



Okul servislerinde biniş sürelerine ilişkin istatistiklerin Bootstrapping yöntemiyle kestirimi

Estimation of statistics on boarding times in school buses using Bootstrapping

Yusuf Kağan Demir^{1,*}, Hatice Göçmen Demir²

^{1,2} Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

Öz

Bu çalışmada, aynı yaş gruplarından (ilkokul, ortaokul ve lise) oluşan yolcular ile engelli-lise grubu ile ilkokul ve ortaokul öğrenci yolcu grubunun karışık hizmet aldığı okul servislerine ortalama biniş süreleri araştırılmıştır. Çalışmada küçük örneklemelerden ana kütleye ait parametre kestirimleri için Bootstrapping Yönteminden yararlanılmıştır. Ortalama biniş sürelerinin ilkokul öğrencileri için 4.0, ortaokul öğrencileri için 4.8, lise öğrencileri için 4.2, engelli-lise öğrencileri için 11.9 ve ilkokul-ortaokul karışık öğrencileri için 2.37 s/yolcu olarak kestirilmiştir. Bootstrapping yöntemi uygulamasında, ana örnek sayısının düşük olduğu durumlarda, alt-örnek sayısının artmasının kestirim üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Okul servisi, Ortalama biniş süresi, Bootstrapping yöntemi

1 Giriş

Yükleme süresi, toplu taşıma aracının durakta yolcu iniş ve binişleri için harcadığı süreyi temsil etmektedir. Bu süre iniş biniş için kapıların açıldığı ve aracın hareket için tüm kapıların kapattığı an arasındaki süreyle ölçülür. Bu süreye içinde kapıların açılıp kapanma süresi de dahildir. Yükleme süresi toplu taşıma kapasite hesabı için önemli parametrelerden birisidir. HCM 2000'de [1] yükleme sürelerinin, duraklarda biniş ve iniş hacimlerinin kişi başına ortalama biniş ve iniş süreleriyle çarpılarak bulunduğu belirtilmiştir. Tablo 1'de HCM 2000 tarafından önerilen iniş ve biniş süreleri görülmektedir. Yükleme zamanı, iniş biniş kapılarının genişliği, platform yüksekliği, eş düzey binişler ve inişler ödeme sistemi, yaş, cinsiyet ve kültürel farklılıklar gibi değişkenlerden etkilenmektedir.

Kraft ve Bergen [2] nakit para ödemeli sistemlerde para üstü verildiğinde yolcu başına biniş süresini 2-6.5 saniye arasında, tam ücret verildiğinde ise 1.5-3.4 saniye arasında kaldığını bulmuştur. Levinson [3] yükleme süresini durak başına düşen süre olarak gözlemiştir ve yükleme süresinin yoğun hatlarda durak sayısının azaltılması ve farklı ödeme sistemleri ile düşürülebileceği sonucuna varmıştır.

Abstract

In this study, the average boarding times of passengers from the same age groups (primary school, secondary school, and high school) were estimated. Additionally, the boarding times on the shuttles where the disabled high school group and the primary and secondary school student passenger groups get mixed services are taken into account. In the study, the population parameter estimations were made from small samples using the bootstrapping method. As a result of the study, the average boarding times were found to be 4.0 for primary school students, 4.8 for secondary school students, 4.2 for high school students, 11.9 for disabled high school students and 2.37 s/passenger for mixed primary and secondary school students. In cases where the number of main samples is low, the increase in the number of sub-samples in the Bootstrapping method has no effect on the estimation.

Keywords: School shuttle, Average boarding time, Bootstrapping method

Fernandez v.d. [4] kapı genişliğinin biniş süreleri üzerine olan etkilerini incelemiştir. Araştırmada kapıların genişliklerinin artmasıyla biniş sürelerinin %20'ye kadar azaltılabileceği görülmüştür. York [5] Londra otobüsleri için yaptığı çalışmada yükleme süresi hesabında kişi başına biniş sürelerini 1.6-8.4 saniye arasında almıştır. Rajbhandari v.d. [6] otomatik yolcu sayım sistemleri kullanarak yaptıkları analizler sonucu kişi başına en düşük biniş süresini 6 ile 7 saniye arasında bulmuşlardır. Neumann v.d. [7] Berlin kentinde farklı toplu taşıma türleri için yürüttüğü çalışmada otobüs için biniş süresini 2.04 s/yolcu bulmuştur.

