

Tam Sayılı Doğrusal Programlama ile Araç Atama Planlanması ve Bir Uygulama

M.Talha SEVAL^{1*}, Muhittin ERVUZ², Mehmet MİMAN³

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Şanlıurfa, Türkiye.

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Şanlıurfa, Türkiye.

³Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Şanlıurfa, Türkiye.

*talhaseval@belsan.com.tr

*muhittin.ervuz@flo.com.tr

*mmiman@harran.edu.tr

Özet

Araç atama problemi, bir veya birden fazla toplama noktalarından her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araçların, her biri talebe göre farklı lokasyonlara toplam sefer sayısının minimize edecek şekilde hizmet ederek toplama noktasına dönmesi için gerekli atamanın yapılmasıdır. Projenin temel unsurları, hat güzergâhının uzunluğu, günlük ihtiyaç duyulan sefer sayısı, kilometre başına kazanç ve araçların ortalama kilometre başına yaktığı yakıt ve her hatta kullanılacak araçların en iyi çözümün bulunmasıdır.

Çalışma da Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi Belsan A.Ş. araçlarının toplu taşımada ulaşımın sağlanması için tüm hatlarda ihtiyaç duyulan araçların karşılanmasıyla ilgili problem modellenmiştir. Bu çalışmanın amaçları operasyonları düzgün yürütmek çalışanların memnuniyetini yüksek seviyede tutmak ve maksimum verimi sağlamaktır. Araçlar hatlarda ihtiyaç duyulan sefer sayılarında daha az yakıt tüketimiyle atanabilmektedir. Mevcut atamada kat edilen mesafeye yeni atama arasında kat edilen mesafe aynı ama günlük kazançta iyileştirme yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda her hatta ihtiyaç duyulan hizmet karşılanmış, tasarruf sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç Atama Problemi, Tam Sayılı Doğrusal Programlama, Toplu Taşıma

1. GİRİŞ

Son yıllarda şehir içi toplu ulaşım faaliyetlerini sağlayan kurumlar kazancını arttırmak ve daha kaliteli hizmet verebilmek adına filosunu etkin bir şekilde kullanmaktadır. Şehir içi toplu taşıma hizmeti veren kurumların araçlarının verimliliğini ve verilen hizmet kalitesini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılması gereklidir. Doğru atamalar sonucunda bu kurumlar daha çok kazanç ile daha iyi hizmet verebilmektedir. Bu bağlamda daha iyi hizmetin olmasında araç atamalarının önemi büyüktür. Çünkü araç atamada, vatandaşın talepleri ve hatlarda ihtiyaç duyulan araçların karşılanması doğrultusunda bir model oluşturularak hem vatandaşların hem de ilgili işlemlerin sistemli bir şekilde hizmet yapılması sağlanmaktadır.

Klasik atama modeli, çoğu zaman gerçek hayat problemlerinin çözümü için yeterli olmayabilir. Bu yetersizliğin altında, atanacak iş sayısı ile atanacak kişi sayısının eşit olmaması, aynı işe birden fazla kişinin atanmasının gerekliliği, atama işlemi ile ilgili parametrelerdeki belirsizlik, atama işlemi ile ilgili

olarak ulaşılmak istenen birden fazla amaç gibi birçok gerçek hayat durumu yatabilir. Bütün bu sebepler atama işleminin, başka yapılar oluşturularak yapılması için birer sebeptir[1].

Mevcut sistemde araç atamaları gerçekleştirilirken bilimsel esaslar dikkate alınmadığından yapılan atamaların görev ve maliyet etkinliğinin sorgulanmasına neden olmuştur. Kaynakların verimli kullanılması ve maliyet kalemlerinin minimize edilmesinin öneminin arttığı bu günlerde çalışmanın yapıldığı bu kuruma bir öneri olarak sunulacaktır.

