

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPLU TAŞIMADA KONFOR ÖLÇÜMÜ:
İSTANBUL İÇİN BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şükrü İMRE

İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

İşletme Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

**TOPLU TAŞIMADA KONFOR ÖLÇÜMÜ:
İSTANBUL İÇİN BİR UYGULAMA**

**İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
İşletme Mühendisliği Programı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Şükrü İMRE
(507121024)**

**İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
İşletme Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Dilay ÇELEBİ

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507121024 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Şükrü İMRE**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TOPLU TAŞIMADA KONFOR ÖLÇÜMÜ: İSTANBUL İÇİN BİR UYGULAMA**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Dilay ÇELEBİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Hür Bersam BOLAT**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Yeliz Ekinci
İstanbul Bilgi Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **29 Mayıs 2015**

Anneme ve Babama,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda beni yönlendiren ve bana yardımcı olan değerli hocam Doç. Dr. Dilay ÇELEBİ'ye teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Ayrıca, tez çalışmamın çatısının kurulması aşamasında yardımlarını esirgemeyen yüksek lisans arkadaşım Azad DERAKHSHAN'a teşekkür ederim. Tez çalışmamdaki verilerin sağlanması konusunda İETT'den Fatih CANITEZ, Algi BAYHAN ve Hakan Erol YARDIM'a ve İstanbul Ulaşım A.Ş.'den Hatice ERSOY'a paylaşımlarından ve yardımlardan dolayı teşekkür ediyorum. Tüm bunların dışında, desteklerini hiç esirgemeyen ve her zaman bana yardımcı olan canım anneme ve babama sonsuz teşekkürümü sunuyorum.

Mayıs 2015

Şükrü İMRE
Matematikçi ve Yüksek İşletme
Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	7
1.2 Problem Tanımı	8
1.3 Literatür Araştırması.....	10
2. YÖNTEM.....	19
2.1 Konforsuzluk Fonksiyonun Tanımlanması	21
2.1.1 Kalabalık seviyesinin tanımlanması.....	21
2.1.1.1 Araçtaki yolcu sayısının tahmini olarak bulunması.....	22
2.1.2 Metrobüs için konforsuzluk fonksiyonunun oluşturulması.....	24
2.1.3 Raylı sistemler için konforsuzluk fonksiyonunun oluşturulması.....	24
2.1.4 Vapur için konforsuzluk fonksiyonunun oluşturulması.....	25
2.1.5 İki durak arasındaki konforsuzluk fonksiyonu.....	26
3. BULGULAR	27
3.1 Metrobüs Yolculuklarında Konforu Etkileyen Faktörler	30
3.2 Otobüs (İETT – ÖHO) Yolculuklarında Konforu Etkileyen Faktörler.....	31
3.3 Raylı Sistemler ile Yolculuklarda Konforu Etkileyen Faktörler	32
3.4 Vapur Yolculuklarında Konforu Etkileyen Faktörler	34
4. KONFORSUZLUK FONKSİYONUN UYGULANMASI.....	37
4.1 Ağırlıkların Belirlenmesi	38
4.2 Metrobüs için Konforsuzluk Değerleri	41
4.3 M2 Hattı için Konforsuzluk Değerleri	46
4.4 T1 Hattı için Konforsuzluk Değerleri	50
5. BULGULARIN YORUMLANMASI	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
7. KAYNAKLAR	61
EKLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR

AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
CR	: Consistency Ratio (Tutarlılık Oranı)
EN	: European Standart (Avrupa Standardı)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
İETT	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
ISO	: International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
KÖS	: Konfor Ölçme Sistemi
M2	: Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı
T1	: Kabataş-Bağcılar Tramvay Hattı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. 1 : M2 hattı için hizmet kriterleri memnuniyet düzeyleri – Ortalamaları. . 5	
Çizelge 1. 2 : T1 hattı hizmet kriterleri memnuniyet düzeyleri – Ortalamaları. 6	
Çizelge 1. 3 : İstanbul’da karayolunda toplu taşıma kullanımı. 8	
Çizelge 1. 4 : İstanbul’da raylı sistemlerde toplu taşıma kullanımı. 9	
Çizelge 1. 5 : İstanbul’da deniz yolunda toplu taşıma kullanımı. 9	
Çizelge 3. 1 : Toplu taşıma seçiminde belirlenen etmenler.....29	
Çizelge 3. 2 : Toplu taşıma seçiminde karar etkenleri..... 30	
Çizelge 3. 3 : Metrobüs için konfora etki eden faktörlerin katkısı 31	
Çizelge 3. 4 : Metrobüs hattı konfor sonuçları 32	
Çizelge 3. 5 : Otobüs için konfora etki eden faktörlerin katkısı. 32	
Çizelge 3. 6 : Raylı sistemler için konfora etki eden faktörlerin katkısı. 33	
Çizelge 3. 7 : M2 metro hattı konfor sonuçları..... 34	
Çizelge 3. 8 : T1 tramvay hattı konfor sonuçları. 34	
Çizelge 3. 9 : Vapur için konfora etki eden faktörlerin katkısı. 35	
Çizelge 3. 10 : Vapur hatları için konfor sonuçları 35	
Çizelge 4. 1 : Metrobüs hattı için şikayet tipleri..... 41	
Çizelge 4. 2 : M2 hattı için şikayet tipleri. 47	
Çizelge 4. 3 : T1 hattı için şikayet tipleri..... 51	
Çizelge A. 1 : Demografik özellikler..... 63	
Çizelge B. 1 : Metrobüs hattı için inme olasılıkları..... 64	
Çizelge B. 2 : M2 metro hattı için inme olasılıkları. 65	
Çizelge B. 3 : T1 tramvay hattı için inme olasılıkları..... 66	
Çizelge C. 1 : Metrobüs hattı için kıyaslama matrisi. 67	
Çizelge C. 2 : M2 hattı için kıyaslama matrisi. 67	
Çizelge C. 3 : T1 hattı için kıyaslama matrisi. 67	
Çizelge D. 1 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüs için konforsuzluk değerleri 68	
Çizelge D. 2 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüs için konforsuzluk değerleri. 70	
Çizelge D. 3 : M2 hattı 20 Nisan 2014 Pazar günü konforsuzluk değerleri..... 72	

Çizelge D. 4 :	M2 hattı 21 Nisan 2014 Pazartesi günü konforsuzluk değerleri.	73
Çizelge D. 5 :	T1 hattı 20 Nisan 2014 Pazar günü konforsuzluk değerleri.	74
Çizelge D. 6 :	T1 hattı 21 Nisan 2014 Pazartesi günü konforsuzluk değerleri.....	75

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1 : M2 hattı için 2014 yılı için aylık yolcu sayıları.	3
Şekil 1. 2 : T1 hattı için 2014 yılı için aylık yolcu sayıları.	3
Şekil 1. 3 : Metrobüs hattı için 2014 yılı için aylık yolcu sayıları.	4
Şekil 2. 1 : Konforsuzluk fonksiyonun kalabalık seviyesine göre durumu.	22
Şekil 3. 1 : Toplu taşıma tiplerinin kullanım oranları.....	27
Şekil 3. 2 : Toplu taşıma kullanım sebepleri.	28
Şekil 3. 3 : Toplu taşıma tiplerinin kullanım zamanları.	28
Şekil 3. 4 : Katılımcıların toplu taşıma ulaşımında en yüksek önem verenlerin yüzdeleri.	29
Şekil 3. 5 : Konforlu yolculuk için razı olunan bekleme süresi.	30
Şekil 4. 1 : Metrobüs hattı için belirlenen kriterlerin ağırlıkları.....	39
Şekil 4. 2 : M2 hattı için belirlenen kriterlerin ağırlıkları.....	40
Şekil 4. 3 : T1 hattı için belirlenen kriterlerin ağırlıkları.....	40
Şekil 4. 4 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).....	42
Şekil 4. 5 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).....	42
Şekil 4. 6 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	43
Şekil 4. 7 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	43
Şekil 4. 8 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).....	44
Şekil 4. 9 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).....	44
Şekil 4. 10 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	45
Şekil 4. 11 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	45
Şekil 4. 12 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüs için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Gidiş).....	46

Şekil 4. 13 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüs için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Dönüş).	47
Şekil 4. 14 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metro için konforsuzluk değerleri (Gidiş).	48
Şekil 4. 15 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metro için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	48
Şekil 4. 16 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için konforsuzluk değerleri (Gidiş).	49
Şekil 4. 17 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	49
Şekil 4. 18 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Gidiş).	50
Şekil 4. 19 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Dönüş).	50
Şekil 4. 20 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Gidiş).	51
Şekil 4. 21 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	52
Şekil 4. 22 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Gidiş).	53
Şekil 4. 23 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Dönüş).	53
Şekil 4. 24 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Gidiş).	54
Şekil 4. 25 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Dönüş).	54
Şekil E. 1 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüs için konforsuzluk grafiği (Gidiş).	76
Şekil E. 2 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüs için konforsuzluk grafiği (Dönüş).	76
Şekil E. 3 : 20 Nisan 2014 Pazar günü M2 için konforsuzluk grafiği (Gidiş).	77
Şekil E. 4 : 20 Nisan 2014 Pazar günü M2 için konforsuzluk grafiği (Dönüş).	77
Şekil E. 5 : 20 Nisan 2014 Pazar günü T1 için konforsuzluk grafiği (Gidiş).	78
Şekil E. 6 : 20 Nisan 2014 Pazar günü T1 için konforsuzluk grafiği (Dönüş).	78

TOPLU TAŞIMADA KONFOR ÖLÇÜMÜ: İSTANBUL İÇİN BİR UYGULAMA

ÖZET

Dünyanın metropol şehirlerinde günden güne artan bir trafik sorunu bulunmaktadır. Özellikle bu tip şehirlerin imkânlarının iyi olması, kişi sayısının artmasına ve dolayısıyla trafik sıkışıklığına neden olmaktadır. Ayrıca artan araç sahiplerinin sayısı da trafiği olumsuz yönde etkilemektedir. Birçok uzman, trafik sıkışıklığını halkı toplu taşımaya yöneltmekle çözmeyi amaçlamaktadır. Toplu taşımada artan talebin, yetersiz altyapı nedeniyle karşılanamadığı durumlarda örneğin işe gidiş ve dönüş saatlerinde, toplu taşıma araçlarındaki yoğunluk artmaktadır. Ayrıca insanların toplu taşıma araçlarını tercih etmesiyle, bu araçlardaki insan yoğunluğu da artmaktadır. Özellikle sabah ve akşam yoğun saatlerde toplu taşımayı kullanmak zor hale gelmektedir. Bu saat dilimlerinde artan yoğunluk yolculuk konforunu önemli ölçüde etkilemektedir. Yolcular artık seyahatlerini planlarken ve kullanacağı araçların seçimini yaparken konfor faktörünü de işin içine katmaktadırlar. Bu çalışma Türkiye’de, İstanbul şehrinde İETT, İstanbul Ulaşım A.Ş. ve Şehir Hatları A.Ş. ile iş birliği çerçevesinde yapılmıştır. Üç kurumdan sağlanan veriler ve bu çalışma için oluşturulmuş anketten elde edilen sonuçlar ile toplu taşıma araçlarının konfor seviyesinin belirlenmesi için bir konforsuzluk fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu fonksiyon parçalı bir fonksiyon olup, kalabalık seviyesine (1’den küçük veya eşit ve büyük olduğu durumlarda) göre değerler almaktadır. İstanbul’daki toplu taşıma araçlarından Metrobüs hattına, Yenikapı-Hacıosman metro hattına ve Bağcılar-Kabataş tramvay hattına ait araçlar pilot çalışma araçları olarak seçilmiştir. Yapılan literatür taraması ve İETT ve İstanbul Ulaşım A.Ş.’yle yapılan görüşmeler sonrasında, bu hatlara ait araçların konfor seviyesinin belirlenmesinde her bir toplu taşıma tipi için tanımlanan değişkenler; kalabalık seviyesi, havalandırma, araç içi temizliği, bilgilendirme ve yönlendirme, koltuk rahatlığı, araç içi koku şikâyet oranları, araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi, ışıklandırma seviyesi, araç kullanıcısının yolculara davranışı, araç arızaları, aracı kullananın kullanım tarzı ve hava koşulları olarak