Novales v.d. [8] biniş sürelerindeki kayıp zamanı incelemişler ve sonuç olarak yağmurlu havalarda biniş sürelerini ciddi oranda arttırdığını bulmuşlardır. Özuysal v.d. [9] İzmir için yaptıkları çalışmada otobüs duraklarında yolcu başına binişlerin 4.23 s/yolcu ya kadar çıkabildiğini bulmuşlardır. Sarısoy [10] İstanbul'da minibüsler için yaptığı çalışmada normal beklemler için yolcu-iniş binişlerinin ortalama 4.5 s/yolcu bulmuştur. Sarısoy ayrıca toplam iniş biniş süresinin yolcu sayısı ile doğru orantılı olduğunu, bu sürenin 0.36 s kayıp zamanı artı yolcu başına 2.12 s ye eşit olduğunu belirtmiştir.

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: ykdemir@ohu.edu.tr (Y. K. Demir)

Geliş / Received: 06.11.2022 Kabul / Accepted: 02.12.2022 Yayınlanma / Published: 15.01.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1200186

Tablo 1. HCM 2000 önerilen biniş süreleri [1]

Otobüs Türü	Kapı Sayısı	Atıl Süre(s)	Biniş (s/yolcu) Ödeme Yöntemi		İniş (s/yolcu)
			Ön-Ödemeli	Biletli	
Tek Gövde	1	2.0-5.0	2	2.6-3.0	1.7-2.0
	1		2	-	1.7-2.0
	2		1.2	1.8-2.0	1.0-1.2
	2		1.2	-	1.0-1.2
	2		1.2	-	0.9
Körüklü	4	2.0-5.0	0.7	-	0.6
	3		0.9	-	0.8
	2		1.2	-	-
Özel	2		-	-	0.6
	6		0.5	-	0.4

Sadeghpour [11] İstanbul'da toplu taşıma otobüsleri için yaptığı gözlemlerde biniş sürelerini kadınlarda 3.72 s/yolcu, erkeklerde 3.39 s/yolcu, 65 yaş üzeri yolcularda 5.85 s/yolcu, 25 yaşından küçük yolcularda 3.34 s/yolcu, 25-40 arası yolcularda 3.29 s/yolcu ve 40-65 yaş grubu yolcularda ise 3.18 s/yolcu olarak belirtmiştir. Ayrıca basamaklı otobüslerin biniş süresini %20 arttırdığını belirtmiştir.

Biniş süreleri ve dolayısıyla yükleme zamanının farklı değişkenlerden etkilendiği görülmektedir. Günümüzde doğrudan servis araçlarıyla ilgili bir çalışma mevcut değildir. Servis araçları ile ilgili çalışmanın avantajı yaş gruplarının bağdaşık biçimde gözlenme şansı olmasıdır. Bu amaçla biniş süreleri için farklı yaş gruplarına hizmet veren servisler incelenmiştir. Çalışmada yaş grupları ilkökul, ortaokul, lise olarak tanımlanmıştır. Engelli lise grubu ve ilkökul-ortaokul grubuna karışık hizmet veren iki grupta çalışmaya eklenmiştir. Gözlem yapılan servis araçlarının tamamı **Şekil 1**'ki gibi benzer türdedir. Binişler için servis basamaklarını tırmanarak iç platforma ulaşılabilir. Ödeme sistemi yoktur ve tüm yolcular oturarak yolculuk etmektedirler.



Şekil 1. Servis aracı

Çalışma hem yalıtılmış yaş gruplarına ait kişi başı ortalama biniş sürelerini belirlemek hem de düşük örnekleme sayısına karşın Bootstrapping yöntemiyle anakütlenin ortalama, standart sapma ve medyanını %95 güven aralığında kestirmeyi amaçlamaktadır.

2 Materyal ve metod

Çalışma için ana örnekleme verileri gözlem yoluyla elde edilmiştir. Sabah ve akşam servisleri için servis başına bir gözlemci toplamda 16 servis aracından gözlem yapmıştır. Gözlemciler her bir durakta sabah saatlerinde, kapıların açılması ve kapanması arasında geçen süreyi servise binen kişi sayısı ile beraber kaydetmişlerdir. Çalışmada ilkökuller için 98, ortaokuller için 177, liseler için 612, engelli-lise grubu için 52 ve ilkökul-ortaokul karma grubu için 52 olmak

üzere toplamda 963 adet biniş verisi elde edilmiştir. Çalışmada farklı yaş gruplarındaki öğrenci popülasyonuna ait kişi başına düşen ortalama biniş süresi istatistikleri ortalama, standart sapma ve medyan değerlerini kestirmek için Bootstrapping yöntemi kullanılmıştır.

