanılan araçların güzergâhlarının oluşturulabilmesi için durma noktaları gruplandırılmıştır. Bu durak noktaları birbirlerine yakınlıkları ve araçların kapasiteleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Araçlar için kapasite kısıtı olarak 440 kişi yani 12 minibüs + 8 midibüs kapasitesi kullanılmıştır. Gruplar oluşturulduktan sonra, her grubun içinde bir araç güzergâhı elde etmek için en iyi güzergâhı tespit etme işlemi kalmıştır.

Modelin Matematiksel Kalıbının Tanımlanması ve WinQSB 2.0 Programında Çözümü

Bu çalışmada, bir kamu kurumunun 2015 yılında yapılan ihaleyi kazanmak suretiyle personel taşıma sorumluluğunu üstlenen, bir özel taşımacılık ve turizm hizmetleri Ltd. Şti. için kurumun personel servis hizmeti için ulaştırma modeli kurularak, çözülmüştür. Personel servislerinin kat ettikleri toplam mesafelerin ve seyahat sürelerinin minimuma indirilmesi için, varış ve durma noktalarının sayısı ile her durak yeri için alternatif güzergâhlar belirlenmiştir. Model kurulurken öncelikle her durak belli bir yöne giden araca atanmış, her araç için atamaları yapılmış olan durakların nasıl birleştirilebileceği araştırılmıştır.

İhaleyi kazanan özel şirkete ait şirket bünyesinde temin ettiği iki tür servis aracı bulunmaktadır. Bu araçların sayısı ve taşıma kapasitesi farklılık göstermektedir.

Tablo 1.1 Personel Lojistik Planlama Modelinde Kullanılan Araçlar

Araç Cinsi	Araç Adedi	Personel Kapasitesi	Toplam Kapasite
Minibüs	12	20	240
Midibüs	8	25	200

Servis araçları için her km'de yakıt tüketim miktarı, aylık ortalama bakım ve onarım giderleri ve yıllık vergi giderleri aşağıdaki Tablo 1.2'de gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Personel Lojistik Planlama Modelinde Kullanılan Araçların Servis Bilgileri (₺)

Araçlar	Her km. için Tüketim	Aylık Bakım, Onarım Giderleri	Yıllık Vergi Giderleri
Minibüs	0,370	93,0	1.787

Midibüs	0,460	122,5	2.143
---------	-------	-------	-------

Kurum, her yıl servis işlerini kurumun insan kaynakları birim amirliği vasıtasıyla, Resmi makamlarca belirlenen fiyatların ortalamasını alarak tespit ettiği miktardan, açık eksiltme usulüyle ihaleye çıkartmaktadır. Kurumun her güzergâh için ihtiyaç duyduğu araç türü, güzergâh kapasitesi ve her güzergâh için ödeyeceği ücret belirlenir.

Taşımacılığı yapan şirketin yapacağı lojistik işleri için Ankara il merkezinde beş ayrı şubesi vardır. Bu şubeler yapılacak ulaşım planı için hareket noktası olarak alınacaktır. Herhangi bir servis aracının bu beş şubeden çıkış, sonrasında her güzergâh için kurum personelini çeşitli semtlerden alış ve son olarak kuruma getirmesi süresince kat ettiği mesafe veri olarak şirkette vardır. Şirketin şubesinin bulunduğu semtler ve şube kapasiteleri servislere göre değişmektedir. Şube dağılımları ve kapasiteleri Tablo 1.3’de verilmiştir.

Tablo 1.3. Personel Lojistik Planlama Modelinde Kullanılan Araçların Servis Merkezleri

Şubeler	Araçların Toplam Personel Kapasitesi
S1 (Subayevleri)	2 minibüs + 2 midibüs = 40 + 50 = 90
S2 (Şentepe)	3 minibüs + 2 midibüs = 60 + 50 = 110
S3 (Kalaba / Atapark)	3 minibüs + 2 midibüs = 60 + 50 = 110
S4 (Ostim / Demetevler)	2 minibüs + 1 midibüs = 40 + 25 = 65
S5 (Dikmen / Çankaya)	2 minibüs + 1 midibüs = 40 + 25 = 65
Genel Toplam	440

Tablo 1.3’e göre kurum personeline şubelerce tahsis edilen kapasiteler değişmektedir. Tablo 1.3’de verilen şubeler zaman içinde farklı isimler ile adlandırılabilir. Bu nedenle okuyular için önemli olan şubelerin sayısı ve S harfi ile nitelendirilen kodları olmalıdır. Kurum personelinin taşınacağı durak sayısı 10 ve şubelerdeki araçların bu noktalardan personeli alıp kuruma getireceği yol boyunca kat edeceği şube çıkış noktası ile duraklar arası mesafe kilometre cinsinden aşağıda Tablo 1.4’de verilmiştir.

