

**KENT İÇİ TOPLU TAŞIMA SİSTEMİNDE  
BİR PROBLEMİN İŞ ETÜDÜ  
YAKLAŞIMIYLA İYİLEŞTİRİLMESİ**

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**PELİN ÖZER  
EVRİM ÇAM  
YEŞİM TERZİ  
MEHMET ERDİ DEDE**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	2
GİRİŞ ve AMAÇ .....	2
1. İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	3
2. PROBLEMİN TANIMLANMASI .....	4
3. MEVCUT SİSTEMİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ: .....	4
3.1. MEVCUT SİSTEMİN SWOT ANALİZİ.....	6
3.1.1. <u>Güçlü Yanlar (S):</u> .....	6
3.1.2. <u>Zayıf Yanlar (W):</u> .....	6
3.1.3. <u>Fırsatlar (O):</u> .....	7
3.1.4. <u>Tehditler (T):</u> .....	7
3.2. İŞ ÖRNEKLEMESİ.....	7
4. SİSTEM İYİLEŞTİRME ÖNERİSİ .....	9
4.1. ÖNERİLEN SİSTEM İÇİN SWOT ANALİZİ.....	10
4.1.1. <u>Zayıf Yanlar (W)</u> .....	10
4.1.2. <u>Fırsatlar (O):</u> .....	10
4.1.3. <u>Tehditler (T)</u> .....	10
4.2. ÖNERİLEN SİSTEM İÇİN ZAMAN ETÜDÜ ÇALIŞMASI.....	11
4.2.1. <u>Önerilen Sistemin Performansı:</u> .....	15
4.3. ÖNERİLEN SİSTEM İÇİN ARAÇ ATAMASI.....	16
4.4. ÖNERİLEN SİSTEMİN SİMÜLASYON MODELİ.....	18
5. MEVCUT VE ÖNERİLEN SİSTEMİN MALİYETLER AÇISINDAN İNCELENMESİ.....	20
SONUÇ.....	21

## ÖZET

Çalışmada, uygulama alanı olarak seçilen kent içi otobüsle yolcu taşımacılığı sistemi, ulaşım maliyetleri nedeniyle önemini her geçen gün arttırmaktadır. Alternatifi olan diğer taşımacılık şekillerine oranla daha az alt yapı yatırımı gerektirmektedir. Ayrıca daha esnek bir yapıya sahip olduğu için değişen ihtiyaçlara daha kısa sürede yanıt verebilme olanağına sahiptir. Bu nedenle alternatiflerine göre daha az maliyetli küçük iyileştirmelerle büyük avantajlar sağlanabilir. Çalışmada yapılan inceleme de buna örnek olarak mevcut sistem üzerinde yeni bir rota eklenmesi yoluyla, aynı hizmetin daha az kaynak kullanımı ile sağlanmasını hedeflemektedir. Bu doğrultuda mevcut sistem zaman ve metod etüdüleri, iş örnekleme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve yapılan analizler sonucu rota değişikliği yapılarak sistemin iyileştirilmesi sağlanmıştır.

## GİRİŞ ve AMAÇ

Ülkemiz geneli incelendiğinde toplu taşıma sistemleri içinde en yoğun kullanılan toplu taşıma sisteminin otobüs taşımacılığı olduğu görülmektedir. Son yıllarda artan hafif raylı sistem yatırımları ile şehirlerdeki yolculuk talebinin bir kısmı karşılanmaya çalışılsa da otobüs taşımacılığının etkinliğini daha uzun bir süre koruyacağı anlaşılmaktadır. Bu nedenle otobüs taşımacılığı ile ilgili kısa ve orta vadeli çözüm önerileri genellikle hizmet düzeyini düşürmeden, daha düşük bir maliyet ve daha az otobüs ile aynı seyahat talebini karşılayabilmeye çalışmaktadır. Güzergâhların oluşturulması, güzergâh üzerindeki talep miktarının ve durak noktalarının yerlerinin belirlenmesi, taşıtların özellikleri, oluşturulan hatlar üzerindeki servis süresi ve sıklığının ayarlanması ile insan faktörü (konfor, güven, ekonomiklik, v.b.) gibi parametreler iyi planlanmış ve doğru çalışan bir otobüs taşımacılığı sisteminin ana öğeleridir.

Kent içi karayolu ulaşımında talepler, 20. yüzyılın başından itibaren otomobil sanayisindeki gelişmelere ve taşıt sayısındaki artışa bağlı olarak sürekli artma eğilimindedir. Her geçen gün hızla artan ulaşım talebi, kent içi ulaşım sisteminin giderek büyümesine ve karmaşıklaşmasına neden olmuştur. Büyük şehirlerde nüfus ve araç sahipliğinin artması ile ortaya çıkan problemlerin çözümü için, toplu taşıma ağırlıklı politikaların üretilmeye çalışıldığı ve otobüs taşımacılığına da öncelikle eğilme ihtiyacı duyulduğu görülmektedir.

Çalışmanın amacı günlük yaşam içerisinde farkına varılan bir problem olan; Eshot Bünyesinde çalışmakta olan Buca kooperatifi ve Tınaztepe yerleşke güzergâhında işleyen toplu taşıma araçlarının verimsiz kullanılıyor ve müşteri memnuniyetsizliği yaratıyor olması durumunun iyileştirilmesini sağlamaktır. Bu doğrultuda öncelikle problem net olarak tanımlandıktan sonra mevcut durumun ayrıntılı olarak incelemesi yapıp buna uygun olarak çözüm önerisi geliştirilmiştir.

