

ULAŞIM AĞLARINDA BENZETİM YARDIMIYLA ARZ PLANLAMASI: KİLİS - GAZİANTEP ÖRNEĞİ

Mehmet ÖZÇALICI¹
Ayşe Tuğba DOSDOĞRU²
Aslı BORU İPEK³
Mustafa GÖÇKEN⁴

ÖZ

Bu çalışmada, Kilis – Gaziantep karayolu yolcu taşıma faaliyeti benzetim yardımıyla incelenmiştir. Faaliyetin iyi yönetilmediği durumlarda araçlar iki şehir arasında boş sefer düzenlemekte ve bu durum bir maliyet unsuru olduğu gibi, çevreye de zarar vermektedir. İncelenen benzetim modelinde, müşteriler arası varış süresi detaylı bir şekilde modellenmiştir. Oluşturulan talep modelini kullanmak suretiyle, rastgele varış süreleri üretilmiş ve yıl içerisinde toplam sefer sayısı, müşterilerin bekleme süreleri ve araçların bir sonraki sefer için bekleme süreleri benzetim suretiyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ulaşım ağının etkin yönetilmesini sağlayacak bilgiler içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım Ağları, Benzetim, Yöneylem Araştırması

SUPPLY PLANNING IN TRANSPORTATION NETWORKS VIA SIMULATION: THE CASE STUDY OF KİLİS – GAZİANTEP

ABSTRACT

In this study, Kilis – Gaziantep highway passenger transportation activity is examined with simulation analysis. When the operation is not managed well, deadheadings which means cost and harm to the environment occurs. A simulation model is created with the help of a detailed inter-arrival rate of passengers. Random inter-arrival time of passengers is produced. As a result, total number of runs, standby time of passengers and waiting times for vehicles for the next run is examined by simulation analysis. Results include useful information to ensure effective management of the transportation network.

Keywords: Transportation Networks, Simulation, Operations Research

Giriş

Ulaştırma sektörü dünyadaki birçok ülke için olduğu gibi, Türkiye için de son derece önemli sektörlerdendir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre (TUİK, 2017), 2016 yılında, Ulaştırma ve depolama sektörünün Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) içindeki

¹ Doç.Dr., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, mozcatici@kilis.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0384-6872.

² Dr. Öğr. Üyesi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, adosdogru@atu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1548-5237.

³ Arş. Gör, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, aboru@atu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6403-5307.

⁴ Doç. Dr., Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, mgocken@atu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1256-2305.

Received/Geliş: 26/12/2018 Accepted/Kabul:01/09/2019, Research Article/Araştırma Makalesi

Cite as/Alıntı: Özçalıcı, M., Dosdoğru, A.T., İpek Boru, A. ve Göçken, M., (2019), “Ulaşım Ağlarında Benzetim Yardımıyla Arz Planlaması: Kilis-Gaziantep Örneği”, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, cilt 28, sayı 2, s.149-161

payı %7,56 oranındadır. Toplam istihdamın %4,4'ü ulaştırma ve depolama alanına aittir. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Esnaf ve Sanatkârlar Genel Müdürlüğü verilerine göre (GTB, 2017) ise sayısı en çok artan meslekler arasında minibüsçülük 2016 yılında on birinci sırayı almaktadır. Meslek koluna göre işyeri sıralamasında, minibüsçülük 110252 işyeri ile ikinci sırada yer almaktadır. 2016 yılında minibüsçülük mesleğine 802 tescil gerçekleştirilmiştir. Bu istatistikler minibüsçülüğün Türkiye ekonomisi içinde belirli bir ağırlığa sahip olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada Kilis – Gaziantep arası yolcu taşımacılığı benzetim modeli oluşturulmuştur. Kilis, Gaziantep'in bir ilçesi iken, 10 Haziran 1995 yılında il olmuştur. 136319 nüfusa (TÜİK, 2017) sahip Kilis ilinin sadece Gaziantep ile sınırı bulunmaktadır. Bu durum Kilis'te ikamet edenler için Gaziantep'in önemini vurgulamaktadır. Başka bir açıdan bakıldığında ise, Kilis'e ulaşım ağırlıklı olarak Gaziantep üzerinden gerçekleştirilmektedir. Kilis - Hatay arasında da karayolu bulunmaktadır. Ancak bu mesafe 119 km'dir (Gaziantep ile olan mesafeden daha uzak - yaklaşık iki katı) ve yolun yapısı iyi durumda değildir. Başka bir ifade ile Kilis'e gitmek isteyen bir kişinin olası yolları sıralanırsa; Hatay üzerinden gidilebilir (yolu uzatmak anlamına geldiği için tercih edilmez), özel araç ile gidilebilir, direkt Kilis'e bilet alabilirler ya da Gaziantep'e gelip, Kilis'e minibüs ile gidebilirler.

2007 yılında Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nin kurulması ile birlikte, iki şehir arasında yolculuk edenlerin sayısında da artış yaşanmıştır. TÜİK'ten alınan verilere göre 2016-2019 periyodunda net göç hızı Kilis için %0,11 olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2017). Tanımlayıcı nitelikte olan bu bilgiler, iki şehir arasında yolcu taşıyacak olan işletmenin, ulaşım ağını iyi bir şekilde planlaması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. İşletmenin kaç araç ile taşıma faaliyetlerini gerçekleştirmesi gerektiği, bölgelerde kaç araç bulunması gerektiği ve benzeri konular işletmenin karlılığı üzerinde doğrudan etkiye sahiptir.