2.1 Bootstrapping yöntemi

Bootstrapping yöntemi elli yıla yakın bir geçmişe sahiptir. Yöntemi son dönemde ilgi çekici yapan etken bilgisayarların işlem gücündeki gelişmedir. Efron [12] tarafından 1979 yılında geliştirilen yöntem bağımsız gözlemlerden yeniden örnekleme yöntemiyle popülasyona ait istatistiklerin kestirilmesini sağlamaktadır.

Bootstrapping yöntemi parametrik olmayan bir istatistik yöntemidir ve yeniden örnekleme olarak da anılır. Monte-Carlo simülasyonu kullanarak yığına ait istatistiklerin kestirilmesi için kullanılır. Benzer yöntemlerin geçmişi 1940'lara kadar gitse de bilgisayarların gelişmesi sayesinde Monte-Carlo simülasyonu ile kullanışlı bir uygulamaya dönüşmüştür [13].

Yöntem ana örneklemeden tekrarlı alt örnekleme yapmaya dayanır. Herhangi bir istatistiğe ait alt örneklemlerin ortalamalarına ait dağılımın ortalama ve standart hatası hesaplanarak ana kütleyle ait parametreler ve güven aralıkları kestirilebilmektedir. Yöntemin en önemli kazançlarından biri ana kütle dağılımı için bir ön kabuller yapmadan ana kütle parametrelerini kestirebilmesidir. Örneğin hipoteze dayalı klasik kestirim yöntemleri gibi bir olasılık dağılımı kabulüne ihtiyaç duymaz. Tekrar örnekleme sırasında aykırı değerlerin tekrarlı kullanımı örneklerin dağılımını çarpıtması olasılığına sahip olsa da aykırı değerlerin klasik yaklaşım içinde çarpıklığa neden olmasının standart hatayı etkilemesi aynı düzeyde mümkündür. Birçok problemde gerçek güven aralığı bilinemez. Buna karşın Bootstrapping yönteminin güven aralık tahminlerinin normal dağılımı kabulüne dayanan örnek varyansından hesaplanan güven aralıklarına göre asimptotik olarak daha tutarlı ve doğru olduğu kabul edilmektedir [14].

Örneklerden yola çıkarak yığına ait parametre kestirimi klasik istatistik ve Bootstrapping yönteminin ortak noktası olsa da klasik kestirim de sonucun geçerliliği için ön kabullere dayanan test istatistikleri kullanılmaktadır. Bootstrapping yöntemi ise sadece ana örnekten alınan tekrarlı alt örnekleri kullanarak ön kabul yapmadan kestirim yapmaktadır.

Dağılımı F olan (dağılımın türü bilinmiyor) bir yığından rastgele alınan örnekler;

$$\mathbf{x} = [x_1, \dots, x_n]^T \quad (1)$$

olsun. $\hat{\theta}$, x örneği kullanılarak kestirilen F dağılımına ait θ parametresi olursa, herhangi bir t değerine eşit ve daha küçük değerlere ait olasılıkları veren deneysel birikimli dağılım fonksiyonu

$$\hat{F}_n(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i \leq t) \quad (2)$$

ile tanımlanır. \hat{F}_n Dağılımından yerine koyarak yapılan Bootstrapping örneklemeleri;

$$\mathbf{x}^* = [x_1^*, \dots, x_n^*]^T \quad (3)$$

ile gösterilir. Bu örneklemeler B gibi yüksek bir sayıyla tekrar edilirse, her bir x^* alt örneklerinden kestirilen $\hat{\theta}^*$ parametrelerinin oluşturduğu dağılım, yığına ait $\hat{\theta}$ parametresinin dağılımına yaklaşır.

$$P = (\hat{\theta}_{(1)}^*, \hat{\theta}_{(2)}^*, \dots, \hat{\theta}_{(B)}^*), \quad (4)$$