## 5. İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİ

ESHOT Genel Müdürlüğü, Elektrik, Su, Havagazı ve Toplu Ulaşım gibi geniş bir yelpazede, İzmir kentine hizmet vermek üzere kurulmuş, İzmir Büyükşehir Belediyesine bağlı, müstakil bütçeli, bünyesinden TEK ve İZSU gibi iki ayrı kurum çıkarmış, deneyimli, bilgi birikimli, köklü bir kuruluştur. Tarihçesinden kısaca bahsetmek gerekirse; Eshot Genel Müdürlüğü, İzmir Tramvay ve Elektrik Türk Anonim Şirketi imtiyazı ile 27.07.1943 tarihinde bu gibi kuruluşlar için genel bir İşletme Yasası çıkıncaya kadar Katma Bütçeli bir idare şeklinde yönetilmek üzere İzmir Belediyesine bağlı bir işletme olarak kurulmuştur. 1945 yılında Tramvay ve Elektrik işletmesi ile birleşen kuruluşa aynı yıl Havagazı İşletmesi de katılmıştır. 11.06.1957 tarihinde 9630 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan İZMİR ELEKTRİK, SU, HAVAGAZI, OTOBÜS ve TROLEYBÜS Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri hakkındaki yönetmelik doğrultusunda yürürlüğe girmiş olup Genel Müdürlük halen bu yönetmelik esaslarına göre işlevini sürdürmektedir. Bugün yaklaşık 50.000 hektar metropol alanda yolcu taşıyan Genel Müdürlük şehrin nüfus artış hızına paralel olarak otobüs filosunu yeni aldığı otobüslerle takviye etmektedir. Kuruluş Yasası olmadığından Mülk edinemeyen Genel Müdürlük Karataş, Gümrük, Basmahane, Yeşilyurt, Konak'taki Genel Müdürlük binalarında hizmet vermiş ve son olarak da 1997 Mart ayında Gediz Ağır Bakım Atölyesindeki hizmet binasına taşınmıştır.

## 6. PROBLEMİN TANIMLANMASI

**Problem;** İzmir Büyükşehir Belediyesi, Eshot Genel Müdürlüğü tarafından uygulanmakta olan toplu taşıma sisteminin Tınaztepe Kampüs ve Buca Kooperatif Evleri (Buca Koop.) arasındaki güzergâhta çalışan otobüslerin verimsiz kullanılması ve mevcut sistemde söz konusu olan düzensizliklerin yolcu ve çalışan (şoför) memnuniyetsizliğine neden olmasıdır.

Bu noktada belirlemiş olduğumuz problemi oluşturan unsurları daha net görmemizi, kategorilere ayırarak değerlendirmemizi ve de çözüme gitmemizi kolaylaştırmasından dolayı balık kılıçığı diyagramından yararlandık.



**Şekil.1:** Mevcut Sistemde Yaşanan Sıkıntılara Ait Balık Kılıçığı Diyagramı

## 7. MEVCUT SİSTEMİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ:

Problemin belirlendiği güzergâh incelendiğinde bu güzergâh üzerinde çalışan 6 hat olduğu belirlenmiştir.

- 270 Buca Koop. – İnciraltı ( eski yol )
- 670 Tınaztepe – Narlıdere

- 671 Tınaztepe – Narlıdere ( otoban )
- 514 Tınaztepe – Bostanlı İskele
- 515 Tınaztepe – E.Ü. Kampüs
- 352 Tınaztepe – Gaziemir

\*\*Ayrıca 376(Tınaztepe – Gümrük ) ,576 (Tınaztepe – Halkapınar Metro ) , 270 (yeni yol) olmak üzere 3 hat daha bulunmaktadır ancak bu hatların izlediği yollar farklı olduğundan dolayı probleme dâhil edilmemiştir.

Bu 6 hatta çalışmakta olan araçlar;

GÜZERGAH	Sefer Sayısı	Sefer Süresi (dk)
270 Buca Koop. – İnciraltı ( eski yol )	117*2=234	172
670 Tınaztepe – Narlıdere	61*2=122	192
671 Tınaztepe – Narlıdere ( otoban )	35*2=70	288
514 Tınaztepe – Bostanlı İskele	72*2=144	163
515 Tınaztepe – E.Ü. Kampüs	93*2=186	108
352 Tınaztepe – Gaziemir	15*2=30	224
<b>TOPLAM</b>	<b>786</b>	

**Tablo.1:** Tınaztepe-Buca Koop. Güzergâhında İşleyen Otobüs Hatları ve Sefer Sayıları

olmak üzere günde **786** kez Tınaztepe – Buca Koop. arasında sefer yapmaktadır. Yapılan gözlemlerde yolcu sayılarının günün farklı saatlerinde farklı yoğunluk gösterdiği anlaşılmıştır. Özellikle düşük yoğunluk gösteren saatlerde Buca Koop.-Tınaztepe arasında seyreden araçların çok az sayıda yolcu ile turlarını tamamladıkları gözlemlenmiştir.

Şoförler ve yolcularla yapılan görüşmelerden edinilen bilgilere dayanılarak söylenebilir ki farklı güzergâhlardan Tınaztepe'ye gelen her aracın her turunda iki kez Buca Koop.'a uğraması,

Tınaztepe'den Buca Koop. dışındaki yerleşim yerlerine gidecek olan yolcularda ve araç şoförlerinde memnuniyetsizliğe neden olmaktadır,

Mevcut durumda var olan buna benzer problemleri daha net özetleyebilmek ve sistemi daha doğru analiz edebilmek için mevcut durum için SWOT analizi yöntemi uygulanmıştır.

### **3.1. MEVCUT SİSTEMİN SWOT ANALİZİ**

#### **3.1.1. Güçlü Yanlar (S):**

- Mevcut durumda Buca Koop.da yaşayan insanlar için avantajlı olduğundan bu insanların memnuniyetini sağlamaktadır.Çünkü bu durumda istenilen güzergaha indi-bindi yapılmadan gidilebilmektedir.
- Her otobüs kendi turunu tamamlarken Buca Koop.'dan 2 defa geçtiğinden dolayı yolcuların otobüs bekleme süresi çok kısadır.

#### **3.1.2. Zayıf Yanlar (W):**

- Buca Koop'un yolları engebeli ve dar olduğundan otobüslerin ve özellikle körüklü otobüslerin seferleri oldukça zorlaşmakta bu durum otobüslerin yıpranma oranını arttırmaktadır.
- Kaza riski artmaktadır.
- Şoförlerin çalışma koşulları zorlaşmakta ve bu da şoförlerin ruh hallerini olumsuz etkilemektedir. Stres altında çalışmak durumunda kalan şoförlerin yolcularla olan iletişimi bozulmaktadır.
- Buca Koop'a gitmeyecek yolcular için bu durum her seferinde zaman kaybına neden olduğu için hoşnutsuzluk yaratmaktadır.
- Günün farklı saatlerinde talep değişkenlik gösterdiği için otobüsler Buca Koop. seferlerini çok az sayıda yolcu ile tamamlamaktadırlar. Bu da kapasitenin atıl kullanılması ve gereksiz yakıt maliyetine neden olmaktadır.
- Mevcut sistemde net bir düzen bulunmamaktadır. Buca Koop'u dolaşmanın yarattığı vakit kaybından dolayı araçlar seferlerini gereken zamanlarda tamamlayamadıkları için kalkış saatleri sapma göstermektedir.