Kilis - Gaziantep arası karayolu yolcu taşımacılığı eski tarihlerde, birbirinden bağımsız minibüs sahipleri tarafından gerçekleştirilmekteydi. Daha sonra, bağımsız olan bu minibüsler, bir kooperatif altında birleşti ve uzun yıllar tek işletme olarak yolcu taşımalarına devam etti. Yakın zamanda ise benzer servis anlayışına sahip bir işletme daha kuruldu. Yolcu taşımacılığı, 16 yolcu taşıma kapasitesine sahip minibüsler tarafından gerçekleştirilmektedir.

Ulaşım ağlarında benzetim ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, araçların hareket saatlerinin belirli olduğu ulaşım ağı modellerinin incelendiği görülmektedir (Berdai vd., 2002; Bohari, Bachok, ve Osman, 2014, s. 542-552; Fernández, 2010; Guimarães vd., 2018, s. 732-752; Gültekin ve Eren, 2014, s. 235-242; Meignan, Simonin, ve Koukam, 2007, s. 659-671; Pekel ve Soner Kara, 2015; Sebastiani, Luders, ve Fonseca, 2016, s. 2777-2786). Bu çalışmada ise, incelenen modellerin aksine, araçların belirli bir hareket saatinin olmadığı bir ulaşım modeli tanıtılmakta ve incelenmektedir. Araçların hareket saatinin belirli olmadığı ulaşım ağı modellerinin incelenmesi için matematiksel modellerin uygun olmayacağı açıktır. Bu gibi belirsizliğin hâkim olduğu modellerin benzetim yardımıyla incelenebileceği ifade edilebilir.

Çalışmada incelenen ulaşım ağının en önemli unsuru talep, başka bir ifade ile müşteriler arası varış süresidir. Çünkü bir aracın hareket etmesi tamamen talebe bağlıdır. Çalışmada ilk olarak müşteriler arası varış süreleri belirlenmiş, bu süreler gerçek veriler yardımıyla doğrulanmış ve daha sonra, benzetim analizi gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan

araç hareketleri ve bekleme süreleri incelenmiştir. Farklı araç bileşenleri ile benzetim tekrarlanmış ve bu şekilde en uygun araç bileşeni belirlenmiştir.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Bu giriş bölümünden sonra, ikinci bölümde konu ile ilgili önceki yapılmış çalışmalar özetlenmiştir. Üçüncü bölümde uygulama ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise benzetim sonuçları raporlanmıştır. Beşinci bölüm ise sonuç ve tartışmaya ayrılmıştır.

Ulaşım Ağlarında Benzetim Kullanımı

Benzetim tekniği birçok ulaşım ve işletmecilik alanında başarı ile uygulanmaktadır. Benzetim tekniğinin ulaşım problemlerine uygulandığı çalışmalar; karayolu, demiryolu ve deniz yolu olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Aşağıda karayolunda benzetim çalışmalarını uygulayan çalışmalar özetlenmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, ulaştırma alanında gerçekleştirilen çalışmalar hakkında literatür tarama makaleleri de yer almaktadır. Örneğin Lojistik ve Tedarik Zinciri kapsamında kesikli olay benzetimi ve sistem dinamiklerini gerçekleştiren çalışmalar Tako ve Robinson'un çalışmasında gözden geçirilmiştir (Tako ve Robinson, 2012, s. 802–815). Farklı türleri içeren yük taşımacılığı sistemleri üzerine yapılan çalışmalar için bir sınıflandırma da geliştirilmiştir (Crainic, Perboli, ve Rosano, 2018, s. 401–418).

Karayolu Ulaşımında Benzetim Analizi

Şehir içi yolcu taşımacılığının optimize edilmesine ait çalışmalardan birisi Yılmaz ve arkadaşlarına aittir (Yılmaz, Taşkın, ve Gümüş, 2014, s. 105–137). Çalışmada Sakarya'da şehir içi yolcu taşımacılığını gerçekleştiren sistemin aksaklıkları göz önüne serilmiş ve yeni tip otobüslerin alınması durumunda durumun nasıl en uygun olacağına ilişkin hesaplamalar yapılmıştır. Benzetim analizi, kamuya ait ulaşım sistemlerinde, iki otobüs arasındaki transfer süresinin minimum kılmak için de kullanılmıştır (Berdai vd., 2002). Meignan ve arkadaşları, kent içi otobüs ağlarının benzetimini ve analizini gerçekleştirmişlerdir (Meignan, Simonin, ve Koukam, 2007). Fransa'da yer alan Belfrot şehrine ait verileri kullanmak suretiyle önerdikleri yöntemi denemişlerdir. Sonuçların şehir yetkilileri tarafından, ulaşım sistemlerinin tasarımında kullanılabileceğini ifade etmektedirler. Birçok mikroskobik trafik benzetiminde otobüs duraklarının ana benzetiminin bir parçası olarak modellendiği ifade edilmekte ve yazarlar durak faaliyetlerinin kendilerine ait varış ve ayrılış özelliklerinin modellenmesi gerektiğini ifade etmektedirler. Fernandez, trafik analizi çerçevesinden, kamu taşıma araçlarının durakları mikroskobik benzetime tabi tutmuştur (Fernández, 2010, s. 856–868). Farklı taşıma problemlerinin çözümü için benzetim tabanlı bir optimizasyon tekniği ise Osorio ve Bierlaire'nin çalışmasında önerilmektedir (Osorio ve Bierlaire, 2013, s. 1333–1345). Benzetim tekniğinde, analitik kuyruk ağ modeli de kullanılmaktadır. İsveç'teki Lausanne şehri için trafik sinyal kontrol problemi dikkate alınmıştır. Önerdikleri modelin ortalama seyahat zamanını azalttığını ifade etmektedirler.