Yukarıda belirtilen P vektörü $\hat{\theta}_{(1)}^* \leq \hat{\theta}_{(2)}^* \leq \dots \leq \hat{\theta}_{(B)}^*$ şartını sağlarsa, bu vektör kullanılarak α güven düzeyinde θ için istenen güven aralığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} &(\hat{\theta}_{(m)}^*, \hat{\theta}_{(B-m)}^*) \\ m &= [\alpha/2 * B] \end{aligned} \quad (5)$$

P vektörünün dağılımının simetrik normal dağılım olduğu kabul edilirse %95 güven aralığı için alt ve üst değerler;

$$\begin{aligned} \hat{\theta}_{(0.025)}^* &\cong \bar{\theta}^* - 2 * \frac{\sum(\hat{\theta}_{(i)}^* - \bar{\theta}^*)^2}{n-1} \\ \hat{\theta}_{(0.975)}^* &\cong \bar{\theta}^* + 2 * \frac{\sum(\hat{\theta}_{(i)}^* - \bar{\theta}^*)^2}{n-1} \end{aligned} \quad (6)$$

olarak yazılabilir. θ parametresi yığına ait herhangi bir istatistiğe ait olabilir. Bootstrapping yöntemi ile yığına ait medyan ve standart sapma da güven aralıklarıyla kestirilebilir.

Çalışmada Bootstrapping yöntemini uygulamak için her yaş grubu için ana örnek havuzundan çekilecek en yüksek alt örnek büyüklüğü, en düşük örnekleme sahip ilkökul ve lise öğrencilerinin beraber kullandığı örnek olan 24 olarak seçilmiştir. Karşılaştırma amacıyla denemeler 5,10,15,20 ve 24 adet örnekle tekrar edilmiştir. Öncelikle ana örneklerden yerine koymadan farklı sabit alt örnekler çekilmiştir. Daha sonra bu örneklerden yerine koyarak 1000 defa alt örnekleme yapılmıştır. Ana örneğin 24'den büyük olduğu durumlar için alt örneklemeler 100 defa tekrar edilerek ortalamaları alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de görülmektedir. Tablo 2'de karşılaştırma açısından 1000 ve

5000 alt-örnek denemesi ve bunlara ait farklı örnek büyüklükleri sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlar aynı zamanda 100 adet sabit-alt örnek ortalamasıyla hesaplanmıştır. Tabloda ana örneklerden kestirilen değerler de görülmektedir.

3 Bulgular ve tartışma

Bootstrapping yöntemiyle ana kütlelerin istatistiklerinin kestiriminde alt örnek büyüklüğü, alt örnek sayısına göre daha etkili bir parametredir. Ana örnek büyüklüğü küçüldükçe standart hata artmaktadır. Özellikle ana örnek büyüklüğü küçükse standart hatalar arasında farklar büyümektedir. Tablo 2'de ortaokul-lise yaş grubu 24 örnekle en düşük gözleme sahiptir. Standart hata 5 örnek büyüklüğünden 24'e çıktığında üç kate yakın azalmaktadır. Bu durum Tablo 1'de görülmektedir. Örnek sayıları arttıkça standart hata da düşmektedir. Diğer yandan alt-örnek sayısı arttıkça dağılım grafiğinin basıklığı artmaktadır. Düşük alt-örnek sayısı kestiriminde, ortalamadan uzak değerlerin olasılıkları yüksek alt-örnek sayısına göre daha yüksek olmaktadır (Şekil 2).

Kestirimler için 5000 örnek sayısı ve 24 örnek büyüklüğü temel alındığında, en yüksek biniş süresi 11.8 s/yolcu ile engelli-lise grubu olmuştur. Bu grup aynı zamanda 5.0 s/yolcu ile en yüksek standart sapmaya sahip grup olmuştur. Buna karşın ortaokul-ilkokul karışık binişler ortalama 2.37 s/yolcu ile en düşük biniş süresine sahiptir. Aynı zamanda bu grup 0.14 s/yolcu ile en düşük standart sapmaya sahip olmuştur. Lise grubu ortalama biniş süresi 4.1 s/yolcu ile ilkökullarına çok yakındır ancak standart sapması daha yüksektir. Ortaokullar 4.9 s/kişi ile engelli-lise grubundan sonra 4.9 s/kişi ile en yüksek biniş süresine sahip grup olmuştur.