- Ayrıca, duraklarda bekleyen yolcular gelen otobüslerin Buca Koop'a uğrayıp uğramadıklarını bilmedikleri için bir karmaşa yaşanmaktadır.

### **3.1.3. Fırsatlar (O):**

- Belediye Buca Koop halkını memnun ettiğinden dolayı oy potansiyeli sağlamaktadır.
- Buca Koop'a ulaşım mevcut otobüslerin güzergâhlarına yapılan eklemelerle sağlandığından ek araç masrafı oluşmamaktadır.

### **3.1.4. Tehditler (T):**

- Yakıt fiyatlarının düzensiz bir şekilde artış göstermesi istikrarlı bir maliyet politikası oluşturulmasını zorlaştırmakta ve maliyetlerin artmasına neden olmaktadır.
- Belediye açısından Buca Koop'ta ikamet etmeyen ancak kampuse ulaşım sağlamak için bu araçları kullanmak durumunda olan insanların hoşnutsuzluklarından dolayı oy kaybına neden olmaktadır.

## **3.2. İŞ ÖRNEKLEMESİ**

Mevcut sistemde yaşanan önemli problemlerden biri olan, otobüslerin Tınaztepe'den kalkış saatlerine uyamamalarıdır. Yapılan gözlemlerde otobüslerin Buca Koop'u dolaşmasından dolayı son durağa gelirken gecikmeler yaşadığı, dolayısıyla kalkış saatlerinde de sapmalara neden olduğu gözlenmiştir. Bu durumun rasyonel olarak değerlendirilebilmesi için İş Örnekleme yönteminde yararlanılmıştır.

İş Örnekleme; bir ya da birden çok aynı türden iş sistemi ile ilgili olarak önceden belirlenmiş olan akış türlerinin ortaya çıkma sıklıklarının rassal, kısa süreli gözlemler yoluyla belirlenmesidir. Rassal gözlemler sırasında gözlenen işçi ve ya makinenin hangi durumda oldukları kaydedilmekte ve yeterli sayıda gözlem sonucu elde edildikten sonra gözlenen işçilerin veya makinelerin hatta atölyenin çalışma ve boş durma yüzdeleri bulunmaktadır.

İş örnekleme tekniği ilk olarak 1925 yılında Kohlweiler tarafından bir tav fırını tesisinde üretim araçlarının zamanlarının incelenmesi amacıyla kullanılmıştır. Kohlweiler'in bu



çalışmasının pek tanınmamasına karşın Tippet'in 1934'de tekstil sanayinde makine duruş süreleri konusunda uygulama geniş yankılar uyandırmıştır. Bu tarihten sonra teknik hızla yayılmış ve günümüzde iş etüdü yöntemleri arasında vazgeçilmez bir yer almıştır.\*

\*(*İş Etüdü Doç .Dr. Mustafa Kurt Arş. Gör. Metin Dağdeviren Syf.125*)

Masraflı ve pek pratik olmayan sürekli gözlem yöntemlerinden farklı olarak örnekleme temelde olasılık kuramına dayanır. Olasılık “bir olayın oluşma olasılığının derecesi” olarak tanımlanmaktadır. Çok bilinen ve basit bir Örnek “para atma” dır. Para atma oyununda iki olasılık vardır; ya “yazı” ya da “tura” gelecektir. Olasılık kuramına göre bu olgu “paranın 100 kez atılışında 50 kez yazı 50 kez tura gelme olasılığı vardır” biçiminde kalıplaşmıştır. Burada olasılığı vardır” Gerçekte 46-54 ya da 48-52 gibi bir sayı da gerçekleşebilir. Fakat atış sayısı arttıkça kuralın gerçekliğinin de giderek kesinleştiği ispatlanmıştır. Diğer bir deyişle, atış sayısı ne kadar çok olursa 50-50 oranına ulaşma şansı o kadar artmaktadır. Bu, söz konusu nesnenin grubuna ya da kütesine oranla alınacak örnek hacmi büyüdükçe o örneğin, aslını daha doğru olarak temsil edeceğini göstermektedir.\*\*

\*\*(*MPM Yayınları İş Etüdü syf.189*)

Bu durumda Örneklem Hacminin önemi anlaşılmaktadır. Örneğin temsil edici nitelikte olup olmadığına ilişkin güvenilirlik de belirli bir güvenlik düzeyine göre açıklanabilir. Hata derecesi %5 ve güven aralığı %95 olarak aldıktan sonra alınması gereken gözlem sayısı;

$$n = \left( \frac{Z}{e} \right)^2 \cdot p \cdot q$$

formülünden hesaplanabilir. Burada;

Z: %95 güven aralığı için normal dağılım tablosundan elde edilen değeri

e: hata derecesini

p: otobüsün zamanında durağından hareket etme yüzdesini

q: otobüsün zamanında durağından hareket etmeme yüzdesini

ifade etmektedir.

Ancak formülün kullanılabilmesi için öncelikle p ve q değerleri konusunda bilgi sahibi olmak gerekir. Bu nedenle öncelikle analiz edilen duruma ilişkin birçok rastgele gözlem

yapılmalıdır. Bir ön etüd olarak rastgele aralıklarla 90 adet gözlem yapılmış ve bu gözlemlere dayanarak zamanında kalkan otobüs oranı (p) %20 olarak kalkamayan otobüs oranı (q) %80 olarak belirlenmiştir.

Bu durumda alınması gereken örneklem sayısı;

$$n=(1.645/0.05)^2*0.2*0.8=174$$

olarak hesaplanmıştır. Ön etüd olarak 90 gözlem yapıldığından geriye yapılacak 84 gözlem kalmıştır.