belirlenmiştir. Yapılan anket sonucunda her toplu taşıma tipinde yolculuk konforunda etkili olarak ortaya çıkan faktörler; araçlardaki doluluk seviyesi, havalandırma, koku ve temizlik olarak bulunmuştur. Aynı zamanda 7.00-9.00 ve 17.00-20.00 saatleri arası toplu taşımaya talebin en yoğun olduğu zamanlardır. Metrobüs, M2 metro ve T1 tramvay hatları için konforsuzluk değerleri, bir iş günü, bir de tatil günü olmak üzere seçilen iki örnek tarih için hesaplanmıştır. Özellikle iş günlerinde yukarıda belirtilen zaman aralıklarında bulunan konforsuzluk değerleri her bir hat için en yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu çalışma, geliştirdiği araç içi yolcu sayısı tahmin etme fonksiyonuyla da literatüre katkı sağlamakta ve konforsuzluk fonksiyonunun da temel değişkeni olan kalabalık seviyesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Seçilen tarihlerde konforsuzluk değerleri belli bir değişkenliğe sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bazı zaman aralıklarında düşük değerlere sahip olurken bazı zaman aralıklarında da çok yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Konforsuzluk değerlerin yüksekliğinin sebebi tanımlanan parçalı fonksiyondan araç içindeki kalabalık seviyesinin kapasiteyi aşması durumunda konforsuzluğun üssel olarak ifade edilmesinden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, sadece üç tip toplu taşıma aracı için yapılan bu çalışma geliştirilip, diğer şehirlerdeki toplu taşıma konfor seviyesinin ölçümü ve karşılaştırılması için geliştirilebilir.

MEASURING COMFORT IN PUBLIC TRANSPORTATION: A CASE STUDY FOR ISTANBUL

SUMMARY

Congestion in traffic is becoming more and more of a significant problem in metropolitan areas, especially due to growing population as a result of various job opportunities provided in big cities. Increase in population causes many problems in security, illegal housing, transportation, education, healthcare and environment. In Turkey, especially in metropol cities such as Istanbul, Ankara and Izmir the biggest problem is transportation. There are several reasons that affect transportation. First of them is the increase of highway usage. This comes up with many problems such as traffic jam, traffic accidents and emission increase. Another problem that affects transportation is the increase in urbanization and mobility (dynamism). As a result of rapid and unplanned urbanisation, population and motor vehicle ownership increased so much. Also high consumption of fuel oil in inner-city transportation causes environmental pollution. When we look as a whole, the result of urbanisation comes up with traffic jam and traffic accidents. Another point of view shows that the passenger transportation increased by the improvement in economical conditions. Traffic density increased highly in every mode of transportation. Changes, inventions and developments in industries caused growth of the cities. The growth of the transportation is also increased parallel to the growth of the cities. Growing cities increased the need of transportation and hence traffic jam. Public transportation became a part of the daily activities of the human life. Because of this reason, city managers aim their lives to be simplified and their needs to be met. General ideas and operations which are being applied for public transportation, affect passenger's decisions. For this reason, passenger factor should be included to the operations which will be applied by managers. This means a great chance for managers to be able to include passenger experiences to their plans. Increasing car ownership creates a multiplying effect on this problem. Most experts aim to solve congestion problem by encouraging people to use public transportation. Increased demand for public transport

combined with lack of sufficient infrastructure may cause extreme congestion, especially in rush hours. Also due to the preferences of public transportation, passenger density is increasing directly proportional. Especially it is hard to use public transportation at morning and evening busy hours. This leads to significant displeasure for passengers and a huge decrease in comfort level of their trip experience. Passengers consider comfort factor as a new criterion in their choice of public transportation mode. This study conducts a comfort analysis for public transport in the city of Istanbul in Turkey with significant support of İETT, Istanbul Transportation Inc. and City Lines Inc.. Implementation data is obtained from these three institutions and a questionnaire developed for this study helped us define a function to calculate the discomfort level for each mode of public transportation. This function is a piecewise function that takes different values according to the crowd level (for less than 1 or equal or greater than 1). Metrobus line, Yenikapı-Hacıosman metro line and Bağcılar-Kabataş tram line are selected as pilot routes. After literature review and interviews with İETT and Istanbul Transportation Inc., to determine the comfort level of these lines, variables for each type of public transportation used in this study are: crowd level, complaint rates about air conditioning, invehicle cleanliness, information and guidance, seat comfort, in-car smell, the noise and vibration levels in the vehicle, lighting, driver's social behavior, vehicle breakdowns, driving style, and weather conditions. Survey results show that the factors which are effective for trip comfort at each public transportation type are; fullness level of vehicles, air conditioner, in-car smell and invehicle cleanliness. At the same time, the maximum demand rate for public transportation is seen between 7.00-9.00 am and 5.00-8.00 pm. Metrobus, M2 metro and T1 tram line discomfort levels are calculated for two example dates that one of them is a work day and the other one is holiday. Especially on work days at the time which was mentioned above, the discomfort level gives the highest values. Another contribution of the study is development of a function that can be used to predict the number of passengers in a vehicle in a given time and it plays an important role to determine the crowd level which is the base variable of the discomfort level. A variability occurred in discomfort values for which dates are selected before. This value is low or high in different time intervals. The reason of the high values of the discomfort level, is that the piecewise function is defined by exponential terms when the crowd level of the vehicle exceeds the capacity. In conclusion, this study which was conducted for only three types of public transportation can be improved for measuring the comfort level for other cities

and comparing them. In addition to this, it can be used as a multi-criteria mathematical model for mode selection at further research. In many studies for mode selection in the literature includes variables such as transportation cost, travel duration and waiting times. However, because of the increasing crowdedness in nowadays, comfort factor should be added to the transportation mode selection criteria of passengers. In this context, developing a transportation mode selection model including comfort criterias will reflect better the decisions of the passengers.

1. GİRİŞ

Türkiye genelinde artan nüfus ve iş olanaklarının daha fazla olması nedeniyle büyük metropol şehirlere göç, bu şehirlerdeki yaşayan sayısında ciddi artışlara neden olmaktadır. Bu büyük şehirlerde yaşayan sayısındaki artış; güvenlik, kaçak yapılaşma, ulaşım, eğitim, sağlık ve çevresel gibi birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Türkiye'nin özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi metropol şehirlerinde en büyük sorunlarından biri ulaşımır. Ulaşımı etkileyen birden fazla neden vardır. Bunlardan birincisi, ülke genelinde karayollarının kullanımının artışıdır. Bu durum trafik tıkanıkları, trafik kazaları ve emisyon artışı gibi birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Ulaşımı etkileyen bir diğer sorun ise, kentleşmenin ve mobilitenin (hareketliliğin) artmasıdır (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2014). Hızlı ve plansız kentleşme sonucunda büyükşehirlerde yüksek nüfus artışı ve motorlu araç sahipliğinde artış gerçekleşmiştir. Ayrıca şehir içi ulaşımında yaşanan fazla yakıt tüketimi çevrenin kirlenmesine neden olmuştur. Bir bütün olarak bakıldığında ise kentleşmenin sonucunda trafik sıkışıklığı ve trafik kazaları gibi problemler ortaya çıkmıştır.

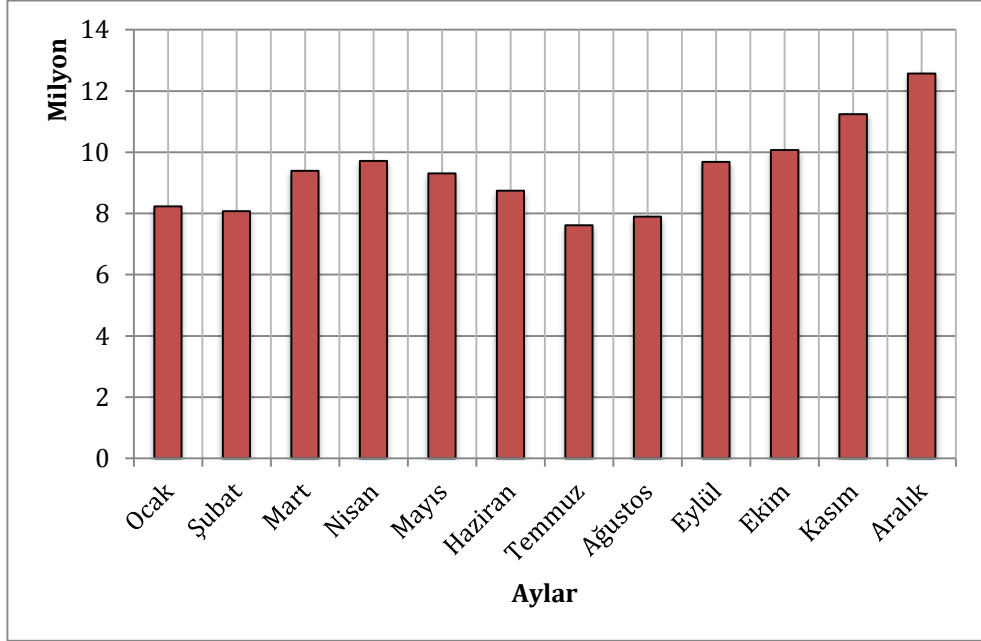
Diğer bir açıdan bakıldığında, ekonomik gelişmeyle birlikte yolcu ulaşımında artış olmuştur. Bütün ulaşım modlarında trafik yoğunluğu, beklenmeyen dışında bir yükseliş göstererek büyük bir artış göstermiştir. Endüstrilerdeki değişimler, buluşlar ve gelişmeler şehirlerin büyümesine neden olmuştur. Şehirlerdeki büyümeyle birlikte ulaşımındaki büyüme de paralel seyretmiştir. Büyüyen şehirler ulaşım ihtiyacını arttırmış ve dolayısıyla trafik sıkışıklığının da artmasına sebep olmuştur (URL-1). Toplu taşıma, insan hayatının günlük aktivitelerinin bir parçası haline gelmiş ve onların hayatlarının basitleştirmesi ve ihtiyaçlarının karşılanması şehir yöneticileri tarafından amaç olarak benimsenmiştir. Toplu taşıma hakkında yetkililer tarafından düşünülen genel fikirler ve uygulanmakta olan eylemler tamamıyla yolcuların eylemlerine ve kararlarına etki etmektedir. Bu yüzden yetkililer tarafından oluşturulacak eylemlere, yolcu faktörünün de katılması gerekmektedir. Yani toplu

taşıma alanında alınacak karar süreçlerine yolcu deneyimlerinin katılması yetkililer için iyi bir iç görü yakalama fırsatı olacaktır.