Pekel (2015), İstanbul'daki metrobüs hattında müşterilerin memnuniyetini artırmak için benzetim çalışması gerçekleştirmiştir (Pekel, 2015). Farklı senaryolar geliştirilmiş ve bunların olası etkileri benzetim analizi yardımıyla belirlenmiştir. Yine İstanbul'da Metrobüs hattı için benzetim tabanlı bir çizelgeleme Pekel ve Soner Kara tarafından uygulanmıştır (Pekel ve Soner Kara, 2015, s. 66–76). Farklı senaryolar geliştirilmiş ve bu senaryolar benzetim analizine tabi tutulmuştur. Sonuçta en iyi senaryo belirlenmiş ve yöneticiler için öneriler sunulmuştur. Bolkovska ve Petuhova (2016)

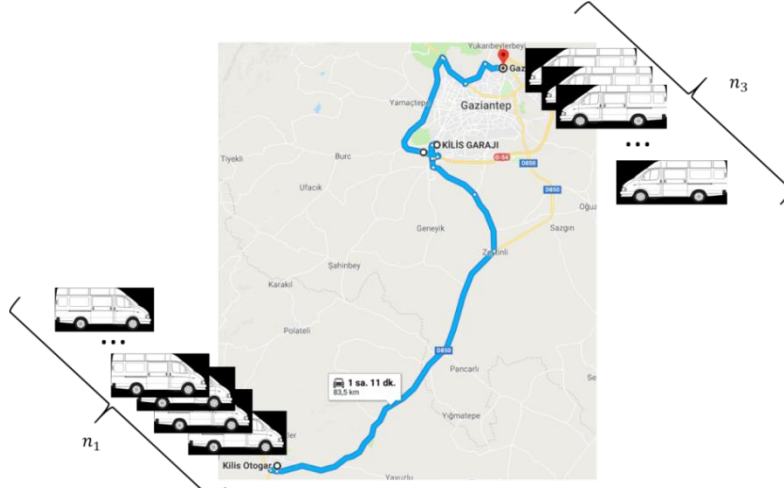
Letonya'da yer alan şehirler için birden çok araç çeşidini içeren taşımacılık sistemini benzetim yardımıyla test etmişlerdir (Bolkovska ve Petuhova, 2016, s. 530–538). Önerilen sistem, tren ve uluslararası otobüs için test edilmiştir. Çalışmanın sonunda çeşitli öneriler yer almaktadır. Kent içi ulaşımda kullanılan elektrikli otobüslerin enerji kullanımları kesikli olay benzetimine tabi tutulmuştur (Sebastiani, Luders, ve Fonseca, 2016, s. 2777–2786). Çalışmalarında matematiksel modeller yardımıyla dolun istasyonu sayısı ve ortalama dolun süresini minimum kılacak çözümler önerilmiştir. Abid ve Hussain, benzetim yardımıyla ulaşım ağı planlaması gerçekleştirmişlerdir (Abid ve Hussain, 2017, s. 272–279). Irak'ta yer alan Mansur şehri için trafik yoğunluğunu azaltacak önerilerde bulunmuşlardır. İstanbul'da yer alan Altunizade'nin trafiği için benzetim çalışması Batur ve Koç tarafından gerçekleştirilmiştir (Batur ve Koç, 2017, s. 20–35.). Farklı senaryolar benzetime tabi tutulmuştur. İstanbul'da yaşayanların katıldığı bir anket çalışması gerçekleştirmişlerdir. Özel bir benzetim programı kullanmışlardır. Farklı bir karayolu ulaşım sistemi ise Archetti ve arkadaşlarının çalışmalarında önerilmiş ve benzetim yardımıyla analize tabi tutulmuştur (Archetti, Speranza, ve Weyland, 2018, s. 1137–1161). Önerilen sistemde minibüslerin sabit durakları ve hareket saatleri yoktur. Yolcular, yolculuğun başlama ve bitiş saatini ve yeri ile ilgili iletişimde bulunmaktadır ve şartlar uygun olduğunda minibüsü kullanmaktadır. Benzetimde farklı alternatifler göz önünde bulundurulmuştur.

Benzetim Analizi

Benzetim gerçek hayat faaliyetlerinin bilgisayar ortamında taklit edilmesidir (Banks vd., 2014). Gerçek bir sistemin işleyiş karakteristiği hakkında çıkarımlarda bulunmak için, sistemin yapay bir tarihçesi oluşturulmaktadır. Ulaşım ağları için benzetim kullanıldığında ise, çeşitli senaryoların işletme faaliyetleri üzerindeki olası etkileri incelenebilir. Örneğin işletme araç sayısını düşürmek veya yükseltmek istiyorsa, bu durumların müşterilerin bekleme sürelerine, araçların yoğunluğuna vb. etkileri benzetim yardımıyla, gerçek yatırım gerçekleştirilmeden önce incelenebilir.