Belirlenen gerekli gözlem sayısı ancak istenen kesinlik ve güvenlik düzeyleri için geçerlidir. Ayrıca bu gözlemler rastgele yapılmış olmalıdır. Gözlemlerin rastgele yapıldığından emin olmak için Rastgele Sayılar Tablosu kullanılmıştır. Rastgele örnekleme çalışması yapılırken yeni gözlemlerin yapılacağı saat aralıkları belirlenmiştir. 09.00 – 17.00 saatleri arasında gözlem yapılmasına karar verildikten sonra, bu 8 saat,  $8 \times 60 = 480$  dakika olduğundan 10'ar dakikalık 48 periyoda ayrılmıştır. Rastgele sayılar tablosundan değerler alınarak, 48 ve 48'den büyük olan değerler çıkarıldıktan sonra geriye kalan sayılar 10 ile çarparak başlangıç saati olan 09.00'a eklenir. Böylece hangi saatlerde gözlem yapılacağı belirlenmiş olur.

Örneğin rastgele sayılar tablosundan 24 sayısını çekilirse; başlangıç saati olan 09:00'a  $24 \times 10 = 240$  dakika eklenir. Böylece gözlem saat 13:00'te yapılmış olur. Bu yöntemle 84 gözlem yaptıktan sonra iş örnekleme kapsamında yapılan çalışmalarla elde edilen gözlem değerleri yorumlandığında;

Zamanında kalkan otobüs sayısı:  $18/84 = \%22$

Zamanında kalkamayan otobüs sayısı:  $66/84 = \%78$  olarak belirlenmiştir.

Bu sorun, şoförlerin zamanlarını kısıtlayan Buca Koop'un sefer başına 2 kez dolaşılması uygulamasının ortadan kaldırılmasıyla çözülebilir.

## 8. SİSTEM İYİLEŞTİRME ÖNERİSİ

Yapılan incelemeler sonucu problemin ortadan kaldırılması ve sistemin iyileştirilmesi için geliştirilen öneri;

“Her otobüsün her turunda Buca Koop.’u 2 defa dolaşması yerine Tınaztepe kampüs -Buca Koop güzergâhı üzerinde bir ring sistemi oluşturularak az sayıda yolcu için otobüslerin tur atması engellenip bu yolcuların Tınaztepe son durakta toplanarak ringler arıcılığı ile Buca Koop.’a ulaşımının sağlanmasıdır.”

## **8.1. ÖNERİLEN SİSTEM İÇİN SWOT ANALİZİ**

### **8.1.1. Güçlü Yanlar (S):**

- Tınaztepe’deki ve Buca Koop.daki öğrencilerin aynı anda memnuniyeti sağlanır.
- Yakıt maliyetinin azalması sağlanır.
- Körüklü otobüslerin Buca Koop.daki dar ve engebeli yollara girmesine gerek kalmadığından hem kaza riski azalır hem de otobüsler daha az yıpranırlar.
- Otobüslerin az sayıda insanla boş yere dolaşmasının önüne geçilerek maliyetler düşürülebilir. Ayrıca kapasite kullanım oranı artacağından verimlilik de artar.
- Durak karmaşasının önüne geçilir. Aynı zamanda kalkış saatlerinde sapmalar minimuma indirilebilir.

### **8.1.2. Zayıf Yanlar (W)**

- Buca Koop.daki insanların bazıları indi – bindi yapmak zorunda kalacakları için yeni sistemden memnun kalmayabilirler.

### **8.1.3. Fırsatlar (O):**

- Buca Koop.a gidecek olan yolcuların indi-bindi yapması onlara fazladan maliyete neden olmayacaktır.Çünkü İzmir Büyükşehir Belediyesi’nin uygulamakta olduğu 90 dakika içerisinde ücretsiz aktarma yapabilme olanağından yararlanabileceklerdir.

### **8.1.4. Tehditler (T)**

- 90 dakika içinde ücretsiz aktarma yapma uygulamasının kaldırılması riski bulunmaktadır.

Mevcut sistem için yapılan incelemelerde Eshot'tan alınan veriler kullanılmıştır. Eshot'un veri tabanında sefer sayıları ve sefer süreleri belirlenmiş olduğu için bu veriler için ayrıca hesaplama yapılmamıştır. Ancak önerilen sisteme ait veriler bulunmadığından dolayı bu verilerin hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamalarda, önerilen ring seferinin standart zamanını hesaplayabilmek için zaman etüdü çalışması yapılmıştır.

#### 4.2. ÖNERİLEN SİSTEM İÇİN ZAMAN ETÜDÜ ÇALIŞMASI

Zaman etüdü; belirli koşullar altında yapılan belirli bir işin öğelerinin zamanını ve derecesini kaydederek ve bu yolla toplanan verileri çözümleyerek, o işin tanımlanan bir çalışma hızında yapılabilmesi için gereken zamanı saptamakta kullanılan bir iç ölçüm tekniğidir.

Zaman etüdünde bütün bir işi tek bir iş elemanıymış gibi düşünmek hataya sebep olur. İşin elemanlarına ayrılarak her iş elemanının ayrı ölçülmesi zaman etüdünün temelini oluşturur. Bir öğe; bir işin gözlemini, ölçümünü, çözümlemesini kolaylaştırmak için seçilmiş o işe ait bağımsız bir parçadır.

Ring seferi olarak belirlenen, işin gözlemlenmesinden önce gerektiği gibi iş elemanlarına ayrılmıştır. İlgilenilen iş 3 farklı elemandan oluşmaktadır;

1. Otobüsün kalkışı esnasında durağından yolcu alması
2. Otobüsün Buca Koop'u dolaşması
3. Otobüsün tur bitiminde yolcu indirmesi

İş elemanları belirlendikten sonra zaman ölçümlerine başlanabilir. Kronometre ile zamanlamanın iki temel yöntemi vardır ;

1. Sürekli (Birikimli) Zamanlama; yönteminde etüt süresince kronometre sürekli çalıştırılır. Zamanlanacak ilk iş öğesinin başlangıcında zamanlamaya başlanır ve bütün etüt tamamlanıncaya kadar kronometre durdurulmaz. Her öğenin sonunda kronometre verisi kaydedilir. Her öğeye ait süreler, etüt tamamlandıktan sonra yapılan art arda çıkarma işlemleri ile elde edilir. Bu işlemin amacı, işin gözlemlendiği süredeki bütün zamanların etüde kaydedilmesini sağlamaktır.