Kırıkkale’de tıbbi atık toplayan bir işletmenin kullandıkları araçlar için en uygun rotayı belirleme ve maliyeti minimize etme çalışmışlardır. Hizmet verilen işletmelerin konumlarını dijital haritadan birbirlerine olan mesafelerini hesaplayarak en uygun rotaya ulaşmışlardır. Bu çalışma sonrası işletmeye önerilen modelde aylık yol mesafesini %20.63 oranında iyileştiren çözüm önerilmiştir[2]. Lojistik yönetiminde merkezi depolardan diğer teslim noktalarına taşıma mesafelerinin ve maliyetlerinin minimize etme çözüm önerilerin önemi gittikçe artmaktadır. Fakat bu çalışmada işletmelerin maliyet kalemlerinden daha çok çevreye duyarlı taşıma çözüm önerisi ortaya koyulmuştur[3]. Polis devriye aracının herhangi bir bölgenin belirli bölgesinden bir defa geçmek şartıyla en iyi rota çözüme katkı sağlamıştır[4]. Bir çalışmada kamu kurumunda görev yapan personel belli güzergâh ve duraklardan taşınması problemini ele almıştır. Çalışma sonucunda kat edilen toplam mesafe düşürülmesine rağmen araç sayısı ve aracı kullanan personel sayısı artmıştır. Fakat yine de yıllık giderde %10.42 oranında iyileşme sağlanmıştır[5]. Turizm sektöründe faaliyet gösteren transfer şirketinin önceden belirlenmiş otel- havalimanı arasındaki transfer mesafelerini ve sürelerini minimize edecek model ortaya koymuşlardır. Çalışma da ayrıca transfer sürelerini minimize ederek müşteri memnuniyetini de ön planda tutmaktadır[6]. Ankara ilinde ürün dağıtımını yapan yetkili servisteki araçların rotalarının belirlenmesi için zaman pencereli araç rotalama problemi ele alınmıştır. Kurulan matematiksel modelde kat edilen mesafe %69,9 oranında iyileştirilerek hizmet verileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır[7].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Sistem Analizi

Bu çalışmada Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi Belsan A.Ş kuruluşunda araç atamaları manuel olarak günlük yapılmaktadır. Bu çalışma da şehir içi toplu ulaşım ihtiyacını karşılayan araçların hatlara dengeli ve karı maksimum yapacak şekilde atanmıştır. Bu araçlar 7 metre, 9 metre, 12 metre ve 18 metre olmak üzere 4 farklı araç grubundan toplam 315 araç her birinin uzunlukları farklı olan 45 hatta her bir hat için ihtiyaç duyduğu araç sayısı karşılanmak üzere atama yapılmıştır. 315 aracın 132 tanesi 7 metre, 55 tanesi 9 metre, 103 tanesi 12 metre ve 25 tanesi 18 metredir.

2.2 Tablolar ve Şekiller

Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi Belsan A.Ş. toplu taşıma araçlarının hizmet ettiği 45 hattın hat numaraları, hattın kilometre uzunlukları ve o hatta ihtiyaç duyulan araç sayıları Tablo-1’de verilmiştir.

Tablo 1. Hat Numaraları, Hattın Uzunlukları ve İhtiyaç Duyulan Araç Sayıları

Hat Numaraları	Hat Uzunluklar	İhtiyaç Duyulan Araç Sayıları	Hat Numaraları	Hat Uzunluklar	İhtiyaç Duyulan Araç Sayıları
1	11.5	8	24	18.6	14
2	9.5	8	25	14	2
3	11.7	8	26	17.6	6
4	11.8	8	27	37.5	14
5	9.8	8	28	32.5	2
6	10.4	4	29	38	1

7	12.2	6	30	4.8	1
8	15.4	6	31	18.8	10
9	18.9	6	32	15.7	8
10	20	4	33	24	8
11	19.7	6	34	1.8	1
12	22.7	6	35	28.9	12
13	12.9	4	36	26.8	10
14	21.5	4	37	21	12
15	16	4	38	26.3	14
16	19.7	6	39	21.3	8
17	7.9	12	40	13.2	1
18	13	6	41	61.8	1
19	13	6	42	52.9	1
20	16.6	12	43	48.3	1
21	17.5	8	44	56.5	1
22	18	8	45	28.2	1
23	13.7	6			

Toplu taşıma araçlarının araç uzunluklarına göre kilometre başına getirisi Tablo-2’de verilmiştir.

Tablo 2. Her bir araç grubunun kilometre başına getirisi

Araç Uzunlukları	Kilometre Getirisi
7 Metre	₺5,17
9 Metre	₺5,19
12 Metre	₺5,49
18 Metre	₺5,91

Hat uzunlukları ve araç grubuna göre kilometre getirisi ile her bir aracın her hattaki maliyeti hesaplanmış hatlarda en çok getirisi olan araçlar ve her hatta ihtiyaç duyulan araç sayılarına göre atama yapılmıştır.

2.3 Denklemler

Bu çalışmada kısıtlar araç uzunluklarına ve hattın durumuna göre belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bazı hat güzergâhında ki yol durumundan dolayı bazı araçların o güzergâhta çalışamayacağı belirlenmiştir. Çalışma kapsamı itibariyle, çalışma yapılan kurumun araç sayısı ölçüsünde, bazı hatlarda çalışmayacak araçları ve bir günde hatlarda ihtiyaç duyulan araç sayısını karşılayacak modelleme çalışması olup; problem bir “doğrusal karar modelidir.” Modelin amaç fonksiyonu atanan araçların getirisi için toplam karın eniyilenmesi (maksimizasyonu) olacaktır. Bu çalışmadaki karar modeli hatlara araç atanıp/atanmaması (karar değişkeninin) 0-1 tamsayı değer alması gerektiğinden dolayı “0-1 tam sayılı doğrusal programlama” modelidir. Tam sayılı doğrusal programlama modelinde kullanılan gösterim aşağıda verilmiştir:

Setler :

*A:*Araç Sayısı = 1,2,3,...,i=315

H: Hat Sayısı = 1,2,3,...,j=45

Parametreler :

l_j : j . hattın $\in H$ kilometre cinsinden uzunluğu

s_{ij} : i .araç $\in A$, j .hatta $\in H$ atanırsa bu hatta yapılması gereken sefer sayısı

c_{ij} : i .araç $\in A$, j . hatta $\in H$ çalışırsa kilometre başına yakıt tüketimi

g_j : j .hatta $\in H$ kilometre başına getiri

b_j : j .hatta $\in H$ ihtiyaç duyulan araç sayısı

p_{ij} : i .araç $\in A$, j .hatta $\in H$ çalışırsa toplam kazanç

Karar Değişkenleri :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & i.\text{araç} \in A, j.\text{hatta} \in H \text{ atandıysa} \\ 0 & a / t \end{cases}$$

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Max} \sum_{i \in A} \sum_{j \in H} x_{ij} p_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar :

1.Kısıt: Her hattın ihtiyaç duyduğu araç sayısı karşılanmalıdır.

$$\sum_{i \in A} x_{ij} = b_j \quad , \forall j \in H \quad (2)$$

2.Kısıt : Bir araç en fazla bir hatta çalışmalıdır.

$$\sum_{j \in H} x_{ij} \leq 1 \quad , \forall i \in A \quad (3)$$

3.Kısıt: 12 ve 18 metrelik araçlar 1,2,3,4,10,11,25,26,35,38,40 numaralı hatlarda çalışamaz.

$$\sum_{i=188}^{314} x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4} + x_{i10} + x_{i11} + x_{i25} + x_{i26} + x_{i35} + x_{i38} + x_{i40} = 0 \quad (4)$$

4.Kısıt: 9,12 ve 18 metrelik araçlar 5,6,7,12,13,14,16,28,29,30,31,34,41,42,43,44,45 numaralı hatlarda çalışamaz.

$$\sum_{i=133}^{314} x_{i5} + x_{i6} + x_{i7} + x_{i12} + x_{i13} + x_{i14} + x_{i16} + x_{i28} + x_{i29} + x_{i30} + x_{i31} + x_{i34} + x_{i41} + x_{i42} + x_{i43} + x_{i44} + x_{i45} = 0 \quad (5)$$

5.Kısıt: 18 metrelik araçlar 8,9,15,18,19,20,21,23,24,32,33,36,37,38,39 numaralı hatlarda çalışamaz.

$$\sum_{i=291}^{314} x_{i8} + x_{i9} + x_{i15} + x_{i18} + x_{i19} + x_{i20} + x_{i21} + x_{i23} + x_{i24} + x_{i32} + x_{i33} + x_{i36} + x_{i37} + x_{i38} + x_{i39} = 0 \quad (6)$$

6.Kısıt: 7 metrelik araçlar 8,9,20,33,38,39 numaralı hatlarda çalışamaz.

$$\sum_{i=1}^{132} x_{i8} + x_{i9} + x_{i20} + x_{i33} + x_{i38} + x_{i39} = 0 \quad (7)$$

7.Kısıt: 7 ve 9 metrelik araçlar 17 numaralı hatta çalışamaz.

$$\sum_{i=1}^{187} x_{i17} = 0 \quad (8)$$

8.Kısıt: 7,9 ve 12 metrelik araçlar 27 numaralı hatta çalışamaz.

$$\sum_{i=1}^{290} x_{i27} = 0 \quad (9)$$

9. Kısıt: Araç hatta çalışıyordur veya çalışmıyordur

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad , \forall i \in A, \forall j \in H \quad (10)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 14175 değişkenli ve 366 kısıtlı Model çözümünde Intel (R) Core (TM) i7-7700HQ CPU @2.80GHz işlemcisi 16 GB belleği ve Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayar ile ilgili verilerin girilmesiyle model ILOG CPLEX studio IDE programında yazılmış ve CPLEX çözücüsü ile 00.99 sn'de çözülmüştür. Çözüm sonucunda hatlarda ihtiyaç duyulan araçlar karşılanmış ve kar %9, 2 artmıştır. Atama sonucu Tablo-3'de hat numaraları ve araçlar gösterilmiştir.