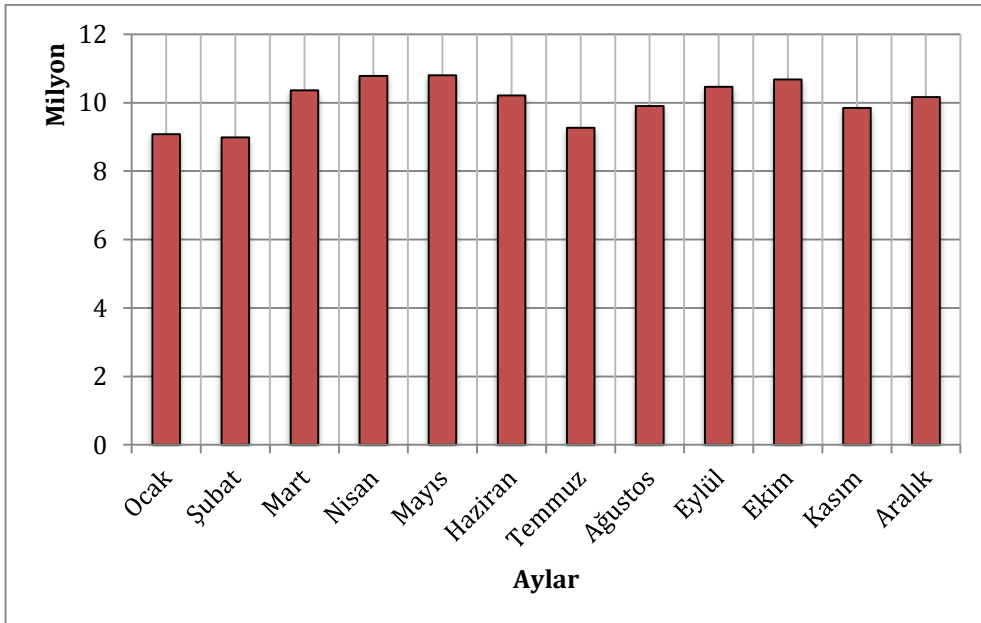
Ulaşımındaki talebin artışıyla birlikte trafik sıkışıklığı ve diğer problemler ortaya çıkmaya başlamıştır. Gecikmeler, belirsizlikler ve stres seviyeleri hem bireylere hem de topluma zarar verir hale gelmeye başlamıştır. Dünyanın pek çok metropol kentinde trafikte artan sıkışıklık ve diğer problemlere karşı, toplu taşıma araçlarının rotalarının, toplu taşıma araçları arasındaki koordinasyonun ve ücret sisteminin iyileştirilmesi gibi birçok alanda geliştirmeler yapılarak problemler giderilmeye çalışılmıştır. İnsanların toplu taşımadan genel olarak beklentileri; düşük zamanda, düşük maliyetle, yüksek konforla ve güvenilir bir şekilde seyahat etmek olduğu söylenebilir. Yapılan birçok çalışma, toplu taşımalarda geçirilen yolculuk sürelerinin belirsizliği ve trafik sıkışıklığı gibi nedenlerin, yolcuların stres seviyelerini arttırdığını ortaya çıkarmıştır. Bu stresin, yolcuların iş ve ev hayatına kadar yayıldığı bilinmektedir. Böylelikle, yolculuk zamanları kişilerin hayat kalitesini etkileyebileceği sonucuna varılabilir. Trafik sıkışıklığının artmasıyla toplu taşımada geçirilen yolculuk süresinin belirsiz hale gelmesi kaçınılmaz bir hale gelmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'nin metropol şehri olan İstanbul pilot bölge olarak seçilmiştir. Özellikle 2000'li (URL-2) yıllardan sonra artan aşırı göç sonucunda şehrin nüfusu hızlı bir şekilde artmış ve 2014 yılında 14.377.018 (URL-3) kişiye ulaşmıştır. Bu sayı bir şehir için çok olmakla birlikte, yukarıda bahsedildiği gibi bir takım sorunları gündeme getirmektedir. İstanbul için bu sorunların en önemlilerinden biri ulaşım sorunudur. Ulaşım sorunlarından ilk akla gelen trafik sıkışıklığı olup, bu sorunun çözümü aşamasında etkili bir eylem yapılmamaktadır. Birçok uzman, kişileri toplu taşımaya yönlendirerek bu sorunu aşmayı planlamış ancak çözüm başarılı olmamıştır. Toplu taşıma araçlarında da artan yoğunluklar, kişiler için problem oluşturmaya başlamıştır. Günümüzde, yolcuların toplu taşımadaki beklentileri hızlı, konforlu ve güvenli seyahat edebilmektir. Tüm bu bilgilere ek olarak, İstanbul'a günlük giriş çıkışların etkisiyle, İstanbul'un günlük nüfusunun dinamik bir şekilde artmasıyla, gün içerisinde ulaşım problemi daha da kötü hale gelmektedir. Çoğu insan doğal olarak toplu taşıma araçlarını kullanmaktadırlar. İstanbul için farklı toplu taşıma imkanları mevcuttur; bunlardan en çok tercih edilenleri metrobüs, raylı sistemler ve otobüsler (İETT ve ÖHO)'dir. Bu toplu taşıma tiplerinin geliştirilmesinden ve yönetiminden İETT, İstanbul Ulaşım A.Ş. ve Şehir Hatları A.Ş. gibi İstanbul Büyükşehir Belediye'sine

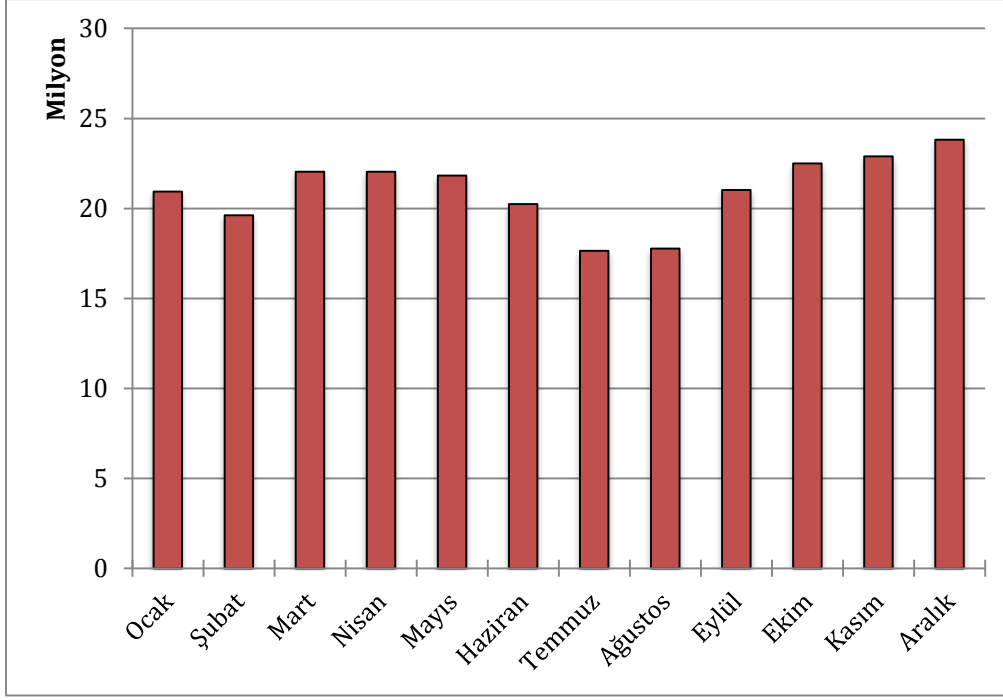
bağlı kurumlar sorumludur. İETT ve İstanbul Ulaşım A.Ş.'den bu çalışma için alınan ve 1 Ocak 2014-31 Aralık 2014 tarihleri arasını kapsayan toplu taşımayı kullanan yolcu sayıları verilerinden, günümüzde İstanbul'daki toplu taşıma araçlarının çok önemli miktarlarda kişiyi taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu kurumlardan metrobüs, M2 metro ve T1 tramvay hatları için yıllık yolcu sayıları sırasıyla aşağıdaki Şekil 1.1, Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te verilmiştir.



Şekil 1. 1: M2 hattı için 2014 yılı için aylık yolcu sayıları.



Şekil 1. 2 : T1 hattı için 2014 yılı için aylık yolcu sayıları.



Şekil 1. 3 : Metrobüs hattı için 2014 yılı için aylık yolcu sayıları.

Şekil 1.1-1.3'te görüldüğü gibi, Temmuz-Ağustos aylarında toplu taşımaya olan talepte azalma ve Eylül-Ekim aylarında da talepte belirgin bir artma söz konusudur. Bunun dışında Şekil 1.3'ten anlaşılabileceği üzere metrobüsün kullanımı M2 ve T1 hatlarına göre oldukça fazladır. Metrobüs kullanımının fazla olması, yolculuk konforunu direkt olarak etkilemektedir. Bu kurumlar, yolcularını hem hızlı ve güvenli hem de konforlu bir şekilde taşıyabilmek için birçok araştırmalar yapmaktadırlar. Aynı zamanda, bu kurumlar düzenli olarak sorumluluk alanlarındaki toplu taşıma araçlarını izleme ve geliştirme eğilimindedirler. Bu kapsamda, birçok memnuniyet araştırmaları yapılmaktadır. Bu çalışmanın pilot hatlarından olan M2 (Yenikapı-Hacıosman) ve T1 (Kabataş-Bağcılar) hatları için İstanbul Ulaşım A.Ş., 2014 yılı genelinde bir memnuniyet anketi düzenlemiştir. 2013 ve 2014 yıllarındaki M2 ve T1 hatları memnuniyet ortalaması Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2 de verilmiştir.

Çizelge 1. 1 : M2 hattı için hizmet kriterleri memnuniyet düzeyleri – Ortalamaları
(Stratejik Planma ve Hizmet Geliştirme Şefliği Kalite ve Kurumsal Gelişim Müdürlüğü, 2014).

M2 Hattı için Memnuniyet Anket Sonuçları	Memnuniyet Düzeyi 2013	Memnuniyet Düzeyi 2014	Fark (2014-2013)
İstasyonların aydınlatmasından	84.03	87.01	2.98*
Metro yolculuğumun süresinden	84.40	86.53	2.13*
Turnikelerin çalışmasından	84.91	86.12	1.21*
İstasyonların temizliğinden	82.85	85.04	2.19*
Araç içi bilgilendirme ve yönlendirmelerden	85.34	84.98	-0.36
İstasyonlarda ki bilgilendirme ve yönlendirmelerden	85.11	84.65	-0.46
İstasyonlarda kendimi güvende hissediyorum	83.54	84.27	0.73
Araçlarda kendimi güvende hissediyorum	83.49	84.05	0.56
Güvenlik görevlilerinin bana karşı tutum ve davranışlarından	85.28	83.73	-1.55*
Araçların sefer sıklığından	84.92	83.52	-1.40*
Araçların temizliğinden	83.33	83.32	-0.01
Raylı sistemler içerisinde aktarma kolaylığından		83.30	-
Akbil makinalarının/Jetonmatiklerin çalışmasından	84.66	83.03	-1.63*
Yürüyen merdivenler, yürüyen bant ve asansörlerin çalışmasından	83.81	81.04	-2.77*
Araçlardaki gürültü ve titreşim seviyesinden	83.13	81.00	-2.13*
Araçların içindeki havalandırmadan	77.96	78.52	0.56
İstasyon girişinden araca kadar kat ettiğim mesafeden	84.31	77.61	-6.70*
Yolculuk ücretinden	69.37	73.92	4.55*
Metronun başlangıç ve bitiş saatlerinden		72.67	-
Araçlardaki kalabalık seviyesinden	68.14	68.35	0.21
Ortalama	82.14	81.63	-0.10

Çizelge 1. 2 : Hizmet kriterleri memnuniyet düzeyleri – Ortalamaları
(Stratejik Planma ve Hizmet Geliştirme Şefliği Kalite ve Kurumsal Gelişim Müdürlüğü, 2014).