Çalışmada farklı yaş gruplarını temsil eden veri toplama sürecinde, bazı gruplara ait örneklemeler düşük sayıda kalmıştır. Diğer ana örneklerden alt-örnekler alınarak, ana kütleyle ait ortalama, standart sapma ve medyanlar kestirilmiştir. Ana örneğin en yüksek olduğu (612-biniş), Bootstrapping yöntemiyle 5000 örnek sayısı ve 24 örnek büyüklüğü ile biniş süresi 4.1 s/yolcu (ana örnek ortalaması 4.3 s/yolcu) olarak kestirilmiştir. Standart sapmalara baktığımızda ana örnekten kestirilen yığına ait standart sapma (1.97 s/yolcu) Bootstrapping yöntemi ile 1.3 s/yolcu olarak kestirilmiştir. Benzer şekilde ana örneğe ait medyan 3.9 s/yolcu iken 24 örnek kullanılarak Bootstrapping yöntemi ile ana örneğe benzer olarak 3.9 s/kişi bulunmuştur.

Ortaokul grubu en yüksek biniş sürelerine sahip olmuştur. İlkokul ve lise grubu ise benzer biniş sürelerine sahiptir. Engelli-lise grubu doğal olarak daha yüksek biniş sürelerine sahiptir. Gruplar karma yapıldığında ortaokulların ve ilkökulların biniş süreleri yarıya düşmektedir.

5000 örnek sayısı ve 24 örnek büyüklüğü temel alındığı kestirimlere göre anakütlenin normal dağılım kabul edildiği teorik olasılık dağılımları **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'te görülmektedir.

Bootstrapping yöntemi ile örnekleme sayılarının az olduğu çalışmalarda anakütleyle ait istatistiklerin tutarlı kestirilmesi mümkün olmaktadır. Ancak hesaplama zamanı geleneksel örnek kestirimine göre uzundur. Python

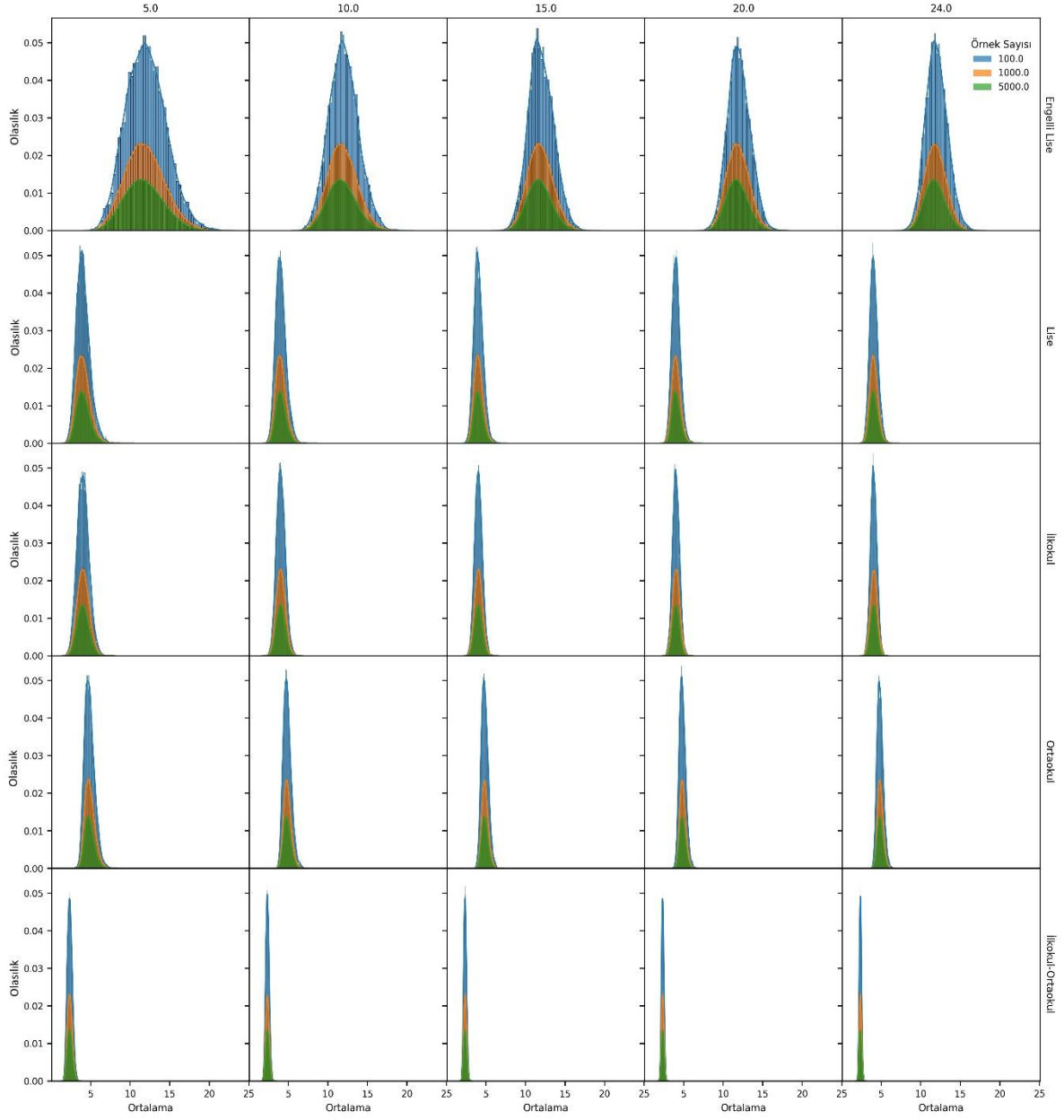
kodlamasında Intel(R) Core(TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz ve 8.00 GB olan donanımlı bir bilgisayarda 5000 alt örnek