Tablo 1.4. Durakların Servis Merkezine Olan Uzaklıkları (Km)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
S1	5	3	7	13	5	5	19	11	16	11
S2	7	6	2	9	3	8	11	8	22	14

S3	2	4	6	2	7	3	14	13	24	13
S4	18	13	9	18	10	16	8	8	21	21
S5	19	17	17	21	16	19	24	17	5	32

Personel servis güzergâh ve uzaklıklarını gösteren bu tablodaki değerleri personelin alınacağı durak noktalarını göstermektedir ve karşılıkları Tablo 1.5'de gösterilmiştir.

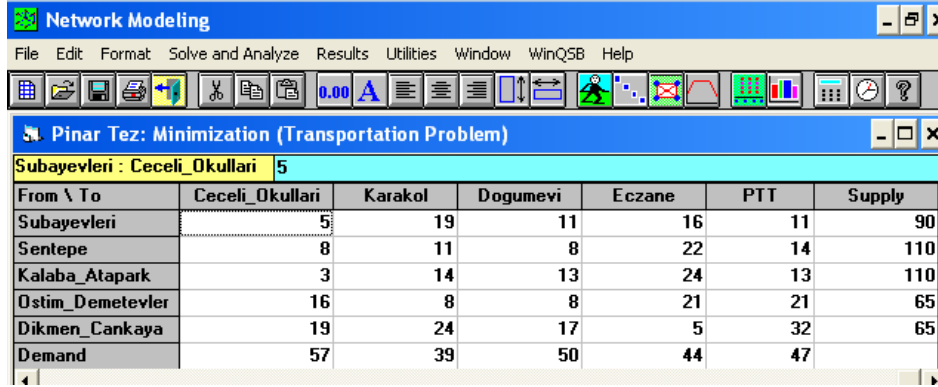
Tablo 1.5. Durakların Listesi

D1	Ayva Sokak	D6	Ceceli Okulları
D2	Çetinay Sokak	D7	Karakol
D3	146. Cadde	D8	Doğumevi
D4	Demirciler Sokak	D9	Eczane
D5	Ayvalı Caddesi	D10	PTT

Tablo 1.5'de verilen duraklar zaman içinde farklı isimler ile adlandırılabilir. Bu nedenle okuyular için önemli olan durakların sayısı ve D harfi ile nitelendirilen kodları olmalıdır.

Aşağıda Şekil 1.1'de oluşturulan modelin WinQSB 2.0 paket programında nasıl tanımlandığı gösterilmiştir.

From \ To	Ayva_Sokak	Cetinay_Sokak	146_Cadde	Demirciler_Sokak	Ayvali_Cad
Subayevleri	5	3	7	13	5
Sentepe	7	6	2	9	3
Kalaba_Atapark	2	4	6	2	7
Ostim_Demetevler	18	13	9	18	10
Dikmen_Cankaya	19	17	17	21	16
Demand	34	43	38	40	48



From \ To	Ceceli_Okullari	Karakol	Dogumevi	Eczane	PTT	Supply
Subayevleri	5	19	11	16	11	90
Sentepe	8	11	8	22	14	110
Kalaba_Atapark	3	14	13	24	13	110
Ostim_Demetevler	16	8	8	21	21	65
Dikmen_Cankaya	19	24	17	5	32	65
Demand	57	39	50	44	47	

Şekil 1.1. Modelinin Paket Programdaki Görünümü

Eşitlik (1.1), ... , (1.8) verilen amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı koşullara göre tanımlanan ulaştırma modeli WINQSB 2.0 paket programı yardımıyla Timor (2001: 128)'de tanımlanan adımlara göre Vogel Yaklaşım Yöntemi (VAM) kullanılarak, 7 iterasyon (adım) sonucunda bulunan en uygun çözüm bulunmuştur. Çözümün optimalliği MODİ testi sınamalı olarak çözümlenmiştir. Çözüm sonuçları Tablo 1.6'da gösterilmiştir.