T1 Hattı için Memnuniyet Anket Sonuçları	Memnuniyet Düzeyi 2013	Memnuniyet Düzeyi 2014	Fark (2014-2013)
Araç içi bilgilendirme ve yönlendirmelerden	75.89	85.50	9.61*
İstasyonların aydınlatmasından	76.43	85.36	8.93*
Turnikelerin çalışmasından	78.32	85.31	6.99*
Akbil makinalarının/Jetonmatiklerin çalışmasından	76.25	85.20	8.95*
Güvenlik görevlilerinin bana karşı tutum ve davranışlarından	75.50	84.34	8.84*
İstasyonlarda ki bilgilendirme ve yönlendirmelerden	75.99	84.30	8.31*
İstasyon girişinden araca kadar kat ettiğim mesafeden	75.58	84.26	8.68*
Araçların temizliğinden	74.60	83.97	9.37*
İstasyonların temizliğinden	75.10	83.82	8.72*
Raylı sistemler içerisinde aktarma kolaylığından		83.73	-
Araçlarda kendimi güvende hissediyorum	70.68	83.54	12.86*
İstasyonlarda kendimi güvende hissediyorum	72.10	83.26	11.16*
Tramvay yolculuğumun süresinden	70.99	82.14	11.15*
Araçlardaki gürültü ve titreşim seviyesinden	69.84	80.52	10.68*
Araçların sefer sıklığından	74.73	80.29	5.56*
Tramvayın başlangıç ve bitiş saatlerinden		80.08	-
Yolculuk ücretinden	60.87	78.26	17.39*
Araçların içindeki havalandırmadan	70.15	77.67	7.52*
Araçlardaki kalabalık seviyesinden	48.96	68.98	20.02*
Ortalama	71.88	82.13	10.28

İstanbul Ulaşım'ın yapmış olduğu memnuniyet araştırmaları sonucunda her iki hat için de diğer belirlenen etmenlere karşı en düşük memnuniyete sahip faktörler, araçtaki kalabalık seviyesi ve araç içi havalandırma olarak ortaya çıkmıştır. Bu iki faktörün yolculuk konforu ile direkt olarak ilişkili olduğu görülmektedir.

İnsanlar toplu taşıma araçlarını tercih ettikçe, bu araçlardaki insan yoğunluğu da olarak artmaktadır. Özellikle sabah ve akşam yoğun saatlerde toplu taşımayı kullanmak zor hale gelmektedir. Toplu taşıma araçlarındaki kalabalık seviyesi, ısı-sıcaklık seviyesi, titreşim ve gürültü seviyesi, aracı kullananın kullanım tarzı (ani yavaşlama & hızlanma, ani dönüşler vb.), koltuk dizaynı, sefer sıklığı, yolculuk süresi, ışıklıandırma seviyesi, bilgilendirme ve yönlendirme seviyesi, hava koşulları vb. gibi etmenlerin, yolcuların toplu taşıma tercihlerinde etkili olacağı bilinmektedir. Bu kapsamda çalışmamız, toplu taşıma ulaşımında bu etmenleri dikkate alarak yeni bir konforsuzluk tanımını gündeme getirmektedir. Genişletilen bu tanımla birlikte nitel ve nicel değerlerin bir arada kullanıldığı bir konforsuzluk endeksi de geliştirilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, farklı toplu taşıma tiplerinin yapılarına bağlı olarak, her biri için konforsuzluk tanımı oluşturmak ve bu tanım dahilinde öne çıkan faktörleri kullanarak, her bir toplu taşıma tipinin konfor seviyesinin ölçümü için ilişkili değişkenlere bağlı bir konforsuzluk endeksi geliştirmektir. Böylece, toplu taşımada seçilen tipler için konfor algısı karşılaştırılabilir ortak bir ölçüt üzerinden belirlenerek, geliştirilen konforsuzluk endeksiyle her bir toplu taşıma tipinin konforsuzluk seviyelerinin belirlenip kıyaslanması sağlanmış olacaktır. Geliştirilen konforsuzluk endeksi hem nitel hem de nicel değerleri bir arada bulunduracaktır.

İstanbul'un genel yapısı göz önüne alınarak ve en çok kullanılan toplu taşıma tiplerinden örnekler seçilerek, bu çalışmanın çatısı oluşturulmuştur. İstanbul'da toplu taşıma denilince akla gelen üç büyük kurum olan; İETT, İstanbul Ulaşım A.Ş. ve Şehir Hatları A.Ş. çalışmamıza istenilen verileri paylaşarak destek olmuşlardır. Çalışmamız, İstanbul'da seçilen bazı pilot hatlar üzerinde uygulanarak gerçekleştirilmiştir. İETT'den Metrobüs hattına, İstanbul Ulaşım A.Ş.'de M2 (Yenikapı-Hacıosman) metro hattına ve T1 (Bağcılar-Kabataş) tramvay hattına ait veriler alınarak araştırmaya katılmıştır. Konforsuzluk endeksi oluşturulduktan sonra, bu seçilen hatlar üzerinden toplu taşıma ulaşım tiplerinin konfor seviyeleri belirlenmiş olacaktır. Böylelikle seçilen her bir toplu taşıma ulaştırma tipinin konforları birbiriyle karşılaştırılabilecektir.

1.2 Problem Tanımı

İstanbul’da yaşayan kişi sayısı ve günlük nüfusa bakıldığında ciddi bir şekilde ulaşım sorunu olduğu görülmektedir. Artan özel otomobil sayısı sonucunda trafik sıkışıklığı dayanılmaz boyutlara ulaşmaktadır. Uzmanların İstanbul’da yaşayan kişileri toplu taşımaya yönlendirmek için yapmış oldukları bilinçlendirme çalışmaları sonucunda toplu taşımaya olan talep artmaktadır. Günümüzde ise toplu taşımaya talep inanılmaz boyutlara ulaşmıştır. Karayolundaki toplu taşıma araçlarının İstanbul’daki günlük kullanım durumu Çizelge 1.3’de gösterilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü üzere, karayolu toplu taşımada, günlük yaklaşık olarak 9.7 milyon kişi yolculuk yapmaktadır. Aynı zamanda bu çizelgede, her bir toplu taşıma araç tipine göre kullanım yüzdeleri de verilmektedir.

Çizelge 1. 3 : İstanbul’da karayolunda toplu taşıma kullanımı (URL-4).

Karayolu	Günlük yolcu sayısı	Türü içerisindeki payı (%)
Metrobüs	800.000	8,27
İETT	927.546	9,59
ÖHO	1.441.334	14,90
OAŞ	795.504	8,22
Minibüs	2.100.000	21,71
Taksi Dolmuş	110.000	1,14
Taksi	1.100.000	11,37
Servis (kayıtlı)	2.400.000	24,81
Toplam	9.674.384	100

Raylı sistemlerdeki toplu taşıma araçlarının İstanbul’daki günlük kullanım durumu Çizelge 1.4’de gösterilmiştir. Bu çizelgeden görüldüğü üzere, raylı sistem toplu taşımada günlük yaklaşık olarak 1.6 milyon kişi yolculuk yapmaktadır. Her bir toplu taşıma araç tipine göre kullanım yüzdeleri de verilmektedir. Deniz yolunda toplu taşıma araçlarının İstanbul’daki günlük kullanım durumu Çizelge 1.5’de gösterilmiştir. Bu çizelgeden görüldüğü üzere, deniz yolu toplu taşımada, günlük yaklaşık olarak 265 bin kişi yolculuk yapmaktadır. Her bir toplu taşıma araç tipine göre kullanım yüzdeleri de verilmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında İstanbul’un toplu taşımada kendine has özel bir yoğunluğu olduğu görülmektedir. Giderek artan toplu taşıma kullanımları, yolcular için konforun önemini gündeme getirmektedir.

Çizelge 1. 4 : İstanbul’da raylı sistemlerde toplu taşıma kullanımı (URL-4).

Raylı	Günlük yolcu sayısı	Türü içerisindeki payı (%)
Metro	613.062	38,19
Hafif Metro	308.420	19,21
Tramvay	497.230	30,97
Tünel- Füniküler	48.837	3,04
Nostaljik Tramvay	1.983	0,12
Teleferik	5.966	0,37
TCDD (Marmaray)	129.895	8,09
Toplam	1.605.393	100

Çizelge 1. 5 : İstanbul’da deniz yolunda toplu taşıma kullanımı (URL-4).

Deniz Yolu	Günlük yolcu sayısı	Türü içerisindeki payı (%)
İDO	20.610	7,8
Şehir Hatları	106.357	40,2
Özel Tekne/Motor	137.285	52
Toplam	264.252	100

Araçlardaki yoğun saatlerde artan kalabalıklık seviyesi, sefer sıklıkları, yolculuk süreleri, havalandırma sorunları vb. gibi faktörler yolcular için önemli hale gelmektedir. Bu yüzden toplu taşıma ulaşımında konfor tanımının daha geniş bir biçimde (daha çok faktörü içerecek şekilde) ve yolcuların algısını yansıtacak şekilde tanımlanması gerekli hale gelmiştir. Bu kapsamda her bir toplu taşıma tipine göre konfor faktörleri belirlenmiştir. Metrobüs ve otobüs hatları için belirlenen faktörler; araçtaki ışıklandırma seviyesi, kalabalıklık seviyesi, ısı-sıcaklık durumu, araçtaki koku, koltuk rahatlığı, gürültü ve titreşim seviyesi, şoförün yolculara davranışı, hoparlörün ses seviyesi, şoförün aracı kullanım tarzı (ani fren-hızlanma, ani manevra vb.), araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme seviyesi, araç içi temizlik, araç arızaları ve hava koşullarıdır. Raylı sistemler için belirlenen faktörler ise araçtaki ışıklandırma seviyesi, kalabalıklık seviyesi, ısı-sıcaklık durumu, araçtaki koku, hoparlörün ses seviyesi, koltuk rahatlığı, gürültü ve titreşim seviyesi, araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme seviyesi, araç içi temizlik, araç arızaları ve gecikmeleri (sinyalizasyon problemi) ve hava koşullarıdır. Son olarak diğer toplu taşıma tiplerinden farklı konfor etmenlerine sahip vapur hatları için belirlenen faktörler; ışıklandırma seviyesi, kalabalıklık seviyesi, araçtaki koku, kapalı alanlardaki koltuk rahatlığı, açık

alanlardaki koltuk rahatlığı, tuvaletlerin temizliği, sürme iskele güvenilirliği, yiyecek içecek olanakları, iskeleye yanaşmadaki vuruş hızı, kapalı alanlardaki camların genişliği (boğazın seyrini rahat yapabilmek adına), araç içi temizlik, araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi, bilgilendirme ve yönlendirme ve hava koşullarıdır. Görüldüğü üzere bu çalışmada her bir toplu taşıma tipi için genişletilmiş bir konfor tanımlanması yapılmıştır. Tanımlanan konforun yolcular tarafından algısını belirleyebilmek adına genel bir anket hazırlanmıştır.