2. Geriye DönüŖlü Zamanlama; yönteminde her iŖ elemanının bitiminde sayaç sıfırlanır ve hemen tekrar başlatılır ve her öğeye ait zaman doğrudan elde edilir.

ÇalıŖmada zaman örneği alırken Sürekli Zamanlama Yöntemi kullanılmıŖtır. Otobüs durakta yolcu almaya başladığında kronometre çalıŖtırılıp ve her iŖ elemanı biriminde ara derece değerleri kaydedilerek Tablo.2 oluşturulmuŖtur. Başlangıç olarak alınan 20 gözlem için değerler Tablo.2 de belirtilmiŖtir.

<u>Kendi</u> <u>Durağından İlk</u> <u>Hareketi (sn)</u>	<u>Buca</u> <u>Koop.'u</u> <u>DolaŖması</u> <u>(dk)</u>	<u>Kendi</u> <u>Durağına</u> <u>2. GeliŖi</u> <u>(sn)</u>
7	16	4
8	20	5
5	15	3
6	21	5
8	22	7
6	17	4
8	19	6
7	21	6
5	17	3
7	25	5
9	20	6
7	21	9
10	17	4
9	19	6
6	19	5
8	20	7
5	16	4
6	18	7
7	19	6

**Tablo.2:** İş Elemanlarına Ait Zaman Gözlem Değerleri

20 gözlem değeri alındıktan sonra, her iş elemanı için elde edilen sürelerin gerçek değerlerinden  $\pm\%5$  sapma içinde olduğunu  $\%95$  güven seviyesinde söyleyebilmek için ek olarak alınması gereken gözlem sayısının hesaplanması gerekir.

Alınması gereken ek gözlem sayısı;

$$\sqrt{n} = \left( \frac{ts}{kx} \right) \text{ formülünden yararlanarak hesaplanır.}$$

Başlangıç olarak alınan 20 gözlem olduğundan,  $\%5$  hata oranına sahip  $t(20-1)=t(19)$  değeri dağılım tablosundan elde edilir. Böylece 3 iş elemanı için de k değeri 0.05 ve t değeri 2.093 olarak kaydedilir.

Her bir iş elemanı için alınan zaman örneklerinin ortalaması;

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Standart sapmalarını ise;

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

formüllerinden hesaplanarak;

1. eleman için;  $s=1.47$   $\bar{x}=6.95$  olduğundan  $n=77$ ;

2. eleman için;  $s=2.38$   $\bar{x}=19$  olduğundan  $n=28$ ;

3. eleman için;  $s=1.49$   $\bar{x}=5.35$  olduğundan  $n=136$ ;

olarak bulunmuştur.

*\*\*Yapılan ek gözlemlerin değerleri, ortalamaları ve standart sapmaları ekte verilmiştir.*

Her bir iş elemanı için gerçek gözlem değerlerinin bulunmasından sonra sıradaki işlem güven aralıklarının belirlenmesidir. Bu işlemde güven aralıkları ise;

$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$  formülünden yararlanarak

1. eleman için;  $\pm 0.4$

2. eleman için;  $\pm 0.95$

3. eleman için;  $\pm 0.265$

bulunmuştur.

Sistemin iyileştirilmesine etkide bulunacak olan asıl iş elemanı ikinci elemandır. Bu nedenle ikinci iş elemanına ait standart zamanın hesaplanması gerekmektedir. Zaman etüdü sonucu elde edilen gözlem değerlerinin ortalaması, ikinci iş elemanına ait gözlenen süreyi vermektedir. Ancak standart zamanın;

Standart zaman = normal zaman x (1 + tolerans)

formülüne göre hesaplanabilmesi için normal zaman ve tolerans değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Normal zaman olarak ifade edilen zaman değeri hesaplanan teperik zaman olarak da ifade edilebilir. Bir sonraki bölüm olan Sistemin Performansı bölümünde de açıklanacağı gibi bu sürenin hesaplanması için Google-Maps uygulamasından yararlanılmış ve 2. iş elemanı olan Buca koop sefer süresi teorik olarak 15 dakika olarak hesaplanmıştır.

Tolerans değerleri hesaplanırken ILO tarafından tavsiye edilen değerleri kullanılmıştır.

Kişisel ihtiyaç	%5
Harcanan çaba	%3
Oturma	%1
Eğilme-uzanma	%1
Zihinsel çaba	%2
Göz çabası	%4
Monotonluk	%4
Gürültü(sürekli-hafif)	%2
Kaçınılmaz gecikme	%2

Bütün faktörleri göz önünde bulundurulduğunda toplamda %24'lük tolerans alınması gerektiği bulunur. Buradan da standart zaman 18.6 dakika olarak hesaplanır.

Standart zaman = normal zaman x (1 + tolerans)

$$SZ = 15 \times (1 + 0.24)$$

$$SZ = 18.6 \text{ dk}$$

#### 4.2.1. Önerilen Sistemin Performansı:

Uygulama konusu olan toplu taşıma sistemi için en uygun performans ölçüm tekniği, sentetik ölçüm yöntemidir. Bu yönetime göre;

$$P = \frac{F_t}{O} \quad \text{formülünde } F_t \text{ 'nin MTM veya MOST teknikleri kullanılarak hesaplanması}$$

gerekmektedir. Ancak bu teknikler toplu taşımacılık gibi bir hizmet sektöründe yapılan çalışma için kullanılmaya uygun değildir. Çünkü MTM ve MOST nesnelere hareketine odaklanırken, toplu taşıma sisteminde operatör olarak tanımlanabilecek araç şoförünün işi; uzanıp bir nesneyi tutup hareket ettirmesi esaslarına dayanmaz.

Bu teknikler kullanılmadan  $F_t$  hesaplanan tempo zamanı olarak alınarak hesaplama yapılabilir. Hesaplanan tempo zamanı normal şartlar altında işin gerçekleştirilebileceği hesaplanan teorik zamanı ifade etmektedir. Bu süreyi hesaplayabilmek için kullanılan Google Maps ekranı aşağıda verilmiştir. Google Maps'te mevcut sistemde kullanılan duraklar dikkate alınarak ring için gerekli rota oluşturulmuş ve teorik sefer süresi hesaplanmıştır.