Çalışmanın Modeli

Çalışmanın modeli Şekil 1'de yer almaktadır. Bir işletmenin iki farklı bölgede araçları bulunmaktadır (n_1 ve n_3). Çalışmada ulaşım ağının benzetimini uygulamak için MATLAB yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma modeli [www.google.com.tr/maps]

İşletmenin üç farklı yerde şubesi bulunmaktadır. İşletmenin karargâhı Kilis Otogarda yer almaktadır. Çalışmanın genelinde kolaylık sağlamak adına Kilis Otogar, birinci bölge olarak adlandırılmıştır. Gaziantep'te ise iki ayrı şubeden araçlar hareket etmektedir. Bu şubelerden birisi, Gaziantep Üniversitesi civarında bulunan bölgedir. Bu bölge, çalışma genelinde ikinci bölge olarak adlandırılmıştır. Gaziantep'teki diğer hareket noktası ise Gaziantep Otogarı'dır ve burası çalışma genelinde üçüncü bölge olarak adlandırılmıştır. Birinci bölgeden üçüncü bölgeye ulaşım çevre yolundan sağlanmaktadır. Söz konusu mesafe 83 km'dir ve ulaşım yaklaşık olarak 1 saat 15 dakika sürmektedir. Birinci bölge ile ikinci bölge arası 55.3 km'dir ve ulaşım ortalama 44 dakika sürmektedir.

Talebin Yapısı

Dikkate alınan ulaşım modelinde, talebin belirsizliği önemli bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Yolcuların araca varış süreleri dalgalanma arz etmektedir. Söz konusu ulaşım modelinde araçların hareket etmesi, aracın tam kapasiteye ulaşmasına bağlı olduğundan benzetim modelinde yolcular arası varış süresinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yolcuların kaç dakikada bir minibüse vardıkları hakkında bir kayıt bulunmamaktadır. Bu nedenle de müşteriler arası varış süreleri yazar ve görüşme yapılan muavinler tarafından belirlenmiştir. Makalemizin birinci yazarı, lisansüstü eğitimi boyunca yaklaşık yedi yıl boyunca haftada en az bir kere Kilis - Gaziantep arası yolculuğu söz konusu minibüslerle gerçekleştirmiştir. Bu nedenle talebin yapısı hakkında yeterli düzeyde gözlem gerçekleştirmiştir.

İkinci bölgede bir tane ve diğer bölgelerde ikişer tane muavin bulunmakta olup muavinler araçlar hareket etmeden önce yolculuk ücretini toplamaktadırlar. Bu nedenle muavinler araçların hareketleri hakkında bilgi sahibidirler (günde kaç tane araç hareket etti, vb). Muavinler ile gerçekleştirilen sözlü görüşmeler neticesinde talep hakkında bazı bilgiler toplanmıştır. Buna ek olarak daha uzun süreler boyunca bu güzergâhta hareket eden yolcular ile de görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Müşteriler arası varış süresi için herhangi bir teorik olasılık dağılımı tercih edilmemiştir. Bunun yerine görüşmeler sonucu oluşturulan varış süreleri değerleri kullanılmıştır. Görüşmeler neticesinde Nisan, Mayıs, Haziran ve Eylül, Ekim, Kasım aylarında seferlerin daha yoğun, geriye kalan; Ocak, Şubat, Mart, Temmuz, Ağustos aylarında ise faaliyetlerin daha az yoğun (durgun) olduğu belirlenmiştir. Gününbirlik yapılan yolculuklar nedeniyle gün içerisinde bazı saatlerde yoğunluk yaşandığı belirlenmiştir. Bu saatler hafta içi için; 5:00 ve 8:00 arası ve 11:00 ve 13:00 arasındır. Hafta sonları ise 05:00 ve 08:00 arası yoğunluk gözlenmektedir. Bu bilgiler ışığında, üç farklı güzergâh için (Kilis - Gaziantep, Gaziantep Otogar - Kilis ve Gaziantep Üniversite - Kilis) müşteriler arası varış sürelerine ilişkin değerler oluşturulmuş ve bu değerler Tablo 1’de listelenmiştir.

Talebin yapısı Tablo 1’de yer aldığı gibidir. Örneğin, Kilis - Gaziantep seferleri (birinci bölge) için, yoğun aylarda, hafta içi, yoğun saatlerde on tane müşterinin beş tanesinin bir dakika arayla, üç tanesinin iki dakika arayla ve son olarak da iki tanesinin üç dakika arayla minibüse varması beklenmektedir. Aynı zaman dilimi için Gaziantep Otogar - Kilis arası (üçüncü bölge) için ise altı tane müşteriden birisinin bir dakika içinde, üç tanesinin iki dakika arayla ve iki tanesinin de üç dakika ara ile minibüse varması beklenmektedir. Diğer durumlar için müşteriler arası varış süresi ve sıklıkları Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Yolcu varışları arası süreleri

		Varışlar Arası Süre Dakika	Birinci Bölge Frekans	İkinci Bölge Frekans	Üçüncü Bölge Frekans
Yoğun Ay	Hafta içi	1	5	5	1
		2	3	8	3
		3	2	9	2
		4	-	6	-
		5	-	5	-
	Hafta Sonu	1	3	5	1
		2	5	8	4
		3	2	9	3
		4	-	6	-
		5	-	5	-
	Yoğun	1	11	5	1
		2	9	8	3
		3	-	9	2
		4	-	6	-
		5	-	5	-
Yoğun	1	2	5	1	
	2	3	8	4	
	3	5	9	3	
	4	-	6	-	
	5	-	5	-	
Yoğun	1	3	4	1	
	2	4	7	4	
	3	3	9	5	

Hafta Sonu	Yoğun Olmayan Saat	4	-	6	-
		5	-	5	-
		1	1	4	1
		2	5	7	7
		3	4	9	9
	4	-	6	-	
	5	-	5	-	
	Yoğun Saat	1	3	4	1
		2	6	7	4
		3	1	9	5
		4	-	6	-
		5	-	5	-
	Yoğun Olmayan Saat	1	1	4	1
		2	2	7	7
		3	2	9	9
4		-	6	-	
5		-	5	-	

Çalışmada 2019 yılı için zamanın özelliğine bağlı olarak tablodaki değerleri kullanmak suretiyle müşteriler arası varış süresi rastgele üretilmektedir. Yoğun ay - yoğun olmayan ay, hafta içi - hafta sonu, yoğun saat - yoğun olmayan saat gibi özellikler dikkate alınmakta ve ilgili frekans dağılımı rastgele varış süresini oluşturmak için kullanılmaktadır.