Tüm bunların dışında, yolcular artık toplu taşıma seyahatlerini planlarken ulaştırma tiplerinin konforunu da hesaba katmaktadırlar. Planlamalarını yaparken kendi yaşadıkları deneyimlerden yola çıkarak yolculuklarını gerçekleştirmektedirler. Farklı tiplerdeki toplu taşımalar için konfor değerleri, sadece yolcuların kullandıkları zamanlar göz önüne alınarak değerlendirilmektedir. Yani, o zamanlarda yolcular algıladıkları konfora göre kararları veriyorlardı. Burada toplu taşıma tiplerinin konforsuzluk değerlerini gösterecek ve birbiriyle kıyaslanması sağlayacak bir konforsuzluk endekse ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada geliştirdiği konforsuzluk endeksiyle bu ihtiyacı karşılayarak yolculukların toplu taşıma tiplerinin konforsuzluk değerlerine bakılarak daha etkin bir şekilde planlanmasını sağlamaktadır.

1.3 Literatür Araştırması

Dünyanın pek çok bölgesinde toplu taşıma araçlarını kapsayan konforla alakalı sayısız çalışmalar yapılmış ve dünyaca kabul edilmiş konfor standartları söz konusudur. Bu çalışmalar hakkında bilgi vermeden önce Türk Dil Kurumu'nun konfor tanımını bakıldığında, "Günlük hayatı kolaylaştıran maddi rahatlık" olduğu görülmektedir (URL-5). Konfor üzerine tanımlanmış ve Avrupa Birliği tarafından kabul edilen EN 13816 standartı ve konforun araçla olan bağlantısını açıklamada önemli bir rolü olan titreşim ve sarsıntı seviyelerinin değerlendirilmesinde de standart olarak ISO 2631-1 standartı kullanılmaktadır.

EN 13816 Toplu taşımada hizmet standardı temelde yolcu memnuniyetini dikkate alır. Bu standart uygunluk, erişebilirlik, bilgilendirme, zaman/süre, müşteri ilişkileri, yolculuk konforu, güvenlik ve çevresel etkiler kriterlerini içermektedir (URL-6). Bu standart yolculuk konforunu; yolcuların olanakları kullanabilirliği (araçta ve durak/istasyonlarda), oturma ve kişisel boşluk (araç içinde ve durakta/istasyonda),

biniş konforu (sürüş, hareket etme ve durma ve dışsal faktörler), ortam koşulları (atmosfer, havalandırma, temizlik, parlaklık, sıkışıklık, ses ve diğer istenilmeyen aktiviteler), tamamlayıcı olanaklar (WC/yıkanma, badaj ve diğer nesneler, iletişim, ticari hizmetler, eğlence ve yiyecek koşulları) ve ergonomi (hareket kolaylığı ve koltuk dizaynı) ölçütlerindeki standartları tanımlamıştır.

ISO 2631-1 standardı mekanik titreşim ve darbe olarak insan vücudunun titreşime maruz kalmasının değerlendirilmesiyle ilgili olup (URL-7), çoğu çalışmada ISO 2631-1 standardına uygun titreşim ve sarsıntı baz alınarak konfor endeksleri tanımlanmıştır.

Juan ve Fabiano (2013) yapmış olduğu çalışmada donanım ve yazılım sistemlerini kullanarak toplu taşımada konforu etkileyen dinamik faktörlere odaklanmıştır. Bu çalışmada, konforu etkileyen dinamik faktörler; ortalama biniş konforu, tahmin edilen biniş konforu, konfor bozuklukları (ani harekette gerçekleşen bozukluklar), hareket rahatsızlığı ve titreşme etkisi olarak tanımlanmıştır. Bu dinamik faktörlerden yalnızca ikisini (ortalama biniş konforu ve konfor bozuklukları) temel alarak bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Akıllı telefonlar yardımıyla yolculuk esnasında veriler toplanmış, geliştirilen bir yazılım, sarsıntının büyüklüğünü temel alan ve konfor dışındaki ivme değerlerini algılayan iki algoritmadan meydana gelmektedir. Gömülü konfor ölçme sistemi geliştirilmiştir; bu kapsamda konforsuzluk durumlarını ivme verilerinden saptamak, işlemek ve iletmek için alıcı birimi, alıcı birimi ile merkez arasındaki iletişimi sağlamak için de temel birim geliştirilmiştir. Konfor bozuklukları ve konfor seviyelerini belirlemek için üç farklı ölçüm tekniği kullanılmıştır. Belirlenen aralığın dışındaki ivmeyi saptamak için ivme verisi, eşik değeri dışındaki sallantı değerlerini saptamak için sallantı sinyalleri ve uluslararası geçerliliği olan ISO 2631-1 standardı kullanılmıştır. Bu çalışmanın çıktısı olarak ağırlıklandırılmış ivme verilerinin yardımıyla ve karekök ortalamayı temel alarak bir konfor endeksi tanımlanmıştır.

Cheng-Yu Lin ve diğ. (2010) katılımcı telefon algısına dayanarak Konfor Ölçme Sistemini (KÖS) geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu ölçme sistemi akıllı telefonların GPS ve üç boyutlu ivme ölçerlerinden yararlanarak araçların konfor seviyelerinin ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır. Bu çalışma Tayvan'ın başkenti Taipei'de gerçekleştirilmiştir. Akıllı telefonlardan alınan verilerle otobüslerden alınan resmi verileri bir araya toplayan bu sistem detaylı bir konfor istatistikleri sağlamaktadır. Bu sağlanan istatistiklerle farklı otobüs acentalarının konfor oranları kıyaslanmıştır. Burada oluşturulan konfor endeksi temelde titreşim ölçümlerinden (üç eksenli ivme

ölçer) yararlanarak belirli zamanda tahmin edilen hız değişimini bulup daha sonra referans değerle oranlanarak genel bir hız değişim seviyesi elde edilmesiyle bulunmuştur (Lin ve diğ., 2010).

Bodini ve diğ. (2013) yollardaki yüksek yaya geçidi, kasisler, döner adalar vb. gibi hız kesicilerin toplu taşıma araçlarından otobüslerdeki yolculuk konforuna etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma kapsamında toplu taşımayı kullanan yolcuların ayakta duranlarının titreşimsel konforunu ölçebilmek için coğrafi yer kaynaklı otomatik konfor ölçme sistemi geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu çalışma hem araçların konforlarının kıyaslanmasını sağlamakta hem de araç ve yol bakımlarının izlenmesine olanak sağlamaktadır. Konfor seviyesinin hesaplanmasında alt yapı etkileri ve titreşme etkisi hesaba katıldı. Yapılan istatistiksel analizle birlikte alt yapı etkisinin konfor ilişkili olabilir çıktığı görülmüştür (Bodini ve diğ., 2013).

Eboli ve Mazzula (2009) yapmış oldukları bu çalışmada İtalya'daki Conzenza kentinde toplu taşımada transit hizmetinin gidiş dönüş hizmet kalitesini ölçmeye amaçlamışlardır. Transit hizmetin ölçülmesi kapsamında birçok bölümde değerlendirme yapılmıştır. Bu bölümler; hizmet takvimlemesi ve güvenilirliği, hizmet kapsamı, bilgi, konfor, temizlik ve güvenilirlik ve güvenliktir. Bu bölümler içinden konforun (klima kontrolü, koltuk konforu, biniş konforu, koku ve araç sesi vb. gibi) da hizmet kalitesine etkisi olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışma kapsamında yolcu memnuniyet endeksi geliştirilmiştir. Bu endeks her bir hizmet faktörünün ağırlıklandırılmış hizmet ortalamalarının toplamı şeklinde ifade ediliyor (Eboli ve Mazzulla, 2009).

Suzuki (1997) yapmış olduğu çalışmada Japonya'daki biniş konforundaki araştırma eğilimlerini incelemiştir. Raylı sistemler için gerçekleştirilen bu çalışmada, biniş konforunu iki farklı ölçüm kategorisine ayırarak incelenmiştir. Bunlardan birincisi biniş konforunu etkileyen fiziksel durumların ölçümüyle, diğeri de yolcuların algılarının ölçümüyle alakalıdır. Bu çalışma biniş konforunu; titreşme, ses, koku, sıcaklık, nemlilik ve koltukların dizaynı olarak tanımlamıştır. Japonya Ulusal Raylı Sistemleri tarafından biniş konforunun değerlendirilmesinde pek çok kriter belirlenmiştir. Biniş konforunun fiziksel ölçümü, titreşimsel hareketin üç türü (boylamsal, dikey ve yanal) kullanılarak kareli ortalamaları yardımıyla hesaplandı.

Daha sonra yolcuların algıları beşli Likert ölçeği ile ölçüldü. Farklı tiplerdeki yolculara göre konforsuzluk sonuçları değişiklik gösterdi (Suzuki, 1997).

George ve diğ. (2013) aracın hızlanmasıyla ayakta duran yolcuların konforsuzluğu arasında etkisini araştırmışlardır. Singapur'daki metro ve tramvaylardaki ayaktaki yolcuların konforsuzluğuyla ilişkili kalitatif veriler toplanmış ve analiz edilmiştir. Bu çalışma kapsamında konforsuzluk endeksi oluşturulmuştur. Bu çalışma raylı sistemlerin hızlanma ve yavaşlamasını baz alarak ve akıllı telefonların ivme ölçerlerini kullanarak ayaktaki yolcular için konforsuzluğu ölçmüştür. Lojistik regresyon analiziyle konforsuzluk endeksi tanımlanmıştır. Hatlar arasında konforsuzluk oranları ortaya çıkarılmış ve kıyaslanması yapılmıştır (George ve diğ., 2013).

Yalınız ve diğ. (2011) Kütahya'daki transit hizmetin kalitesinin ölçümünü; transit uygunluğu, konfor ve uygunluk açısından değerlendirerek gerçekleştirmişlerdir. Konfor ve uygunluk açısından araç içerisindeki kalabalık seviyesi, sefer sıklığı ve transit-otomobil ulaşım zamanı incelenmiştir. Toplu taşıma ve özel araçlar arasındaki ulaşım zamanı farklılıkları kurularak, toplu taşıma hizmet seviyesi transit-otomobil ulaşım zamanları bakımından değerlendirilmiştir. Transit-otomobil ulaşım zamanı konforu direkt olarak etkilediği sonucuna varılmıştır. Bazı transit hatların gereğinden fazla uzun olduğu sonucuna varılmış ve konforu etkilediği görülmüştür (Yalınız ve diğ., 2011).