sayısı ve 5 farklı örnek büyüklüğü için 5 yaş grubu kestirimi 100 deneme sayısında 27 dakika sürmektedir.

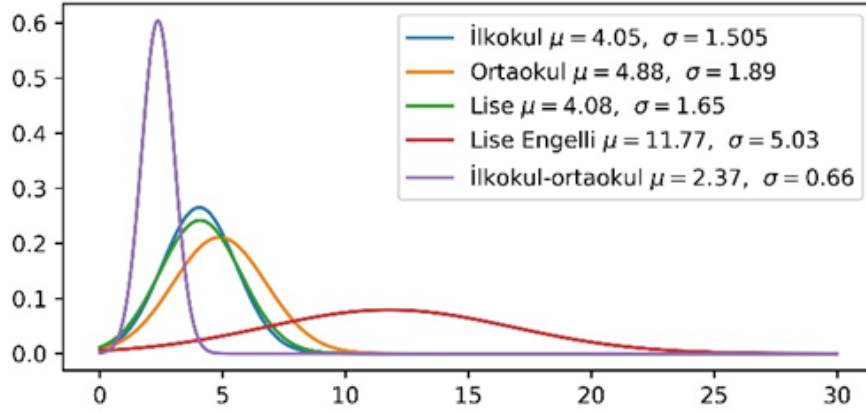
Tablo 2. Ana örnek ve Bootstrapping kestirimleri