Tablo 1.6. Modelin Çözüm Sonuçları

<i>Model: Minimization (Ulaştırma Problemi)</i>					
	Nereden	Nereye	Taşıma	Birim Maliyet	Toplam Maliyet
1	S1 Şubesi	D2 (2.ci durak)	43	3	129
2	S1 Şubesi	D10 (10.cu durak)	47	11	517
3	S2 Şubesi	D1 (1.ci durak)	21	7	147
4	S2 Şubesi	D3 (3.cü durak)	38	2	76
5	S2 Şubesi	D5 (5.ci durak)	48	3	144
6	S2 Şubesi	D8 (8.ci durak)	3	8	24
7	S3 Şubesi	D1 (1.ci durak)	13	2	26
8	S3 Şubesi	D4 (4.cü durak)	40	2	80
9	S3 Şubesi	D6 (6.cı durak)	57	3	171
10	S4 Şubesi	D7 (7.ci durak)	39	8	312
11	S4 Şubesi	D8 (8.ci durak)	26	8	208

12	S5 Şubesi	D8 (8.ci durak)	21	17	357
13	S5 Şubesi	D9 (9.cu durak)	44	5	220
Toplam Amaç Fonksiyonu Değeri = 2411					

Tablo 1.6'da verilen sonuçlara göre 5 ayrı şubeden kalkan araçlar 10 ayrı durak için günlük tek yön 141 km yol kat ederek personel servis hizmetini karşılamaktadırlar.

Çalışmanın bu aşamasında Tablo 1.7'de Güzergâhlara göre araç ve personel dağılım tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 1.7. Güzergâhlara Göre Araç ve Personel Dağılımları

Araç Türü	Hareket	Durak	Yolcu Sayısı
Minibüs_1 / Midibüs_1	S1 Şubesi	D2 (2.ci durak)	43
Midibüs_2 / Midibüs_3	S1 Şubesi	D10 (10.cu durak)	47
Midibüs_4	S2 Şubesi	D1 (1.ci durak)	21
Minibüs_2 / Minibüs_3	S2 Şubesi	D3 (3.cü durak)	38
Midibüs_5 / Midibüs_6	S2 Şubesi	D5 (5.ci durak)	48
Minibüs_4	S2 Şubesi	D8 (8.ci durak)	3
Minibüs_5	S3 Şubesi	D1 (1.ci durak)	13
Minibüs_6 / Minibüs_7	S3 Şubesi	D4 (4.cü durak)	40
Minibüs_8 / Midibüs_7 / Midibüs_8	S3 Şubesi	D6 (6.cı durak)	57
Minibüs_9 / Minibüs_10	S4 Şubesi	D7 (7.ci durak)	39
Minibüs_11 / Minibüs_12	S4 Şubesi	D8 (8.ci durak)	26
Midibüs_9	S5 Şubesi	D8 (8.ci durak)	21
Minibüs_13 / Midibüs_10	S5 Şubesi	D9 (9.cu durak)	44
Toplam		10 DURAK	440 Kişi

Tablo 1.7'de verilen sonuçlara göre firmanın elindeki araç filosu personel dağılımını en az maliyet ile yapmak konusunda yetersizdir. Firmanın tüm dağılımı optimum yapabilmesi için toplam 23 (13 minibüs + 10 midibüs) araç ihtiyacı vardır. Oysa firma 20 araçlık bir filo ile ihaleyi kazanmıştır. Bu bağlamda firmanın araç filosunu yenilemeye ihtiyacı vardır.

Aynı zamanda firmanın mevcut şubelerindeki araçların dağılımını da düzenlemesi gereklidir. S1 şubesi’de 1 midibüs ihtiyacı vardır. Ancak bu şubede 1 tane fazla minibüs vardır. S2 şubesinde 1 midibüs ihtiyacı vardır. S3 şubesinde de 1 minibüs ihtiyacı vardır. Bu şube ihtiyacını S1 şubesindeki fazladan karşılayabilir. S4 şubesinin 1 minibüs ihtiyacı vardır. S5 şubesinin 1 ihtiyaç fazlası minibüs’ü vardır. Bu fazlayı S4 şubesine aktarabilir. Böylece S4 şubesinin tüm ihtiyaçları karşılanmış olur. S1 şubesi, S2 şubesi ve S5 şubesinin de 1’er midibüs ihtiyacının satın alması gereklidir. Firma bu ihtiyaçlarını kiralama ya da satın alma yolu ile gidermek zorundadır.