Palma ve diğ. (2014) toplu taşımada kalabalıklığın nasıl formüle edileceğini ve fiyatlandırılacağını, araçların oturma kapasitesini ve optimal çizelgelemelerini incelemişlerdir. Toplu taşımada zamanın değeri yolcunun biniş koşuluna bağlı olduğu savunulan bu çalışmada, kalabalık seviyesi için üç farklı senaryo düşünülmüştür; 1. senaryo koltukların uygun olduğu, 2. senaryo yolcular ayakta duracak ama araç kalabalık değil ve 3. senaryo yolcular ayakta ve araçta çok yolcunun olmasıdır. Toplu taşıma için koltuk sayıları ve ayakta kabul edilebilir maksimum yolcu sayısı temel alınarak konforsuzluk fonksiyonu tanımlanmıştır ve yolcular için genel bir zaman maliyeti fonksiyonu oluşturulmuştur. Ayrıca yolcuların başlangıç noktalarından hedeflerine varabilmeleri için optimal fiyat ve çizelgeyle yolculuk edebilmesine yardımcı olması açısından dinamik bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen konforsuzluk fonksiyonu ile ayaktaki kişiler ve oturanlar ayrılmış olmaktadır. Yolcular beklenen ulaşım zamanına ve kalabalık seviyesine bakarak hangi toplu taşımaya bineceğinin kararını vermekte olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Palma ve diğ., 2014).

Shin ve diğ. (2014) ulaşım mode algılanmasıyla alakalı akıllı telefonlara bir uygulama prototipi önermektedirler. Akıllı telefonların ivme ölçer verilerinden ve sensör

verilerinden yararlanarak, insanların ortalama hareket mesafesini değerlendirerek, aynı zamanda da ulaşımda sorunlu bölgeyi belirleyerek olası kullanılması gereken modu tahmin eden bir uygulama geliştirilmiştir. Böylelikle geliştirilen bu uygulamayla yolcuların ulaşım zamanı temelinde en etkin bir şekilde konforlu yolculuk edilmesi amaçlanmıştır (Shin ve diğ., 2014).

Cantwell ve diğ. (2009) yolcuların stres seviyelerinin inceleyerek ve toplu taşıma hizmetlerindeki konfor ve güvenirlik değerlerinin tanımlayarak toplu taşımada memnuniyeti ölçmeyi amaçlamaktadır. Dublin kentinde yapılan bu çalışma için sürekli olarak yolculuk edenlerden veriler toplanmıştır. Yolculuğun neden olduğu stres seviyelerinin belirlenmesi için tanımlanan altı duruma yolcuların katılıp katılmama durumları sorgulanmış ve bu sonuçlar, konfor ve güvenirlikle de birleştirilip tek bir memnuniyet değişkeni olarak birleştirilmiştir. Bu alışma sonucunda kalabalıkta seyahat etmek zorunda kalanlar yüksek oranda stres çekiyor ve bundan dolayı toplu taşıma hizmetinden edinilen fayda düşmüş olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın diğer dikkat çeken bir sonucu da yolcuların çoğu daha az kalabalıkta yolculuk etmek için daha fazla ücret ödemeye razı olmasıdır (Cantwell ve diğ., 2009).

Wener ve diğ. (2005) arkadaşları konforsuzluktan kaynaklanan yolcuların stres seviyelerin ölçülmesi için yolculardan toplu taşımaya binmeden önce ve indikten hemen sonra tükürük kortizol örnekleme alınmıştır. Bu örneklemin incelenmesi sonucunda, yetersiz kapasite ve kalabalık sonrasında stres seviyelerinin ciddi oranda arttığı görülmüştür. Ayrıca yolculuk zamanındaki belirsizliklerde yolculuk edenin işe geç kalması endişesi taşımasından yolculuğu daha stresli hale getirip yolcu için konforsuzluğa neden olmakta olduğu görülmüştür (Wener ve diğ., 2005).

Edvardson (1998) yapmış olduğu çalışmada toplu taşımada memnuniyetsizliği, yolcuların yazılı olarak yaptığı şikayetleri ve yolcularla yapılan derinlemesine mülakatlar ve anket çalışmaları aracılıyla incelemiştir. Daha sonra, otobüs şoförlerin de yolcuları değerlendirilmesi istenmiş ve tüm araştırmalar bir araya toplanarak değerlendirilmiştir. Konfor açısından otobüslerin aşırı kalabalık olması ve ısıtma sistemlerinin çalışma koşullarından (ya çok sıcak ya da çok soğuk) kaynaklı memnuniyetsizlik söz konusu olmuştur. Toplu taşıma tipleri arasındaki koordinasyon eksikliği de memnuniyetsizliği etkileyen önemli bir faktör olarak karşılaşılmıştır (Edvardson, 1998).

Barabino ve diğ. (2012) toplu taşıma hizmetlerinden otobüs ile yolculuk yapmanın kalitesini ölçmeyi amaçlamıştır. Bu çalışma kapsamında oluşturulan ankette yolcuğun kalitesini etkileyen pek çok faktör (uygunluk, erişebilirlik, bilgi, zaman, konfor, güvenlik ve çevresel faktörler) incelenmiştir. Burada konfor tanımı aracın temizliği, alan uygunluğu (oturma ve ayakta durma) ve otobüs duraklarındaki olanaklar olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, yolcuların değerlendirmesiyle ortaya algılanan temizlik, otobüs güvenilirliği ve sefer sıklığı ile ilişkili problemlerin olduğu ortaya çıkmıştır (Barabino ve diğ., 2012).

Andaleeb ve diğ. (2007) Bangladesh'teki Dhaka şehrinde toplu taşımada otobüsle ulaşımın geliştirilmesini incelemişlerdir. Düzenli yolcularla yapılan bu çalışmada, yolculuk memnuniyetini etkilediği düşünülen beş önemli faktör; konfor seviyesi, şoför davranışı, bekleme olanakları, hedefe gidiş yolundaki değişimler ve denetlemeler tanımlanıp araştırılmıştır. Bu araştırma konforu araç içindeki olanaklar (ışık, ses, fanlar, klima), yolcularının ayakları için yeterli boşluk alanı ve ayaktaki yolcular için yeterli yükseklikte tavan seviyesi olarak tanımlamaktadır. Ayrıca sürücülerin sıklıkla kornaya basması, araca aşırı yükleme yaparak kalabalık seviyesini arttırması, çok hızlı kullanması, tehlikeli sollama yapması veya çok sert fren yapması konforu etkileyen diğer unsurlar olarak tanımlanmıştır. Yetersiz otobüs sayısı ve kapasite eksikliğiyle de duraklarda uzun bekleme kuyruklarının oluşmasına neden olduğu görülmüştür. Yapılan bu araştırma sonucunda önceden tanımlanan beş faktörden konfor, şoför davranışı ve devlet denetimi yolcuların memnuniyeti açısından önemli olduğu anlaşılmıştır (Andaleep ve diğ., 2007).

Wahlberg (2006) yapmış olduğu çalışmada, şoförlerin sürüş tarzı bakımından yolcu konforuna etkisini araştırmaktadır. Bu çalışmada, şoförler eğitilmeden önce ve eğitildikten sonra aynı yollar üzerinde denemeler yapılarak, yolcu konforları arasındaki farklılık olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada yolculuk konforu, konfor hakkında genel sorularla, hızlanma ve yavaşlama seviyeleriye, gürültü seviyesiyle ve algılanılan güvenlik seviyesiyle incelenmiştir. Sürücüler eğitildikten sonra gürültü, sarsıntılı ve tehlikeli kullanım tarzında azalma görülüp yolcuların konforlarında eğitilmeden önceki duruma göre arttırdığı görülmüştür (Wahlberb, 2006).

Wardman'nın (2014) yapmış olduğu çalışmada, toplu taşıma kullanıcılarının konforu için uygunluğun önemli bir etkisi olduğunu araştırmıştır. Toplu taşımada şartlar (iyi

yürüme ve bekleme koşulları, konforlu araçlar, temiz araçlar vb. gibi) uygun olduğu taktirde özel araç sahiplerinin ulaşım zaman maliyetini en aza indirmek için toplu taşımayı tercih edeceği savunulmuştur. Bu yüzden toplu taşıma tiplerinin çeşitli etmenler tarafından önem derecelerinin belirlenmesini amaçlamıştır; ulaşım zamanı, uygunluk, konfor, güvenlik, güvenilirlik, maliyet, ses ve mekanik olarak güvenilirlik (Wardman, 2014).

Trachini ve diğ. (2013) yapmış oldukları çalışmada, araçlardaki kalabalık seviyeleri temel alınarak hatlara özgü fayda değerlerin tanımlanması amaçlanmıştır. Bu çalışma her bir hattın konforsuzluk değerlerini ortaya çıkarmıştır. Yolcu yoğunluğunun etkileri; araç içindeki zamanın, bekleme zamanın, ulaşım zamanı güvenilirliğinin, yolcuların keyiflerinin, otobüs ve rota seçiminin ve optimal toplu taşıma tedarik ve ücretinin etkileriyle ilişkilendirilmiştir (Tirachini ve diğ., 2013).

Qin'in (2014) yapmış olduğu çalışmada, araç içi kalabalık maliyet fonksiyonunun yeniden matematiksel bir modelinin kurulmasına odaklanmıştır. Bu kapsamda, temel aldığı Palma ve diğ. (2013) kalabalık maliyet fonksiyonuna yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu çalışmada, yük faktörü ve ayakta duran m^2 başına kişi sayısı gibi kalabalıklığı ölçmeye yarayan metrikler kullanmıştır. Yük faktörünü ayaktaki kişi sayısının araçtaki koltuk sayısına oranlanarak bulunduğunu kabul edip, uygulanan hatlar için koltuk sayısının ayaktaki yolcu kapasitesinin üç katına kadar aşmadığı durumlarda kullanılması amaçlanmıştır. Ayrıca, ayakta duran m^2 başına kişi sayısı metriğini (m^2 başına 4, 6 ve 8 yolcu), tramvay ve metro gibi toplu taşıma araçlarının ayakta duran kişilerin çok olacak şekilde tasarlandığından, kalabalık maliyet fonksiyonun tanımlanmasında kullanılmıştır. Tanımlanan bu iki metrik için belirlenen değerlerin aşılması durumunda fonksiyona üssel değer eklenerek kalabalık maliyetinin bir noktadan sonra daha hızlı bir şekilde arttığı varsayılmıştır. Kalabalık maliyet fonksiyonun adım fonksiyonu olarak tanımlanmış olup, daha sonra bu fonksiyonu, bekleme zamanını, ücreti ve yolculuk zamanını içeren toplam maliyeti hesaplayan toplam maliyet fonksiyonu tanımlanmıştır (Qin, 2014).

Yapılan literatür çalışmaların çoğunda, konfor endeksi veya konforsuzluk endeksi genellikle araçlardaki üç boyutlu ivme hareketleri (enlemsel, boylamsal ve dikey hareket) temel alınarak oluşturulduğu gözlenmiştir. Bu çalışmalarda akıllı telefonlarda ve toplu taşıma araçlarında bulunan ivme ölçerlerden yararlanılmıştır. Oluşturulan çoğu endekste dikey hareketin ağırlığı, yolcuyu en çok rahatsız edebilecek hareket

olmasından dolayı yüksek tutulmuştur. Bazı çalışmalarda ise sadece kalabalık seviyesine odaklanılmıştır. Metrekare başına tanımlanan yolcularla (m^2 başına 2'den az yolcu var ise çok konforlu, m^2 başına 3-4 yolcu var ise ayaktakiler için konforsuz ama katlanılabilir ve m^2 başına 4'ten fazla yolcu var ise katlanması zor bir konforsuzluk söz konusu) aracın o zamanlardaki yolcu seviyeleri karşılaştırılarak konforlu olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Yolculuk konforunun gelişmesi, sadece araçtaki titreşim ve gürültü seviyesinin teknoloji yardımıyla azaltılmasıyla alakalı olmayıp aynı zamanda yolculuk esnasında kişilerin hissettikleriyle de alakalıdır. Yolcular tarafından tecrübe edinilen yolculuk konforu öznel bir kavramdır, o anlık psikolojilerine ve davranışlarına göre değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla yolculuk konfor ölçümü zor bir konu haline gelmektedir.