Yaş Grubu	Örnek Sayısı	Örnek Büyüklüğü	Ortalama (s/yolcu)		Std. Sapma (s/yolcu)		Medyan (s/yolcu)		%95 Güven Aralığı için Alt ve Üst Sınır Değerleri (s/yolcu)										
			ort.	s.h.	ort.	s.h.	ort.	s.h.	Ortalama	Std. Sapma	Medyan	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst		
Engelli Lise	Ana Örnek	52	11.86	0.740	5.33		11.02		10.38	13.34									
	100	5	12.011	2.486	4.432	1.592	11.507	3.378	7.04	16.98	1.25	7.62	4.75	18.26					
		24	11.996	1.342	5.091	0.819	11.358	2.072	9.31	14.68	3.45	6.73	7.21	15.50					
	1000	5	11.864	2.476	4.407	1.589	11.369	3.371	6.91	16.82	1.23	7.58	4.63	18.11					
		24	11.860	1.313	5.061	0.854	11.217	2.060	9.23	14.49	3.35	6.77	7.10	15.34					
	5000	5	11.777	2.443	4.382	1.582	11.245	3.311	6.89	16.66	1.22	7.55	4.62	17.87					
		24	11.768	1.293	5.028	0.829	11.081	1.991	9.18	14.35	3.37	6.68	7.10	15.06					
	Lise	Ana Örnek	612	4.296	0.080	1.97		3.91		4.14	4.45								
		100	5	4.054	0.847	1.385	0.657	3.854	0.975	2.36	5.75	0.07	2.70	1.90	5.80				
			24	4.062	0.503	1.622	0.437	3.809	0.559	3.06	5.07	0.75	2.50	2.69	4.93				
1000		5	4.071	0.870	1.424	0.663	3.868	1.029	2.33	5.81	0.10	2.75	1.81	5.93					
		24	4.067	0.514	1.659	0.446	3.779	0.566	3.04	5.10	0.77	2.55	2.65	4.91					
5000		5	4.081	0.847	1.408	0.653	3.888	0.997	2.39	5.77	0.10	2.71	1.89	5.88					
		24	4.081	0.490	1.645	0.421	3.824	0.574	3.10	5.06	0.80	2.49	2.68	4.97					
Ortaokul		Ana Örnek	177	4.874	0.098	1.31		4.61		4.68	5.07								
		100	5	4.866	0.637	1.052	0.509	4.675	0.704	3.59	6.14	0.03	2.07	3.27	6.08				
			24	4.868	0.385	1.231	0.318	4.620	0.384	4.10	5.64	0.59	1.87	3.85	5.39				
	1000	5	4.899	0.638	1.065	0.515	4.713	0.722	3.62	6.18	0.03	2.10	3.27	6.16					
		24	4.897	0.361	1.256	0.320	4.650	0.375	4.18	5.62	0.61	1.90	3.90	5.40					
	5000	5	4.879	0.614	1.012	0.484	4.709	0.689	3.65	6.11	0.04	1.98	3.33	6.09					
		24	4.879	0.354	1.189	0.302	4.656	0.357	4.17	5.59	0.59	1.79	3.94	5.37					
	İlkokul	Ana Örnek	98	4.066	0.161	1.59		4.03		3.74	4.39								
		100	5	4.044	0.739	1.306	0.489	3.966	0.964	2.57	5.52	0.33	2.28	2.04	5.89				
			24	4.060	0.404	1.506	0.279	3.960	0.579	3.25	4.87	0.95	2.06	2.80	5.12				
1000		5	4.065	0.761	1.326	0.499	4.003	0.986	2.54	5.59	0.33	2.33	2.03	5.97					
		24	4.067	0.430	1.523	0.289	3.996	0.594	3.21	4.93	0.95	2.10	2.81	5.18					
5000		5	4.051	0.739	1.309	0.498	3.961	0.964	2.57	5.53	0.31	2.30	2.03	5.89					
		24	4.050	0.400	1.505	0.289	3.926	0.580	3.25	4.85	0.93	2.08	2.76	5.09					
İlkokul-Ortaokul		Ana Örnek	24	2.369	0.142	0.69		2.223		2.09	2.65								
		100	5	2.371	0.305	0.574	0.205	2.270	0.404	1.76	2.98	0.16	0.98	1.46	3.08				
			24	2.371	0.139	0.660	0.084	2.205	0.176	2.09	2.65	0.49	0.83	1.85	2.56				
	1000	5	2.371	0.303	0.573	0.204	2.269	0.400	1.77	2.98	0.16	0.98	1.47	3.07					
		24	2.369	0.139	0.659	0.086	2.204	0.178	2.09	2.65	0.49	0.83	1.85	2.56					
	5000	5	2.369	0.304	0.573	0.205	2.268	0.401	1.76	2.98	0.16	0.98	1.47	3.07					
		24	2.369	0.139	0.659	0.085	2.204	0.177	2.09	2.65	0.49	0.83	1.85	2.56					

Ort.: ortalama, s.h.: standart hata



Şekil 2. Ortalamanın örnek sayısı ve büyüklüğüne göre değişimi



Şekil 3. Farklı yaş grupları için ortalama biniş süresi teorik dağılımları

4 Sonuçlar

Okul servislerinin incelendiği bu çalışmada benzer yaş gruplarının ortalama biniş süreleri gözlenmiştir. Çalışma sonucu iki açıdan değerlendirilmiştir. İlki farklı yaş gruplarına ait ortalama biniş süreleri, diğeri ise Bootstrapping yönteminin başarımıdır.