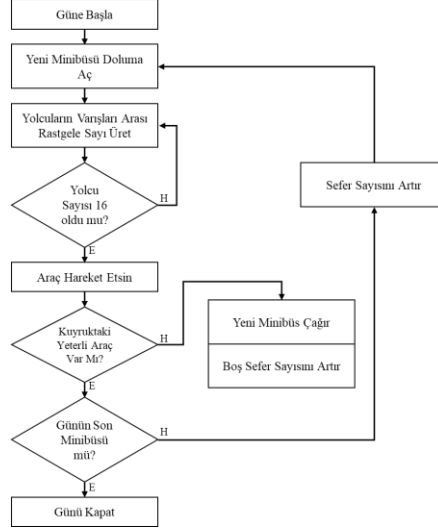
Örneğin, 20 Temmuz 2019 Cumartesi, saat 14:00 da birinci bölgede müşteriler arası rastgele varış süresi üretmek için Tablo 2'deki gibi dağılım kullanılmaktadır. Temmuz ayı yoğun olmayan bir ay niteliğindedir, Cumartesi hafta sonu ve saat 14:00 da birinci bölge için yoğun olmayan bir saat dilimidir. Bu koşulu sağlayan uygun frekans dağılımı Tablo 2'deki gibi rastgele sayı aralığına dönüştürülmektedir. Eğer rastgele sayı 0.458 (0.896) olarak üretilmişse, bu durumda söz konusu zaman dilimi için sisteme ikişer (üçer) dakika ara ile iki müşterinin gelişi planlanmaktadır.

Tablo 2: Örnek bir varış süresi hesaplama

Varış Süresi (dk)	Frekans	Yüzde	Kümülatif Yüzde	Sayı Aralığı
1	1	0.2	0.2	$0.0 < x \leq 0.2$
2	2	0.4	0.6	$0.2 < x \leq 0.6$
3	2	0.4	1.0	$0.6 < x \leq 1.0$

İşletme Faaliyetleri ve Varsayımlar

Şekil 2'de sıradan bir günde gerçekleştirilen faaliyetler özetlenmiştir. Her bölgenin güne başlama saatleri farklıdır. Buna rağmen faaliyetler ana hatları ile şekilde görüldüğü gibidir. Güne başlandığında, sıradaki araç faaliyete açılmakta ve yolcuların araca varmaları beklenmektedir. Yolcu sayısı 16 olduğunda, araç hareket etmekte ve kuryukta yeteri kadar araç olup olmadığı kontrol edilmektedir. Gerektiği durumda karşı taraftan araç çağrılmaktadır. Eğer araç, günün son aracı ise, araç dolduğunda hareket etmekte ve o günlük faaliyetler sona ermektedir.



Şekil 2. Tipik bir günde işletme faaliyetleri

Çalışmada incelenen ulaşım ağı ile ilgili varsayımlar aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- Birinci Bölgede hafta içi 5:20 ile 20:30 arası, hafta sonu ise 5:45 ile 20:30 arasında seferler düzenlenmektedir (Gerçek çalışma saatleri)
- İkinci Bölgede 6:45 ile 19:00 arası seferler bulunmaktadır (Gerçek çalışma saatleri)
- Üçüncü Bölgede 6:45 ile 22:30 arası seferler bulunmaktadır (Gerçek çalışma saatleri)
- Araçlar standarttır ve 16 kişi taşıyabilmektedir.
- Birinci bölgeden hareket eden her araç ilk olarak ikinci bölgeye uğramakta, daha sonra üçüncü bölgeye hareket etmektedir. Çalışmada kolaylık sağlaması açısından, ikinci bölge ile üçüncü bölge arasındaki mesafe göz ardı edilmiştir.
- Araçlar, tamamen dolunca hareket etmektedir. Başka bir ifade ile araca 16 yolcu binmediği sürece araçlar hareket etmemektedir.
- On altıncı müşteri geldiği zaman araç hareket etmektedir (Muavinlerin para toplamak için ek süre kullanmadıkları varsayılmaktadır).
- Bir araç karşı tarafa gittiği zaman (yolculuk süresi 85 dakikadır) kuyruğun sonunda tekrar sıraya girmektedir.
- Birinci bölgede kuyruktaki üç veya daha az sayıda araç bulunduğu durumda, talebi karşılamak adına üçüncü bölgeden araç çağrılmaktadır ve bu sefer boş sefer olarak adlandırılmaktadır.
- İkinci bölge, üçüncü bölgeye yakın olduğundan ve talep görece az olduğundan araçlar üçüncü bölgeden çağrılmaktadır. Araç ihtiyacı olduğu zaman, üçüncü bölgeden sıradaki araç çağrılmaktadır. Sıradaki aracın üçüncü bölgeden ikinci bölgeye hemen ulaşabildiği varsayılmaktadır.