İhale kazanan firmanın kurumun personel ulaştırma servisini yapabilmesi için şubelerde bulunan araçlardan 10 midibüs ve 13 minibüsün çalışması gerekir. Buna göre kurumun ulaştırma servisinin yapılarak 440 personelin iş yerlerine taşınabilmesi için 10 midibüs ve 13 minibüsün toplam 141 km. (tek yön) yol katetmesi gereklidir. Aynı şekilde diğer servisler içinde maliyet hesabında kullanılacak değerler aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

Personel ulaşım servisleri için ayda (bir ay 22 işgünü olarak alınmıştır.) kaydedilecek km.’den aylık yakıt maliyeti, aylık bakım-onarım giderleri ve aylık vergi giderleri toplanarak, servis maliyetleri bulunabilir. Her serviste kullanılacak araçlar minibüs veya midibüs olduğundan her km. tüketilen yakıt tutarı servisteki araçlara göre ağırlıklı ortalamadan hesaplanabilir.

Minibüs için her km.’de tüketileceği yakıt tutarı 0,370 ₺ ve midibüs için 0,460 ₺ alınırsa aşağıdaki Tablo 1.8 elde edilebilir.

Tablo 1.8. Optimum Sonuçlara Göre Toplam Yakıt Maliyetleri

Servis Araçları	Toplam Yakıt Tüketim Tutarı
Minibüs (13 adet)	Günlük Toplam = 141 km /gün x 0,46 ₺ = 64,86 ₺ Aylık Toplam = 64,86 ₺ x 22 gün = 1.426,92 ₺ Yıllık Toplam = 1.426,92 ₺ x 12 ay = 17.123,04 ₺
Midibüs (10 adet)	Günlük Toplam = 141 km/gün x 0,37 ₺ = 52,17 ₺ Aylık Toplam = 52,17 ₺ x 22 gün = 1.147,74 ₺ Yıllık Toplam = 1.147,74 ₺ x 12 ay = 13.772,88 ₺

Servis için gerekli olan araçların aylık bakım-onarım giderleri için aşağıdaki Tablo 1.9’da verilmiştir.

Tablo 1.9. Bakım-Onarım Giderleri Toplamı (₺)

Servis Araçları	Bakım-Onarım Giderleri Toplamı
Minibüs	93,0 / ay x 12 = 1.116 ₺ x 13 adet = 14.508 ₺
Midibüs	122,5 / ay x 12 = 1.470 ₺ x 10 adet = 14.700 ₺

Ayrıca her minibüs için verilen yıllık vergi tutarı 1.787 ₺ olmak üzere minibüs için toplam yıllık vergi tutarı 23.231 ₺ ve midibüs için yıllık vergi gideri 2.143 ₺ olmak üzere midibüs için toplam yıllık vergi tutarı 21.430 ₺ olarak hesaplanabilir. Sonuçta her servisinin şirkete toplam maliyeti çıkarılabilir.

Tablo 1.10. Toplam Ulaştırma Giderleri (₺)

Yakıt Gideri	Bakım-Onarım Gideri	Vergi Gideri	Toplam Gider
30.895,92	29.208,0	44.661,0	104.764,92

Şirketin yukarıda belirtilen maliyetler dışında ücretler, personel sigorta, araç sigorta, yeni araç bedeli ve sabit maliyetler olmak üzere 713.200,8 ₺ daha maliyeti vardır. Şirketin personel servisi için maliyetinden sonra, toplam geliri bulunarak buradan da net kar hesaplanabilir.

Şirket her servis ihalesi için kişi başı 150 ₺ - 180 ₺ arasında bir bedel ile ihaleye girmekte ve ihale sonunda, eksiltme oranı en fazla olan teklifi yapması durumunda ihaleyi kazanmaktadır. 2015 yılı için yapılan ihale sonucunda şirket kişi başı 157,5 ₺ ile ihaleyi kazanmıştır. Bu bedel üzerinden şirketin genel kâr durumu aşağıda Tablo 1.11'de verilmiştir.