Biniş süreleri açısından çalışma değerlendirildiğinde, ilkökul öğrencilerinin ortalama biniş sürelerinin ve standart sapmalarının lise ve ortaokul öğrencilerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Ortaokul öğrencileri ise engelli-lise grubundan sonra en yüksek ortalama biniş süresine sahiptir. Bu durumun nedeni bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar bu farklılığın nedenleri ortaya çıkartabilir. Lise öğrencileri ise ilkökul öğrencilerine benzer biniş ortalamasına sahip olsa da daha yüksek standart sapmaya sahiptir. Yaş grupları içinde engelli-lise öğrencilerinin ortalama biniş süresi diğer gruplara göre yüksek olmuştur. Farklı engel düzeyleri nedeniyle biniş süreleri daha yüksek standart sapmaya sahiptir. Çalışmanın en dikkat çeken sonucu ilkökul ve ortaokul öğrencilerinin karma biçimde kullandığı servislerde ortalama biniş sürelerinin en düşük değere sahip olmasıdır. Ancak bu örnekleme diğer gruplara göre düşük düzeyde kalmıştır. Çalışma sırasında sadece bir karma servis kullanımında olduğundan gözlem sayısı düşük olmuştur.

Küçük örnek sayılarında, ana kütleyle ait bilgiye ulaşmak için deney tekrarı özellikle ulaştırma bilimi alanında çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada düşük örnek sayılarıyla ana kütleyle ilişkin istatistiklerin Bootstrapping yöntemiyle kestirilebileceği görülmüştür. Ancak yetersiz örneklerde alt-örnek sayısının artırılması kestirim kalitesine bir etki yapmamaktadır. Diğer yandan küçük ana-örnekleri daha fazla alt-örnek sayılarıyla kestirmenin istatistiğin standart hatası üzerinde bir etkisi olmamaktadır.

Teşekkür

Yazarlar, verilerin toplanmasında emeği geçen Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği öğrencileri,

Mehmet Can KÖKSAL, Ömer Faruk EKİNCİ, Ramazan Mert AKDOĞAN, Ahmet GÖKALP, Musa GÜNEŞ, Mehmet ALTUN, Tolgahan DOĞAN, Kader MURAL, Mücahit ŞİMŞEK, Osman Berke ULUDAĞ, Mehmet

GÜNDÜZ ve araçlarında gözlem yapma imkânı veren Niğde ACAR Seyahat yetkililerine teşekkür eder.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): % 12

Kaynaklar

- [1] TRB, Highway Capacity Manual 2000. Washington, DC, 2000.
- [2] W. H. Kraft, T. F. Bergen, Evaluation of passenger service times for street transit systems. *Transp Res Rec*, 505,13–20, 1974.
- [3] H. S. Levinson, Analyzing transit travel time performance. *Transportation Research Record*, 915(1-6), 1983.
- [4] R. Fernández, P. Zegers, G. Weber, and N. Tyler, Influence of platform height, door width, and fare collection on bus dwell time: laboratory evidence for Santiago de Chile. *Transp Res Rec*, 2143(1), 59–66, 2010. <https://doi.org/10.3141/2143-08>
- [5] I. York, Factors affecting bus-stop times, *Transport Research Laboratory*, T1/25, 1993.
- [6] R. Rajbhandari, S. I. Chien, and J. R. Daniel, Estimation of bus dwell times with automatic passenger counter information. *Transp Res Rec*, 1841, 120–127, 2003. <https://doi.org/10.3141/1841-13>
- [7] A. Neumann, S. Kern, and G. Leich, Boarding and alighting time of passengers of the Berlin public transport system, *Technische Universität Berlin*, Berlin, 2020.
- [8] M. Novales, A. Orro, J. Pérez-López, J. Feal and M. R. Bugarín, Increasing boarding lost time at regular bus stops during rainy conditions: A case study. *Journal of Public Transportation*, 23,1,63-80,2021, <https://doi.org/10.5038/2375-0901.23.1.4>
- [9] M. Özuysal, S. Tanyel, ve S. P. Çalışkanelli, Otobüs duraklarındaki yolcu iniş-biniş zamanları üzerine bir tartışma. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6), 460–467, 2016. <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.17894>
- [10] G. Sarısoy, İstanbul'da minibüs taşımacılığında yolcu inme binme sürelerinin irdelenmesi. *Yüksek Lisans*

Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.

- [11] M. Sadeghpour, Analyzing passenger boarding and alighting service times for bus transportation in İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
- [12] B. Efron, Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods,” *Biometrika*, 68(3), 589, 1981.<https://doi.org/10.1093/biomet/68.3.589>
- [13] M. R. Chernick and R. A. LaBudde, An introduction to bootstrap methods with applications to R, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011,
- [14] G. Cline, Nonparametric statistical methods using R, 1st Edt., Ed - Tech Press, London, 2020.