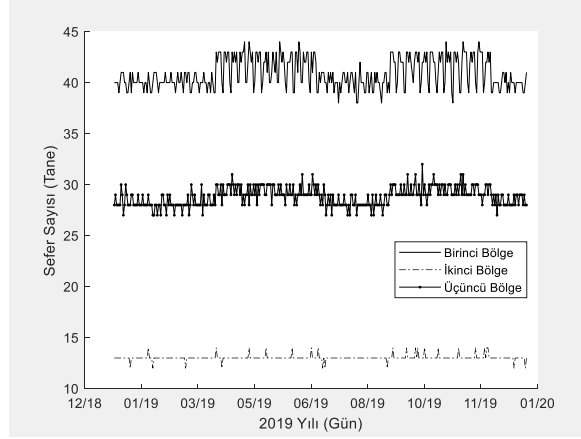
- Üçüncü bölgede kuyrukta beş veya daha az araç bulunduğu durumlarda, talebi karşılamak adına birinci bölgeden araç talep edilmekte ve bu sefer boş bir sefer olarak tanımlanmaktadır.
- Organizasyonun diğer faaliyetleri göz ardı edilmiştir. Örneğin müşteriler talep ettikleri takdirde araç kiralayabilmektedir. Bu seferler çalışmada göz ardı edilmiştir.
- Bu çalışma için, yılbaşında, araç bileşeni ile faaliyetlerin başlamakta olduğu kabul edilmektedir. Örneğin 1 Ocak 2019 tarihinde, 31 Aralık'tan kuyrukta yer alan araçlar dikkate alınmamakta ve yeni bir başlangıç yapıldığı varsayılmaktadır.
- Yolcuların kuyruktan ayrılması gibi bir olasılık söz konusu değildir. Başka bir ifade ile kuyrukta beklemekten vazgeçme dolayısıyla talep kaybı mümkün değildir.
- Çalışma saatleri dışına çıkmışsa, cari araç dolduğu zaman araç hareket etmekte ve o güne ilişkin faaliyetler son bulmaktadır.
- Her araca bir sürücü atanmıştır. Sürücülerin yetenekleri arasında herhangi bir farklılık bulunmamaktadır.

Benzetim Sonuçları

İşletmeden elde edilen bilgilere göre birinci bölgede 30 tane ve ikinci bölgede de 20 tane araç bulunmaktadır. 1 Ocak 2019 tarihinde Kilis'te 30 araba ve Gaziantep'te 20 araç varsayımıyla gerçekleştirilen benzetim sonuçlarına bu bölümde yer verilecektir. Benzetimin tamamlanması $987/60=16,45$ dakika sürmektedir. 525300 satırdan ve 36 sütundan oluşan bir tablo oluşturulmuştur. Benzetim sonuçları hem arz yanlı hem de talep yanlı değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

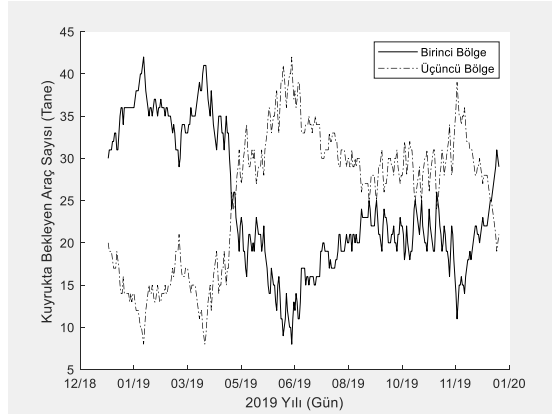
Arz Yönlü Değerlendirmeler

Benzetim sonuçlarına göre, birinci bölgede araç kalmadığından yıl içinde 6 araç üçüncü bölgeden birinci bölgeye boş sefer düzenlemek durumunda kalacaktır. Birinci bölgeden üçüncü bölgeye ise boş sefer düzenlemeye gerek duyulmamaktadır. Birinci bölgeden 14553 sefer, ikinci bölgeden 4389 sefer ve üçüncü bölgeden 10157 sefer düzenleneceği ortaya çıkmaktadır. 2019 yılı için benzetim sonucu elde edilen günlük araç sayıları Şekil 3'de yer almaktadır. Şekilde yatay eksen, 2019 yılı günleri ve dikey eksen de sefer sayıları yer almaktadır. Şekilde yoğun ve yoğun olmayan ayların sefer sayıları üzerindeki etkileri gözlemlenebilmektedir.



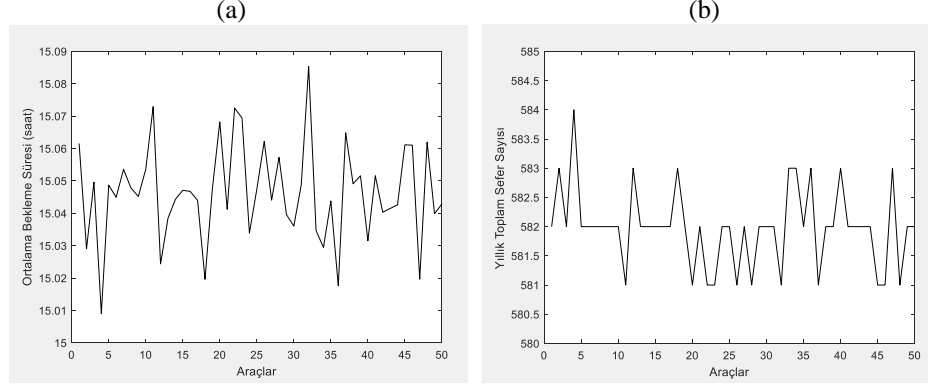
Şekil 3. Bölgelerden günlük sefer sayıları

Benzetim periyodu boyunca kuyrukta bekleyen araç sayıları Şekil 4'te görüldüğü gibidir. İlk beş ay boyunca birinci bölgede kuyrukta bekleyen araç sayısı, üçüncü bölgede kuyrukta bekleyen araç sayısından daha fazla iken, Kasım ayının sonuna kadar, üçüncü bölgede kuyrukta bekleyen araç sayısı birinci bölgedekinden daha fazla olacaktır.