Tablo 1.11. Net Kâr (₺)

Toplam Gelir	Toplam Gider	Net Kâr
157,5 ₺ / ay x 440 kişi x 12 ay = 831.600 ₺	817.965,72	13.634,28

Sonuçta şirket elindeki kaynaklarını etkin olarak kullandığında yukarıdaki Tablo 1.11'de görüldüğü gibi kurumun personel ulaşım servisi taşımasından yıllık 13.634,28 ₺ elde edecektir. Mevcut şartlar altında şirketin ihaleyi kazanması ve zarar etmeden hizmet sunabilmesi için başa baş noktası kişi başına 154,91 ₺ teklif etmesi gereklidir. Bu rakamdan daha az teklif etmesi durumunda zarar edecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, Ankara il merkezinde bulunan bir kamu kurumunun personel servis ulaşım hizmetinin ve güzergâhının belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Kurumun insan kaynakları birim amirliğiyle yapılan çalışmayla, çalışmanın içeriği ve hedefleri tespit edilmiştir. Öncelikle temel unsur olan kurumun personel adresleri haritalara aktarılmıştır. Daha sonra bu adresler durak noktalarının oluşturulması amacıyla kümelenmiştir. Bundan sonraki aşamada, kabaca belli olan durakları yürüme ve zaman kısıtı göz önünde tutularak yeniden düzenlenmiş ve duraklarda gruplanmış ve her grup içinde en uygun güzergâh oluşturulmuştur.

Oluşturulan problem, bir güzergâh üzerinde tüm araçlar tarafından gidilen yol mesafesini enküçükleyecek şekilde, merkez düğüme bağlı kapasite ve uzaklık kısıtlarını aşmayan beş şubeden hareket noktasından takip edilecek güzergâhların belirlenmesi problemi olarak değerlendirilmiştir. Probleme ilişkin bir ulaştırma modeli geliştirilmiş, modele yönelik geçerli kısıtlamalar önerilmiş ve sonuçta VAM yöntemi ile elde edilen en iyi çözümü verilmiştir. Çözümün optimalliği MODİ tesisi ile sınanmıştır. Elde edilen çözümün mevcut uygulamayla karşılaştırıldığında daha iyi bir sonuç verdiği görülmüştür.

Personel daha az yakıt tüketimiyle daha kısa bir zamanda taşınabilmektedir. Mevcut uygulamada kat edilen mesafe günlük 350 km iken 282 km'ye düşmüştür. Bu düşmeye rağmen sevk edilen araçların miktarını artmış, kaynakların etkin kullanılması ve gider konusunda tasarruf sağlanmıştır.

Mevcut uygulamada 20 araç ile 350 km. yol katedilirken, önerilen çözümle 68 km. azaltılan bu mesafeye ulaşım hizmetinin sağlanması için 23 aracın görevlendirilmesinin gerekli olduğu bulunmuştur. Çalışma sonucunda, 10 adet durak tespit edilmiş ve önerilen çözümle % 10,42 oranında (yıllık 13.634,28 ₺) bir maliyet azaltımı olmuştur. Yıllık gider 825.415,8 ₺ iken 817.965,72 ₺ olarak gerçekleşmiştir. Yıllık kâr 13.634,28 ₺ yükselmiştir.

İlgili kurum mevcut durumda personel ulaştırma planlaması yılda 2 defa yani altı ayda bir yenilenmektedir. Güzergâhların tespiti bilgisayarlı paket yazılıma dayalı matematiksel modeller kullanılmadan yapıldığından tahsis edilecek araç cins ve miktarı ile güzergâhların belirlenmesinde küçük değişikliklerde dahi büyük zorluklarla karşılaşmaktadır. Ancak bu çalışma ile kurum personelin konut değiştirme ve diğer sebeplerle duraklarını noktalarını değiştirmesine yol açan adres değişikliklerini yönetime bildirme kaygısı ortadan kalkmıştır. Bu tür değişiklikler daha sık yapılan adres tespitleriyle belirlenerek gerekli yenilemeler planlamaya kolaylıkla çözümlenebilecektir. Ara dönemde yapılması gereken değişiklikler ve güzergâh belirleme faaliyetleri için, yeni durak yerleri ile talep

sayıları belirlenerek geliştirilen bilgisayar yazılımı destekli ulaştırma modeli ile kolaylıkla sonuç üretilebilecektir.

Önerilen yeni personel ulaşım modeli ile personelin ayakta taşınması önlenmiş, her aracın kendisine tahsis edilen duraklara yönelmesi, kısa güzergâh takip etmek suretiyle hedeflenen noktalara ve kesin varış yerine kısa sürede ulaşması mümkün olacaktır. Ankara ili gibi geniş coğrafi alanda yapılan çalışmada mesafelerin hassasiyetle tespiti güç olduğundan bu tür nokta ve güzergâh tespit faaliyetlerinde bilgisayar yazılımı destekli haritalar ve coğrafi bilgi sistemlerinden istifade edilmesinin faydalı olacağı, ayrıca uygulamada kullanılan araçların belirli aralıklarla yenilenmesinin, yakıt tüketimini azaltacaktır. Bakım ve onarım işlemlerinin titizlikle takibinin yapılması elde edilen sonuçları ve iyileştirmeleri daha iyi düzeye getireceği göstermiştir.