The screenshot shows the Google Maps interface for a route in Tinaztepe, Turkey. The search bar at the top contains "dokuz eylül kampüs Tinaztepe, Türkiye". The route is displayed on the map, starting and ending at "Doğu Cd". The route is highlighted in blue and yellow, passing through several streets and landmarks. The sidebar on the left provides details about the route, including the distance (4.9 km) and estimated time (15 minutes). The route is described as follows:

- Doğu Cd yönünden DEÜ Kaynaklar Yerleşkesi 0,5 km konumuna doğru güneydoğu yönünde ilerleyin
- Hoca Ahmet Yesevi Cd konumunda sağa dönün 0,5 km
- 206/54. Sk konumunda sola dönün 0,1 km
- Soldan 2. yola dönün, 203/53. Sk yönünde ilerleyin 26 m
- 203/40. Sk konumunda sağa dönün 0,2 km



Buna göre sistemin performansı;

$F_t = 15$  dk,  $O = 19$  dk,

$$P = \frac{F_t}{O} = \frac{15}{19} = 0.79 = \%79 \text{ olarak hesaplanır.}$$

#### 4.3. ÖNERİLEN SİSTEM İÇİN ARAÇ ATAMASI

Çalışmanın temel hedefi olan mevcut sistemi iyileştirmesinin yeni kaynak yatırımı ile sağlanması yerine mevcut kaynakların kullanım yerleri değiştirilerek sağlanması düşünülmüştür. Mevcut sistemde tüm hatlardaki araçların rotalarından Buca Koop turu çıkartılarak sefer sürelerinde kısalma sağlanmıştır. Bu nedenle mevcut sefer sayısı yeni sistemde daha az araç sayısı ile sağlanabilecektir. Bu şekilde daha az kaynak kullanımı ile aynı hizmet verilirken önerilen sistemde gerçekleştirilecek olan ring seferleri için gerekli olan araç kaynağı ek maliyete neden olmaksızın karşılanacaktır.

GÜZERGAH	ARAÇ SAYISI	SEFER SÜRESİ (dk)	SEFER SAYISI
270	24	172	117
670	14	192	61
671	12	288	35
514	14	163	72
515	12	108	93
352	4	224	15

**Tablo.3:** Hatlara Ait Araç ve Sefer Bilgileri

Daha önce belirtildiği gibi her araç bir seferinde 2 defa Buca Koop turu yapmak zorunda idi. Bu durumda Bölüm-----de hesaplanan Buca Koop turuna ait standart zaman değeri 2 katı alınarak mevcut sefer sürelerinden çıkarıldığı takdirde yeni sefer süreleri hesaplanmış olur.

GÜZERGAH	YENİ SEFER SÜRESİ (dk)
270	$172 - (18.6 \times 2) = 134.8$
670	$192 - (18.6 \times 2) = 154.8$
671	$288 - (18.6 \times 2) = 250.8$

514	163-(18.6x2)=125.8
515	108-(18.6x2)=70.8
352	224-(18.6x2)=186.8

**Tablo.4:** Hatlara Ait Yeni Sefer Süreleri

İncelemekte olduğumuz toplu taşıma sisteminin en önemli kısıtlarından biri olan mevcut araç sayısı ile gerekli sefer sürelerinin sağlanması durumunu formül yardımıyla ifade etmek gerekirse,

$$t * x = T * Y$$

ti: Her bir otobüs hattının sefer süresi (dk)

xi: Her bir otobüs hattının sefer sayısı

T: Toplam zaman (dk)

(Çalışma saati 06:00 – 20:00 arası alınmıştır. Bu durumda toplam zaman 840 dakikadır.)

Yi: Her bir otobüs hattının gerektirdiği araç sayısı

Bu işlem her bir hat için uygulanırsa;

GÜZERGAH	YENİ SEFER SÜRESİ (dk)	SEFER SAYISI	YENİ ARAÇ SAYISI
270	172-(18.6x2)=134.8	117	134.8x117/840=18.87
670	192-(18.6x2)=154.8	61	154.8x61/840=11.24
671	288-(18.6x2)=250.8	35	250.8x35/840=10.45
514	163-(18.6x2)=125.8	72	125.8x72/840=10.78
515	108-(18.6x2)=70.8	93	70.8x93/840=7.83
352	224-(18.6x2)=186.8	15	186.8x15/840=3.33

**Tablo.5:** Hatlar Ait Yeni Araç Sayıları

Hesaplanan yeni araç sayıları tam sayı olmadığından bulunan değerler ihtiyacın karşılanabilmesi için üst değerlere yuvarlanmıştır. Bu durumda gereken araç sayıları;