Şekil 4. Birinci ve üçüncü bölgelerde kuyrukta bekleyen araç sayıları

Sürücülerin endişelendiği konulardan birisi de bir sürücünün bir sonraki sefer için ortalama kaç saat bekleyecektir. Toplam 50 aracın bir sonraki sefer için saat bazında bekleme sürelerine Şekil 5 (a)'da yer verilmiştir. 2019 yılı için gerçekleştirilen benzetim sonuçları ile çizilen şekilde yer aldığı üzere, sürücüler bir sonraki sefer için ortalama olarak 15 saat beklemektedir. Benzetim sonuçlarına göre her bir aracın 2019 yılında gerçekleştirecekleri sefer sayıları da hesaplanmıştır. 50 aracın yıl içinde toplam kaç sefer düzenledikleri Şekil 5 (b)'de yer almaktadır. Araçlar yıl içinde ortalama 582 sefer gerçekleştirmektedir. Bu durum günde yaklaşık $582/365=1.594$ sefere denk gelmektedir.



Şekil 5. (a) Araçların bir sonraki sefer için ortalama bekleme süreleri (b) Araçların yıl içinde toplam sefer sayıları

Talep Yönlü Değerlendirmeler

Her bölgede müşterilerin bekleme sürelerine ait hesaplama sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. On altıncı müşteri geldiği zaman araç hareket ettiği varsayımından dolayı minimum bekleme süresi sıfır olarak hesaplanmaktadır. Birinci bölge, faaliyetlerin en yoğun olduğu bölge olması nedeniyle bir yolcu yıl içinde en fazla yarım saat beklemektedir. İkinci bölge ise faaliyetlerin en az olduğu bölgedir. Benzetim sonuçlarına göre, 2019 yılı için ortalama bekleme süresi yarım saat, en uzun bekleme süresi ise 78 dakika olarak hesaplanmıştır. Üçüncü bölgede ise müşteriler ortalama yirmi dakika beklemekte olup en uzun bekleme süresi 50 dakika olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Yolcuların bekleme süreleri istatistikleri

	Birinci Bölge	İkinci Bölge	Üçüncü Bölge
En az (dk)	0	0	0
En Fazla (dk)	29	78	50
Ortalama (dk)	11,2727	31,8699	17,2619

Tablo 4'te ise, benzetimin, bölgelere göre taşınan toplam yolcu sayılarına ilişkin sonuçlar yer almaktadır. Yolcuların bekleme sürelerine farklı bir açıdan bakabilmek için 15 dakika ve üzeri bekleyen yolcu istatistikleri de hesaplanmıştır. Birinci bölgede müşterilerin %33,53'ü, ikinci bölgede müşterilerin %78,74'ü ve üçüncü bölgede ise müşterilerin %57,93'ü, 15 dakika veya daha uzun süre aracın hareket etmesini beklemektedir.

Tablo 4. Toplam Yolcu Miktarı ve Bekleme Süreleri

	Birinci Bölge	İkinci Bölge	Üçüncü Bölge	Toplam
Toplam Taşınan Yolcu Sayısı (a)	100625	65835	97142	263602
15dk ve üzeri bekleyen yolcu sayısı (b)	33740	51839	56270	141849
(a)/(b)	0.3353	0,7874	0,5793	0.5381

Sonuç

Türkiye'de ulaşım sektörü, ülke ekonomisinde önemli yere sahip sektörlerden biridir. Bu sektörde faaliyet gösteren işletmelerin faaliyetlerini sürdürmek için ihtiyaç duydukları düzenli kar miktarını sağlamaları, oldukça kısıtlı bir alanda mümkündür. Rekabetin yoğun olması bilet fiyatlarının neredeyse sabit tutulmasına neden olmaktadır. Öte yandan artan akaryakıt fiyatları işletmeler için önemli bir maliyet unsuru olmaktadır. Bu durumda işletmeler, ihtiyaç duydukları kar miktarını, faaliyetlerini optimize etmeye odaklanmak suretiyle gerçekleştirebilirler. İyi planlanmış bir ulaşım ağı, maliyetleri düşürmenin yanı sıra işletmenin sorunsuz bir şekilde yönetilmesini, çalışanların verimli olmasını, müşteri memnuniyetinin artmasını ve hizmet kalitesinin yükselmesini sağlayacaktır.

Çalışmada yerel bir ulaşım ağının benzetim analizi gerçekleştirilmiştir. Benzetim analizi, 2019 yılı takvimini kullanmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Ulaşım ağı, Gaziantep ve Kilis olmak üzere iki şehri kapsamaktadır. Her iki şehir arasındaki talep yapısı farklıdır ve işletme talebe göre hareket etmektedir. Bu farklılık boş seferlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum hem işletmenin kaynaklarını israf etmesine hem de çevreye zarar vermesine neden olmaktadır.

Çalışmada, ulaşım ağları ve benzetimi bir arada kullanan diğer çalışmalardan farklı olarak, araçların hareket etmesinin tamamen talebe bağlı olduğu bir model incelenmiştir. Çalışmada örnek uygulaması gerçekleştirildiği gibi, MATLAB yazılımı ulaşım ağlarının benzetiminde kullanılabilir. Sahip olduğu esneklik ve gelişmiş grafik araçları yardımıyla, benzetim sonuçlarını detaylı bir şekilde analize tabi tutmak mümkündür. Öte yandan, gelecek çalışmalarda, optimizasyon ve istatistik araç kutularında yer alan hazır fonksiyonları kullanmak, işletme için daha yararlı olacak bilgilerin ortaya çıkmasını sağlayabilir. Ayrıca birden fazla yılı kapsayan benzetim çalışmaları yardımıyla uzun süreli planlama gerçekleştirilebilir.