Toplu taşımada yolculuk konforuna etki eden en önemli faktörlerden biri toplu taşımadaki kalabalıklaşmadır. Bütün toplu taşıma araçlarında (metrobüs, metro, tramvay, otobüs, Marmaray vb.) kalabalık seviyesi gittikçe artmaktadır. Araçlarda yapılan ani frenler, manevralar, ani hızlanma gibi şoförün kullanım tarzının sonucunda da özellikle ayaktaki yolcular için ciddi konforsuzluk söz konusu olmaktadır. Özellikle yoğun saat zamanlarında sabah 07.00-09.00 arası ve akşam 18.00-20.00 arası, toplu taşıma araçlarına binmek güç hale gelmiştir. Yetkililer her ne kadar sefer artırımına gitse de bu tip hatlara ait araçların içindeki kalabalık seviyesini düşürmekte zorluk çekmişlerdir.

Sonuç olarak yolcular yoğun zamanlarda yolculuk etmekten kaçınarak biniş zamanlarını değiştirdikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca daha önce bahsedildiği üzere, araba sahipliğinin artması trafik sıkışıklığının en önemli nedenlerinden biri olmakla birlikte, bu sorunun çözümü için uzmanlar araba sahibi olan kişileri toplu taşımaya kullanmaları için teşvik etmektedir. Eğer toplu taşıma koşulları bu tip insanlar için uygunsa, yani temiz ve konforlu araçlar, iyi bir yürüme ve bekleme koşulları, katlanılabilir bir kalabalık seviyesi vb. gibi etmenlere sahipse, toplu taşıma araçları tercih edilebilir konuma gelecektir. Çünkü arabayla edinilen yolculuk zaman maliyeti toplu taşımadakine kıyasla daha fazla olacaktır. Ama tam tersi durum için bunu söylemek söz konusu değildir. Trafikte araba kullanımını azaltılmasında, toplu taşıma konforu önemli rol oynamaktadır. Eğer toplu taşıma konforunun artırılması yapılabilirse, kısmi olarak trafik sıkışıklığının da azaltılması mümkün olacaktır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada tanımlanacak olan endeks, konforsuzluk seviyesini belirten bir fonksiyon üzerine kurulmuştur. İlgili kurumlardan elde edilen şikâyet oran tiplerine ve araç içi kalabalık seviyesine göre tanımlanacak fonksiyon, yolcular için negatif bir ölçüt olarak ifade edilmiş olacaktır. Bu yüzden bu fonksiyon, konfor göstergesi olarak değil konforsuzluk göstergesi olarak tanımlanmıştır. Ayrıca matematiksel olarak ifadesi eldeki verilere göre özellikle kalabalık seviyesinine bağlı olarak tanımlanması daha rahat olduğu için de konforsuzluk fonksiyonu olarak isimlendirilmiştir. Birimsiz olarak toplanan ilgili değerlerin yükselmesi o toplu taşıma tipinin daha çok konforsuz olduğunu ve daha düşmesi aynı toplu taşıma tipi için daha az konforsuz olduğunu göstermektedir.

Tanımlanacak konforsuzluk endeksinin içinde yolcular tarafından konfor için önemli olan etmenler yer almaktadır. Bu faktörler; kalabalık seviyesi, havalandırma, araç içi temizliği, bilgilendirme ve yönlendirme, koltuk rahatlığı ve araç içi koku şikâyet oranları, araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi, ışıklandırma seviyesi, araç kullanıcısının yolculara davranışı, araç arızaları, aracı kullananın kullanım tarzı, araç arızaları ve hava koşulları gibi etmenleri dâhil edilmektedir. Bu etmenler açısından yolcuların konfor algısını belirleyebilmek ve seçilen hatlardaki konfor durumlarını gözlemleyebilmek için anket çalışması hazırlanmıştır. Ayrıca, toplu taşıma araç tiplerinin algılanan ve beklenen konforunu, hangi saat dilimlerinde daha yoğun, daha çok ne amaçla ve hangi toplu taşıma tiplerinin daha çok kullanıldığını ve toplu taşıma ulaşımının seçimi için belirlenen etmenlerin (aktarma sayısı ve kolaylığı, seyahat süresinin değişkenliği, istasyonlara yürüyüş mesafesi ve erişim kolaylığı, araç ve istasyonlardaki bilgilendirme seviyesi, araç kalabalıklığı, bekleme süresi ve fiziksel konfor -koku, gürültü vb.-) önem derecesini tespit edebilmek için anket içerisine yerleştirilmiş sorular da mevcuttur. Bu anket kapsamında, her bir toplu taşıma tipi için o toplu taşıma tipine özel olarak konfor açısından önemli değişkenler belirlenmiştir. Yapılan literatür çalışması yardımıyla özellikle otobüs ve raylı sistemlerin konfor değişkenlerinin genel hatları ortaya çıkarılmıştır. Bu değişkenlere ek olarak, İETT,

İstanbul Ulaşım A.Ş. ve Şehir Hatları A.Ş. ile yapılan görüşmeler sonrasında her tip toplu taşıma tiplerinin ankette kullanılacak o tipe özgü konfor faktörleri belirlenmiştir.

Anket cevapları internet ortamında toplanmıştır. Toplu taşımayı sürekli olarak kullananların anketi cevaplanması için anketin hedef kitlesi olarak öğrenciler ve çalışanlar belirlenmiştir. Anket sosyal medya siteleri ve e-posta aracılığıyla dağıtılmıştır. Anketin hazırlanması aşamasında belirlenen konfor etmenlerinin, her bir toplu taşıma tipi için beşli Likert ölçeği kullanılarak oluşturulan tablolar yardımıyla değerlendirilmesi istenmiştir. Oluşturulan Likert tablolarında ilk olarak katılımcıların kullandıkları toplu taşıma tipleri için bekledikleri konforları değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Daha sonra belirlenen pilot bölge kapsamında (Metrobüs, M2 metro hattı ve T1 tramvay hattı) için oluşturulan Likert tablolarında da bu hatları kullananların cevapları alınarak bu hatların mevcut konfor seviyeleri belirlenmiştir. Anketi 156 kişi yanıtlamıştır. Ek A'da Çizelge A.1'den görüldüğü üzere, katılımcıların yaklaşık %46'sı 19-25 ve %37'si 26-35 yaş aralığında olup, %56'sı kadındır. Ayrıca katılımcıların %40'ı öğrenci ve %54'ü çalışandır. Tüm bu bilgilere ek olarak katılımcıların %72'sinin araba sahibi olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Anketi cevaplayanların gelir dağılımına bakıldığında ise %30'unun 1000TL ve altı, %28'nin 1001-2500TL ve %23'ünün 2501-4000TL arasında olduğu ortaya çıkmıştır. Anket aynı zamanda şu anda katılımcılar tarafından kullanılan toplu taşıma araçları için algılanan konforları tanımlanan değişkenler temelinde ortaya koymaktadır.

Anket çalışmasının yanı sıra, çalışmada İETT ve İstanbul Ulaşım A.Ş.'den konfor endeksi oluşturulacak fonksiyonda kullanılmak üzere ikincil veri alınmıştır. Bu veri; 1 Ocak 2014-31 Aralık 2014 arasındaki Metrobüs, M2 (Yenikapı-Hacıosman) metro hattı ve T1 (Bağcılar-Kabataş) tramvay hattına ait her bir durak bazında saatlik yolcu sayıları, aynı tarihler arasındaki yolcular tarafından bu kurumlara yapılan belirlenen değişkenler kapsamında şikayet, istek ve bilgi edinme oranları, her bir araç tipi için kapasite, sefer sıklığı ve filo sayısıdır. Kurumlardan sağlanan bu veriler sayesinde konforsuzluk endeksi için özel bir fonksiyon tanımlanmıştır. Tanımlanan bu fonksiyonla birlikte veri alınan her bir toplu taşıma tipi için saatlik olarak konforsuzluk değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada oluşturulan konforsuzluk endeks fonksiyonu oluşturulurken araçtaki kalabalık seviyesi ve her bir toplu taşıma için belirlenen konfor etmenleri ile ilişkili

yıllık şikayet oranları kullanılmıştır. Pilot çalışma yapılan hatlar için şikayet oranlarına ait veri dördüncü bölümde daha ayrıntılı olarak verilmiştir.

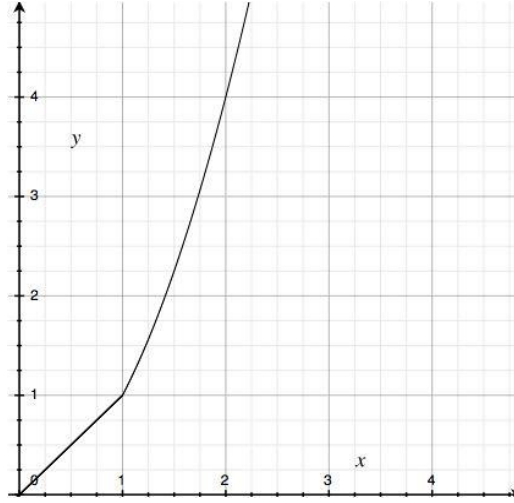
2.1 Konforsuzluk Fonksiyonun Tanımlanması

Literatür çalışmasından ve anket sonuçlarından faydalanılarak elde edilen faktörler, tanımlanan konforsuzluk fonksiyonun temelini oluşturmaktadır. Bu kapsamda genel bir fonksiyon oluşturulmuş, daha sonra pilot çalışma için bu fonksiyon her bir toplu taşıma tipleri için alınan verilere göre özelleştirilmiştir. Konforsuzluk fonksiyonu her bir toplu taşıma tipine göre genel olarak tanımlanmıştır. Parçalı olarak tanımlanan bu fonksiyonun oluşturulması için öncelikle araçtaki kalabalık seviyesi tanımlanmıştır.

2.1.1 Kalabalık seviyesinin tanımlanması

Çoğu literatür çalışmasında, araç içi kalabalık seviyesi tanımlanan bir yük faktörü ile ölçülmektedir. Bu çalışmalardaki yük faktörü tanımı, ayaktaki kişi sayısının koltuk sayısına oranlanarak bulunması olarak belirlenmiştir. İstanbul'un ulaşım talebi ve toplu taşıma araçlarının kalabalıklığı göz önüne alındığında bu yaklaşım yetersiz kalmaktadır. Yani, toplu taşımaya artan taleple birlikte eski toplu taşıma araçlarının (özellikle eski otobüslerin) koltukları sökülerek daha fazla yolcu taşımak amaçlanmaktadır. Ayrıca, toplu taşıma araç filolarında kullanılan farklı markada/dizaynda araçlarda da koltuk sayıları farklılık göstermektedir ama toplam kapasiteleri genellikle birbiriyle aynı seviyededir. Bu yüzden bu çalışma, yük faktöründen esinlenerek kalabalık seviyesini, araçtaki varsayılan kişi sayısının toplam kapasiteye oranlanması olarak tanımlanmıştır. Araçların kapasiteleri belirlenirken, Palma ve diğ. (2014) tanımladığı kalabalık seviyesinden esinlenilmiştir. Yani, Palma'nın yaptığı çalışmada, tanımladığı m^2 başına 4 kişinin olması durumu, katlanılabilir bir konfor durumunu ifade ediyor. Aynı zamanda bu çalışma, m^2 başına 4'ten fazla kişi olması durumunda da katlanılamaz bir konforsuzluk seviyesine ulaşıldığını gösteriyor. Bizim çalışmamızda araç kapasiteleri, dayanılabilir bir konfora kadar olan seviyeye kadar alınmıştır. Bu yüzden de yapılan pilot çalışmada metrobüs otobüslerinin kapasiteleri, metro ve tramvay araçlarının kapasiteleri m^2 başına 4 kişi var olduğu kapasiteler olarak alınmıştır. Bu kapsamda n. tip toplu taşıma tipindeki araçlardaki kalabalık seviyesi **(2.1)** numaralı denklemde gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$x_{1n} = \frac{\text{Belirlen saatteki araç içinde tahmin edilen kişi}}{\text{Araç kapasitesi}} \quad (2.1)$$



Şekil 2. 1 : Konforsuzluk fonksiyonun kalabalık seviyesine göre durumu.