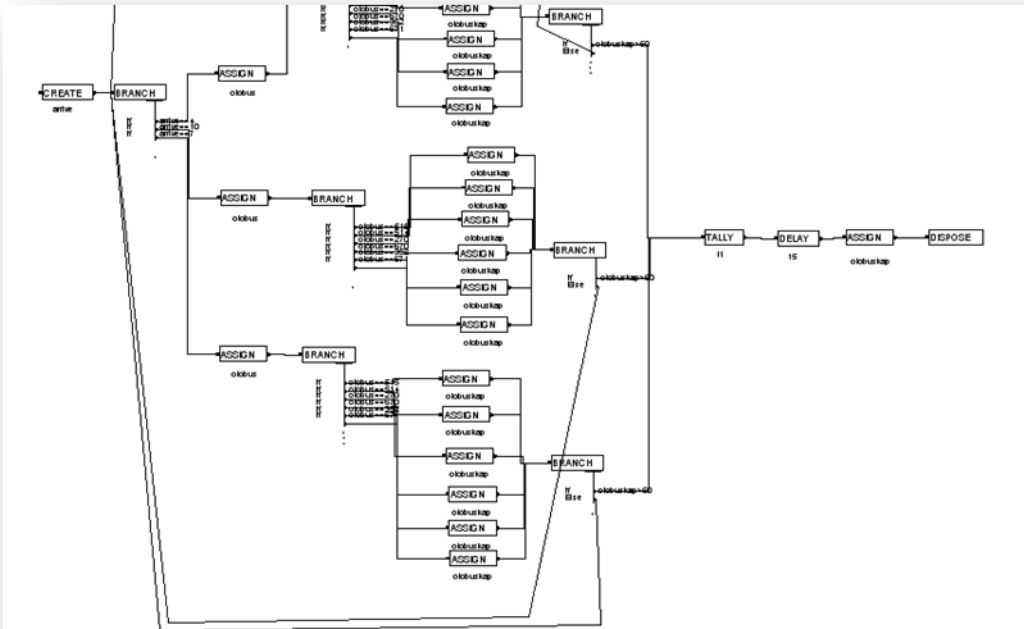
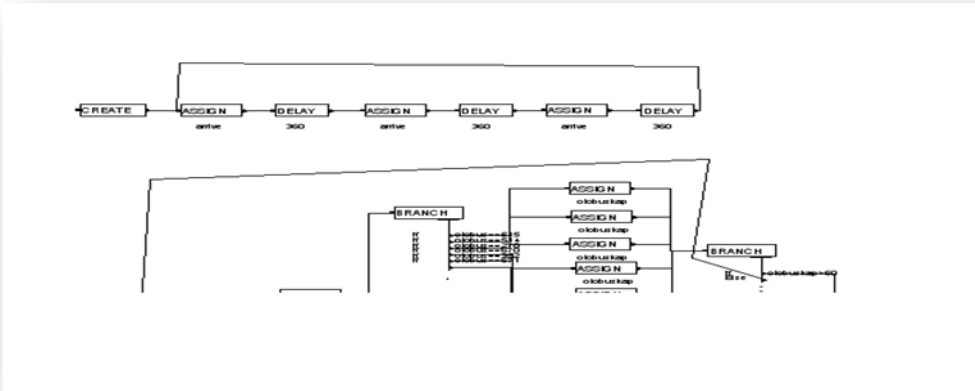
GÜZERGAH	ARAÇ SAYISI	YENİ ARAÇ SAYISI	ARTAN KAPASİTE
270	24 (körüksüz)	19	5

670	14 (körüksüz)	12	2
671	12 (körüklü)	11	1
514	14 (körüklü)	11	3
515	12 (körüklü)	8	4
352	4 (körüksüz)	4	0
<b>Toplam</b>			15

**Tablo.6:** Hatlara Ait Yeni Araç Sayıları

Mevcut sistemin swot analizinde belirtildiği gibi en önemli sıkıntılardan biri Buca Koop güzergâhındaki yolların dar ve engebeli olmasıdır. Körüklü araçlar bu yollarda daha fazla yıprandığı ve kaza riskini arttırdığı için yeni sistemde körüksüz araçlar tercih edilmelidir.

#### 4.4. ÖNERİLEN SİSTEMİN SİMÜLASYON MODELİ:



Oluşturulan model yeni sistemi simüle etmektedir. Bu modelde gelişler arrive adında bir değişken olarak tanımlanmaktadır. Arrive değişkeni günün saatlerine göre farklı değerler almaktadır. Arrive değişkeni ile gelenler, otobüs seferleri olarak ayrılmaktadır. Ayrılan bu seferlerden gün saatleri içinde , hangi seferden kaç tane buca koop yolcusu geldiğini sistem kendi belirlemektedir. Daha sonra bu yolcular buca koop seferini yapacak olan ring'e aktarılacak ve ringin buca koop seferini tamamlaması sağlanacaktır. Bu sistem 18 saat için simüle edilmiştir. Sonuç olarak ortalama bekleme süresi 38 dakika çıkmıştır. Bu da şu anlama gelmektedir ki; ring 38 dakikada bir ancak dolmaktadır.

Modeli oluştururken ağırlıklı olarak assign block'u kullanılmıştır. Bunun nedeni de değişken olarak belirlenen yolcu sayısının sürekli farklı değerler almasıdır.

## 5. MEVCUT VE ÖNERİLEN SİSTEMİN MALİYETLER AÇISINDAN İNCELENMESİ

### Mevcut sistem için:

- Tur başına işçilik maliyetinin hesaplanması için yapılan araştırmalar sonucu hatlarda çalışan şoförlerin maaşlarının farklı etkenlere göre değişiklik gösterdiği görüldü. İlgili hatlarda görev yapan şoförlerin maaşları, yapılan araştırma sonucu aylık 900 TL olarak belirlendi.

Şoförler ayda 20 iş günü, günde 8 saat vardiya ile çalıştığı için;

İşçilik maliyeti = 900 YTL / (20\*8\*60) dakika = 0,093TL/dakika olarak hesaplandı.

Tınaztepe- Buca Koop. hattı için hesaplanmış standart zaman değeri ile birim işçilik maliyet çarpılarak tur başına işçilik maliyeti hesaplandı.

İşçilik Maliyeti= 18,6\*0,093 = 1,7298 TL/tur

- Yakıt maliyetleri söz konusu olduğunda, yakıt sarfiyatları körüklü ve körüksüz araçlar için farklılık göstermektedir. Mevcut sistemdeki araçlar şu şekildedir:

GÜZERGAH	ARAÇ SAYISI	SEFER SAYISI
270	24 (körüksüz)	117
670	14 (körüksüz)	61
671	12 (körüklü)	35

514	14 (körüklü)	72
515	12 (körüklü)	93
352	4 (körüksüz)	15

**Tablo.7:** Hatlara Ait Araç Ve Sefer Bilgileri

Yakıt sarfiyatları ise;

Körüksüz araçlar için= 0,283 litre/km

Körüklü araçlar için= 0,533 litre/km olarak belirlenmiştir. Bu durumda ortalama yakıt sarfiyatını araç tiplerine göre hesaplamak gerekirse;

Bir tur = 15 km

Akaryakıt litre fiyatı (KDV'siz)= 2,50 TL

Körüklü araçlar için tur maliyeti=(0,533 litre/km)\*(2,50 TL)\*(15 km)=19,987 TL/tur

Körüksüz araçlar için tur maliyet=(0,283 litre/km)\*(2,50 TL)\*(15 km)=10,612 TL/tur