Bu çalışmada kullanılan personel dağıtım planının yenilenmesi şirketin minibüs ve midibüs yerine uzak mesafeli ulaştırmada tam doluluk oranına yakın bir kapasite kullanımı ile daha ekonomik olduğu bilinen otobüsler ile personel taşımacılığı yapmak üzere araç filosundaki araçların cinslerini değiştirmeye yönelik çalışmalar yürütülmesinin yıllık getiriye daha da arttıracığı ve toplam maliyeti azaltacağı öngörülmektedir. Daha sonraki görüşmelerde bunun verimli olduğu kadar personel memnuniyeti açısından da iyi bir sonuç getirdiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada elde sonuçlar tanımlanan probleme özel sonuçlardır. Bu tür lojistik programında her problem kendi özel amaç ve kısıtlarına sahip olduğu için benzer yöntemleri kullanan diğer yöntemlerin amaç ve kısıtları farklı olduğundan sonuçların birbirleri ile kıyaslanması doğru olmayacaktır. Bu amaçla bu çalışmada da sonuçlar sadece bu probleme özel olarak yorumlanmıştır. Literatür bölümünde bahsedilen diğer çalışma sonuçları ile kıyaslanma yapılmamıştır.

KAYNAKÇA

- Ai, J., Kachitvichyanukul, V. (2009). A Particle Swarm Optimization for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery. *Computers & Operations Research*, 36: 5, 1693 - 1702.
- Bektaş, T. ve S. Elmastaş (2004). Okul Araç Rotalama Probleminin Tamsayı Programlama ile Çözümü", 24. *Yöneyem Araştırması /Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi YA/EM'2004'*nde Sunulan Bildiri, 15 - 18 Haziran, Gaziantep – Adana, 3.
- Bowerman, R., B. Hall ve P. Calamai, (1995a). A Multiobjective Optimization Approach to Urban School Bus Routing: Formulation and Solution Method, University of Waterloo, Waterloo, ON, Canada, 13.
- Braca, J., J. Bramel, B. Posner, ve D. Simchi-Levi (1997). A Computerized Approach to the New York City School Bus Routing Problem" *IIE Transactions*, Cilt No 29, Sayı 8, 693 - 702.

- Bodin, L. ve L. Berman (1979). Routing and Scheduling of School Busses by Computer, "*Transportation Science*" Cilt No 13, Sayı 2, 113 - 129.
- Chapleau, L., Ferland, J., Rousseau, J. (1985). Clustering for Routing in Densely Populated Areas. *European Journal of Operational Research*, 20: 48 - 57.
- Dantzig G.B., Ramser J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem, *Management Science*, 6.
- Demiral, M. F. (2008). *Servis Araçlarının Rotalanmasında Optimizasyon ve Bir Uygulama*, Y. Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2.
- Dulac, G., Ferland, J., Fogues, P. A. (1980). School Bus Routes Generator in Urban Surroundings. *Computers and Operations Research*, 7:199 - 213.
- Laporte, G., Nobert, S. Y., Taillefer (1987). Solving a Family of Multi-Depot Vehicle Routing and Location-Routing Problems, *Transportation Science*, Cilt No 22, Sayı 3, 161.
- Lee, S. ve L. Moore (1977). Multi-Criteria School Bussing Models, *Management Science*, Cilt No 23, Sayı 7, 705.
- Li, L. ve Fu, Z., (2002). The School Bus Routing Problem: A Case Study. *Journal of Operations Resource Society*, 53: 552 - 558.
- Montané, T, F, A., Galvão, R, D. (2006). A Tabu Search Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-up and Delivery Service. *Computers and Operations Research* 33: 3, 595 – 619.
- Spada, M., M. Bierlaire, TH. M. Liebling (2005). Decision- Aiding Methodology for the School Bus Routing and Scheduling Problem", *Transportation Science*, Cilt No 39, Sayı 4, 477 - 490.
- Swersey, A. J. ve W. Ballard (1984). Scheduling School Buses", *Management Science*, Cilt No 30, Sayı 7, 844 - 853.
- Timor, M. (2001). Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, 128.
- Toth, P., Vigo, D., (2002), The Vehicle Routing Problem, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.
- Winston, W. L. (1994). *Operations Research: Applications and Algorithms*, Duxbury Press, California.