Tablo 3. Atama sonucu hat numarası ve araçlar

Hat Numarası	Araçlar												
1	16	17	19	20	21	127	149	150					
2	167	168	169	170	171	172	173	174					
3	159	160	161	162	163	164	165	166					
4	151	152	153	154	155	156	157	158					
5	38	40	42	43	44	52	64	131					
6	41	49	63	84									
7	11	12	13	15	124	130							
8	188	222	223	225	274	275							
9	133	264	265	266	267	268							
10	18	31	45	53									
11	73	75	77	83	102	107							
12	89	90	100	117	120	123							
13	14	78	80	115									
14	56	70	71	87									
15	68	88	119	214									
16	59	61	62	93	94	96							
17	288	289	290	304	305	306	307	308	309	310	311	312	
18	192	193	197	230	279	281							
19	194	195	196	232	278	280							

20	175	176	177	178	210	211	238	243	248	255	256	257							
21	3	4	72	92	111	113	114	122											
22	54	55	57	58	60	86	108	109											
23	233	236	237	282	283	284													
24	199	200	201	202	227	244	245	246	247	249	250	251	286	287					
25	1	51																	
26	2	67	69	85	104	110													
27	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	315					
28	24	48																	
29	46																		
30	37																		
31	22	26	27	29	30	32	33	34	35	36									
32	198	219	221	239	240	241	242	285											
33	134	216	217	218	269	271	272	273											
34	132																		
35	5	6	7	8	9	10	91	95	112	121	125	128							
36	47	50	66	81	82	98	99	101	116	118									
37	203	204	205	206	207	208	209	220	224	231	234	252							
38	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148					
39	189	190	191	215	226	228	229	277											
40	103																		
41	23																		
42	28																		
43	126																		
44	97																		
45	129																		

4. SONUÇ

Bu çalışmada ki araç atama problemi, şehir içi toplu taşıma faaliyetini gerçekleştiren Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi Belsan A.Ş'nin araçlarının etkin, verimli çalışması ve kaliteli hizmetler sunması için düşünülmüş bir modeldir. Araç ve hat sayılarının fazla olması sebebiyle böyle bir çalışmayı oluşturmak hem zaman anlamında hem de karı arttırma anlamında çok zordur. Bundan dolayı matematiksel modeller ile kısa bir sürede en iyi sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Şehir içi ulaşımında araç atama problemi için gerekli olan bilgilerin toplanması, raporlanması ve değerlendirilmesi oldukça karmaşık bir iştir. Bu nedenle veriler açık ve net şekilde toplanıp ölçütler ve standartların belirlenmesiyle proje amacına uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma ile modelde belirli değişkenlerin sayıları belirlenerek yukarıdaki gösterime göre 1 karar değişkeni ve 9 kısıt satırından oluşturulan model ILOG CPLEX studio IDE programında çözüldüğünde, planlamada değerlendirmeye alınan 345 aracın ihtiyaçlar doğrultusunda 283 tanesi kullanılmıştır. Araçların hangi hatlarda çalışması gerektiğini en uygun bir şekilde atanması sağlanmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre mevcut sistem ile yeni oluşturulan atama sistemi farklı sonuçlar vermektedir. Yeni atama sistemi ile çalışma yapılan kurumda çalışan araçların verimliliği artmıştır. Yapılan çalışma sonucunda %9,2 iyileştirme sağlanmıştır.

5. TEŞEKKÜR BÖLÜMÜ

Bu çalışmayı destekleyen Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi Belsan A.Ş kurumuna, çalışmaya katkı sağlayan yazılım uzmanı Burak Hayırlı' ya yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

REFERANSLAR

- [1] Kağnıcıoğlu and Yıldız(2006). "0-1 Tamsayılı bulanık hedef programlama yaklaşımı ile sınav görevlisi atama probleminin çözümü."Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 7,413-429
- [2] Güvez, Hakan, D. E. G. E. Muhammet, and E. R. E. N. Tamer (2012). "Kırıkkale'de Araç Rotalama Problemi ile Tıbbi Atıkların Toplanması." Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi 4.1 , 41-45.
- [3] Bolat, Hür Bersam, et al. (2011). "Yeşil lojistik zincirinde araç rotalama problemi için bir model önerisi."
- [4] Durucasu, Hasan (2004). "Bir Polis Devriye Aracı Rotasının Elektronik Çalışma Sayfası Modeli Yardımıyla Belirlenmesi."
- [5] Murat, A.T.A.N. and Pınar ŞİMŞEK(2017). "Doğrusal Programlama İle Araç Atama Probleminin Çözümlemesi." Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 4.11, 339-358.
- [6] Pala, Osman, et al. "Turizm Sektöründe Araç Rotalama Problemi Ve Karar Destek Sistemi Uygulaması." Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 4,4, 203-213.
- [7] Atmaca, H. Ediz, et al. (2015) "Ankara İlinde Ürün Dağıtımı Yapan Bir Beyaz Eşya Yetkili Servisinin Araç Rotalama Problemine Çözüm Yaklaşımı, sayfa: 99-105." Politeknik Dergisi 18.2.

Geliş/Received: 5 Ara 2018/5 Dec 2018

Kabul Ediliş/Accepted: 24 Ara 2018/24 Dec 2018