Mevcut sistemde 06:00-20:00 saatleri arasında körüklü ve körüksüz araçların toplam seferleri şu şekildedir:

Körüksüz araç toplam sefer sayısı=117+61+15=193 sefer

Körüklü araç toplam sefer sayısı= 35+72+93=200 sefer

Buna göre mevcut sistemde 193 adet körüksüz, 200 adet körüklü araç Tınaztepe-Buca Koop. rotasında sefer yapmaktadır. Bu seferlerin 14 saatlik dilim için yakıt maliyetleri şu şekildedir:

(200 tur)\* (19,987 TL/tur)=3997,4 TL Körüklü otobüsler

(193 tur)\* (10,612 TL/tur)=2048,12 TL Körüksüz otobüsler

Buna göre mevcut durumda bir gün için Tınaztepe- Buca Koop. rotası toplam yakıt maliyeti şu şekildedir:

3997,4 + 2048,12 =**6045,52 TL**

Önerilen sistem için:

- Önerilen sistem için işçilik maliyetleri mevcut durumdan farklılık göstermemektedir. Ring sistemindeki araçlar için şoförler mevcut hatlardan artan kapasite ile sağlandığından ek işçilik ücreti söz konusu değildir.

İşçilik maliyeti= 1,7298 TL/tur

- Önerilen sistem için yakıt maliyetleri aşağıdaki gibidir:

Sistemde 06:00-20:00 saatleri arasındaki 14 saatlik dilimde, bir turun standart zamanı olan 18,6 dakika göz önünde bulundurularak,10 dakikalık aralıklarla ring seferlerinin konulmasına karar verilmiştir. Bu şekilde her an hatta bir ringin bulunması sağlanmıştır. Bu durumda günlük ring seferi sayısı şu şekilde hesaplanır:

$(14 \text{ saat}) * 60 = 840$  dakika içerisinde,  $840 / 10 = 84$  ring seferi bulunmaktadır.

Araçların tümü körüksüz olarak seçilmiştir. Körüksüz araçların bir turdaki yakıt maliyeti 10,612 TL 'dir. Buna göre bir günlük yakıt maliyeti;

$(84 \text{ tur}) * (10,612 \text{ TL/tur}) = \mathbf{891,41 \text{ TL}}$  'dir.

Görüldüğü üzere ring sisteminin Tınaztepe-Buca Koop. rotası yakıt maliyetleri, mevcut sisteme göre oldukça azdır. İşçilik maliyetlerinde de herhangi bir değişme olmayacağından ring sisteminin ilgili rotadaki toplam maliyeti, mevcut sistemin toplam maliyetine göre az olacaktır. Önerilen sistemin maliyetler açısından da mevcut sistemden daha elverişli olduğu görülür.

## SONUÇ

Proje kapsamında, şehir içi karayolu toplu taşıma sisteminde pratikte karşılaşılan bir sorun ele alınmıştır. Öncelikli olarak müşteri memnuniyetinin göz önüne alındığı bir bakış açısıyla, sistemin daha etkin bir şekilde çalışması için bir çözüm önerisi getirilmiştir. Önerilen ring sisteminin müşteri ve işletme açısından sonuçları incelenmiştir.

Ring sistemi, müşterilerin zaman kaybını azaltıp, müşteri memnuniyetini arttırmaktadır. Bu sistem ile müşterilerin gereksiz yere Buca Koop.-Tınaztepe rotasında vakit kaybetmeleri engellenmiştir. Yeni sistem sayesinde işletme maliyetlerinin azalacağı görülmüştür. Bunun yanında kapasitenin artırılması ile, kaynakların farklı alanlara tahsis edilmesinin yolu açılmıştır. Mevcut sistemin zayıf yanlarından biri olan körüklü araçların rotaya uygun olmaması sorunu, ring sisteminde yerlerine körüksüz araçların ikame edilmesiyle çözümlenmiştir. Bu sayede araçların aşırı yıpranmasının önüne geçilmesi ve şoförler üzerindeki gerilimin azaltılması olanaklı hale gelmiştir.

**EKLER:**

**EK-1: Ek Gözlem Tabloları**

<b>Kendi Durağından İlk Hareketi</b>	
7	6
8	8
5	7
6	6
8	5
6	9
8	13
7	9
5	5
7	6
9	7
7	5
10	8
9	9
6	5
8	7
5	5
6	8
7	9
5	4
8	7
7	8
5	5
6	6
9	6
7	9
5	10
9	7
8	4
5	5
7	8
8	6
7	4
9	9
11	7
7	5
9	5
6	9
11	8
	5

**Tablo-1:** Birinci iş elemanı için ek gözlemler

16
20
15
21
22
17
19
21
17
25
20
21
17
19
19
20
16
18
19
18
19
20
17
22
20
25
18
21

**Tablo-2:** İkinci iş elemanı için ek gözlemler

Kendi Durağına 2. Gelişi		
4	8	7
5	7	6
3	5	4
5	8	4
7	4	6
4	6	5
6	3	7
6	5	6
3	9	9
5	6	6
6	4	7
9	3	4
4	7	8
6	6	3
5	8	5
7	5	6
4	7	7
7	6	6
6	4	4
5	5	5
6	6	7
7	7	6
5	7	8
4	5	4
6	8	3
3	6	7
5	5	5
8	7	6
4	9	4
5	5	7
5	4	6
7	6	5
9	8	8
4	4	4
8	5	3
3	7	7
5	8	6
6	6	5
4	9	7
5	6	4
7	3	8
4	7	5
8	8	5
6	5	6
7	6	
5	4	

**Tablo-3:** Üçüncü iş elemanı için ek gözlemler



Genel Durak	
78	84
94	120
65	65
110	56
120	79
89	96
95	71
107	102
86	67
108	92
86	88
58	77
62	76
74	110
49	89
59	105
73	76
64	86
92	93
97	107
64	67
87	78
75	98
98	80
102	80
114	83
78	97
97	103
69	79
100	101
98	85
108	69
74	84
86	95
98	75
65	93
72	65
77	98
93	101
86	115
67	79
93	83
77	106
105	76
86	98
88	83
98	57
103	102
79	65
99	74
	87