Her ne kadar varsayımlarla oluşturulmuş benzetim sonuçlarına dayansa da, çalışmanın bulgularını aşağıdaki gibi listelemek mümkündür.

- 2019 yılında tahminen 263 bin kişi taşınması beklenmektedir.
- Müşterilerin yarısından fazlasının, aracın hareket etmesi için 15 dakika ve üzeri süre beklemek zorunda kalması beklenmektedir.
- 50 aracın olması durumunda, araçların bir sonraki sefer için ortalama 15 saat beklemesi ve yılda ortalama 582 sefer düzenlenmesi beklenmektedir.

Yöneticiler gelecek yıllar için araç sayısının ne olması gerektiği gibi stratejik kararlarda çalışma sonuçlarını kullanabilir. Buna ek olarak günlük araç hareket çizelgelerini hazırlama gibi operasyonel seviyede de benzetim sonuçlarını kullanabilirler.

Kilis'in sadece Gaziantep ile sınırının olması, iki şehir arasındaki yolculukların sayısını olumlu etkilemektedir. Buna rağmen nüfusun az olması da sefer sayıları üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Bu durum iki şehir arasındaki yolcu taşıma faaliyetinin boş seferlere yer vermeyecek düzeyde etkin bir şekilde tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır. İşletme maliyetlerini düşürmek, hizmet kalitesini yükseltmek ve operasyonu başarılı bir şekilde yönetmek için modern yöneylem araştırması tekniklerinden faydalanmak zorundadır.

Çalışmada verilerin toplanmasında problemlerle karşılaşmıştır. Veri seti el emeği ile oluşturulmuştur. Veri toplamada sağlanacak otomasyon, daha yüksek hacimde ve kesinlikte veri toplamayı mümkün kılacak ve buna ek olarak ulaşım ağının da daha verimli yönetilmesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Abid, N. M., ve Hussain, S. S. (2017). Transportation network planning using simulation. *In: IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering*, 272–279
- Archetti, C., Speranza, M. G., ve Weyland, D. (2018). A simulation study of an on-demand transportation system. *International Transactions in Operational Research*; 25(4): 1137–1161
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., ve Nicol, D. M. (2014). *Discrete-event system simulation* (Internatio). Essex: Pearson Education.
- Batur, İ., ve Koç, M. (2017). Travel demand management (TDM) case study for social behavioral change towards sustainable urban transportation in Istanbul. *Cities*; 69(May): 20–35.
- Berdai, A., Gruer, P., Hilaire, V., ve Koukam, A. (2002). A multi-agent model for the estimation of passenger waiting time in public transportation networks. *In: In Proc. of 2nd WSEAS Int. Conf. on Simulation, Modeling and Optimization (ICOSMO 2002)*, Skiathos, Greece, 2002. ISBN 960-8052-68-8.
- Bohari, Z. A., Bachok, S., ve Osman, M. M. (2014). Improving the quality of public transportation system: application of simulation model for passenger movement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*; 153: 542–552
- Bolkovska, A., ve Petuhova, J. (2016). Simulation-based public transport multi-modal hub analysis and planning. *Procedia Computer Science*; 104: 530–538
- Crainic, T. G., Perboli, G., ve Rosano, M. (2018). Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy. *European Journal of Operational Research*; 270(2): 401–418
- Fernández, R. (2010). Modelling public transport stops by microscopic simulation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*; 18(6): 856–868
- GTB. (2017). Esnaf ve sanatkarlar özelinde sektör analizleri projesi ulaştırma sektörü. Retrieved from <http://esnaf.gtb.gov.tr/data/5a57494bddee7d1fa8b584aa/ulastirma.pdf>
- Guimarães, V. de A., Leal Junior, I. C., ve da Silva, M. A. V. (2018). Evaluating the sustainability of urban passenger transportation by Monte Carlo simulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 93: 732–752
- Gültekin, N., ve Eren, T. (2014). Demiryolu çizelgeleme probleminin modellenmesi ve çözümü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*; 29(2): 235–

- Meignan, D., Simonin, O., ve Koukam, A. (2007). Simulation and evaluation of urban bus-networks using a multiagent approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*; 15(6): 659–671
- Osorio, C., ve Bierlaire, M. (2013). A simulation-based optimization framework for urban transportation problems. *Operations Research*; 61(6): 1333–1345
- Pekel, E. (2015). *İstanbul hızlı ulaşım sisteminde simülasyon bazlı çizelgeleme*. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Pekel, E., ve Soner Kara, S. (2015). A simulation based scheduling in bus rapid transit system. *Sigma, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*; 33: 66–76
- Sebastiani, M. T., Luders, R., ve Fonseca, K. V. O. (2016). Evaluating electric bus operation for a real-world brt public transportation using simulation optimization. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*; 17(10): 2777–2786
- Tako, A. A., ve Robinson, S. (2012). The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. *Decision Support Systems*; 52(4): 802–815
- TUİK. (2017). www.tuik.gov.tr.
- Yılmaz, R., Taşkın, K., ve Gümüş, F. B. (2014). Şehir içi özel yolcu taşımacılığı sisteminin yeniden düzenlenmesi ve verimliliğin artırılması üzerine ampirik bir çalışma: Sakarya Örneği. *Sakarya İktisat Dergisi*; 3(4): 105–137