Şekil 2.1’de y eksenini konforsuzluk değerlerini ve x eksenini de araç içi kalabalık seviyesini göstermektedir. Tanımlanacak konforsuzluk fonksiyonun aldığı değerler, araç içi kalabalık seviyesi, yani x_{1n} ’nin 1’den küçük veya eşit olup olmamasına göre değişmektedir. Eğer $x_{1n} \leq 1$ ise, konforsuzluk değerleri doğrusal bir artış gösterecek, ama $x_{1n} > 1$ ise konforsuzluk değerleri üssel olarak artış gösterecektir. Bu durum, Şekil 2.1’den kolaylıkla anlaşılmaktadır; x ekseninde 1’e kadar y değerleri doğrusal olarak artmış ve 1’i aştığı durumda bu artış üssel olarak gerçekleşmiştir.

2.1.1.1 Araçtaki yolcu sayısının tahmini olarak bulunması

Kalabalık seviyesinin belirlenmesi aşamasında iki tip bilgiye ihtiyaç vardır, bunlardan birincisi araç kapasitesi ve diğeri de belirlenen saatteki araç içinde bulunan ortalama kişi sayısıdır. Bu çalışmada, araç kapasiteleri ilgili kurumlardan alınan bilgilere göre 18,5 metrelik bir metrobüs otobüsü için m^2 başına 4 yolcu olduğu durumda 140 kişi (URL-7), aynı şekilde M2 metro hattı için 704 kişi ve T1 tramvay hattı için 450 kişi olarak alınmıştır. Araç içindeki yolcu sayısını tahmin etmek için özel bir fonksiyon tanımlanmıştır. Öncelikle İETT ve İstanbul Ulaşım A.Ş.’den metrobüs, metro (M2) ve tramvay (T1) için alınan duraklardaki toplam yolcu sayıları kullanılarak “Gidiş” ve “Dönüş” yönündeki yolcu sayıları tahmin edilmiştir. Bu tahmin yapılırken, duraklardaki toplam yolcu sayılarının “Gidiş” ve “Dönüş” yönüne paylaştırılması bu

yönlerin önündeki durak sayılarıyla orantılı olarak yapılmıştır. Yani, toplamda 15 durağı olan M2 hattı düşünülecek olursa ve altıncı durak olan Osmanbey istasyonunda olan yolcuların Yenikapı yönüne gitme olasılığı 5/14 ve Hacıosaman yönüne gitme olasılığı da 9/14'tür. Ayrıca, belirlenen saatte duraklardaki iniş oranlarını, dönüş için ilk ve gidiş için de son durağın o günlük toplam yolcu sayılarının çıkarılarak (ilk ve son duraklarda yolcuların aracı boşalttığı varsayılmıştır) aradaki durakların toplam yolcu sayıları toplanıp, her bir durağın o günlük yolcu sayılarına oranlanmasıyla belirlenmiştir. Pilot hatlar için kullanılan araçtan inme olasılıkları EK B'deki Çizelge B.1, Çizelge B.2 ve Çizelge B.3'deki Çizelgelerde gösterilmiştir.

Bu varsayımlara bağlı olarak, toplam m durak içinden t. durakta Gidiş (G) ve Dönüş (D) yönündeki yolcu sayısı aşağıdaki fonksiyonlar yardımıyla hesaplanabilir:

Y_{gzt}^G : g. gün z. saatte t. duraktan gidiş yönüne binen araç içindeki ortalama yolcu sayısı

Y_{gzt}^D : g. gün z. saatte t. duraktan dönüş yönüne binen araç içindeki ortalama yolcu sayısı

D_{gzt} : g. gün z. saatte t. duraktaki toplam yolcu sayısı

A_z : z. saatte ortalama sefer sayısı

P_t : t. durakta inilme yüzdesi

$$P_t = \frac{D_{gzt}}{\sum_z \sum_{t=2}^{m-1} D_{gzt}} \quad (2.2)$$

$$Y_{gzt}^G = Y_{gzt-1}^G + \frac{D_{gzt}}{A_z} * \frac{m-t}{m-1} - P_t * Y_{gzt-1}^G \quad (2.3)$$

$$Y_{gzt}^D = Y_{gzt+1}^D + \frac{D_{gzt}}{A_z} * \frac{t-1}{m-1} - P_t * Y_{gzt+1}^D \quad (2.4)$$

(2.2) numaralı denklem kullanılarak, duraklardaki (ilk ve son durak hariç) inilme yüzdeleri bulunmuştur. (2.3) ve (2.4) numaralı eşitlikler kullanılarak araç içindeki yolcu sayıları tahmin edilmiştir. Daha sonra hesaplanan tahmini yolcu sayıları, araç kapasitelerine oranlanıp, araç içi anlık kalabalıklık seviyeleri bulunmuştur. Her bir saat ve durak için kalabalık seviyesi ayrı ayrı hesaplanmış ve belirlenen saatler için bu değerlerin geometrik ortalaması alınarak konforsuzluk fonksiyonuna eklenmiştir.

Kalabalık seviyesinin artmasıyla daha fazla konforsuzluğa neden olacağına tahmin edildiğinden dolayı geometrik ortalama alınması uygun görülmüştür. Seçilen günlerde her bir taşıma modu ve saat aralığı için hesaplanan konforsuzluk değerleri Bölüm 4’de gösterilmiştir.

2.1.2 Metrobüs için konforsuzluk fonksiyonunun oluşturulması

Metrobüs için bu hattı için tanımlanan konfor faktörlerinin hepsi değişken olarak alınmıştır. Bu değişkenler l terimi üzerinden tanımlanmış ve Çizelge 3.3’de sıralı olarak verilmiştir.

x_{kl}^M : k. saatteki l. değişkeninin metrobüs için değeri

w_l^M : l. değişkenin metrobüs için elde edilen ağırlığı

$$f^M(x_{kl}^M) = \sum_k \sum_l w_l^M \delta(x_{kl}^M) \quad (2.5)$$

$$\delta(x) = \begin{cases} x & x \leq 1 \\ e^x & x > 1 \end{cases} \quad (2.6)$$

Tanımlanan parçalı fonksiyon metrobüs hattının konforsuzluk fonksiyonu olup, belirlenen faktörlerin konforsuzluğa katkısını vermektedir.

2.1.3 Raylı sistemler için konforsuzluk fonksiyonunun oluşturulması

Raylı sistemler için özellikle metro ve tramvay hatlarının doğasına özgü tanımlanan faktörlerin hepsi değişken olarak alınmıştır. Bu değişkenler l terimi üzerinden tanımlanmıştır ve Çizelge 3.6’da sıralı olarak verilmiştir.

x_{kl}^T : k. saatteki l. değişkeninin tramvay veya metro için değeri

w_l^T : l. değişkenin tramvay veya metro için elde edilen ağırlığı

$$f^T(x_{kl}^T) = \sum_k \sum_l w_l^T \delta(x_{kl}^T) \quad (2.7)$$

$$\delta(x) = \begin{cases} x & x \leq 1 \\ e^x & x > 1 \end{cases} \quad (2.8)$$

Tanımlanan parçalı fonksiyon raylı sistemlerin konforsuzluk fonksiyonu olup, belirlenen faktörlerin konforsuzluğa katkısını vermektedir.

2.1.4 Vapur için konforsuzluk fonksiyonunun oluşturulması

Vapur hatları için tanımlanan faktörlerin hepsi kurulan konforsuzluk fonksiyonun değişkenleridir. Bu değişkenler l terimi üzerinden tanımlanmıştır ve Çizelge 3.9'da sıralı olarak verilmiştir.

x_{kl}^V : k . saatteki l . değişkeninin vapur için değeri

w_l^V : l . değişkenin vapur için elde edilen ağırlığı

$$f^V(x_{kl}^V) = \sum_k \sum_l w_l^V \delta(x_{kl}^V) \quad (2.9)$$

$$\delta(x) = \begin{cases} x & x \leq 1 \\ e^x & x > 1 \end{cases} \quad (2.10)$$

Tanımlanan bu fonksiyon vapur hatları için konforsuzluk seviyesini vermektedir.

Sonuç olarak, tanımlanan parçalı fonksiyon metrobüs, metro ve tramvay hatlarının konforsuzluk fonksiyonları olup, belirlenen faktörlerin konforsuzluğa katkısını vermektedir. Bu parçalı fonksiyonlar, x_{k1}^M , x_{k1}^T ve x_{k1}^V değişkenlerinin 1'den küçük veya eşit olduğu durumda ve 1'den büyük olduğu durumdaki konforsuzluğu incelemektedir. Kalabalık seviyesinin 1'den küçük veya eşit olduğu durumlarda konforsuzluk doğrusal bir şekilde arttığı varsayılıyor, diğer durumlarda ise araç kapasitesinin üstüne çıktığından dolayı konforsuzluğun üssel bir şekilde arttığı varsayılıyor. Yani araç kapasitesinin üstüne çıktığı anda, kişisel alana tecavüz, araçtan inme problemleri, havasızlık problemleri vb. gibi birçok problemler yolcular için katlanılması zor durumlar gündeme gelerek daha sert bir artışla konforsuzluğa neden olmaktadır. Üssel fonksiyonun kurulmasında, Qin (2014) yapmış olduğu çalışmadaki araç içindeki kalabalık seviyesinin artmasıyla kullandığı üssel fonksiyondan esinlenmiştir. Bu fonksiyonlar saatlik olarak konforsuzluk değerlerini, kalabalık seviyesiyle birlikte ilgili kurumlardan alınan yıllık şikayet oranları elde edilen faktörlerin ağırlıklı toplamalarını vermektedir.

2.1.5 İki durak arasındaki konforsuzluk fonksiyonu

Bu çalışmada genel konforsuzluk fonksiyonu oluşturularak toplu taşıma tiplerinin saatlik konforsuzluk değerlerini bulmak amaçlanmıştır. Tanımlanan bu fonksiyon aynı zamanda, ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde iki durak arasındaki konforsuzluk değerlerini de vermektedir. t. durakla t+1. durak arasındaki konforsuzluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

h_t^n : n. tip toplu taşımanın t. durağındaki konforsuzluk değeri

x_{tl}^n : t. durakta n. tip toplu taşıma aracının l. değişkeninin değeri

w_l^n : n. tip toplu taşıma aracının l. değişkenin ağırlığı

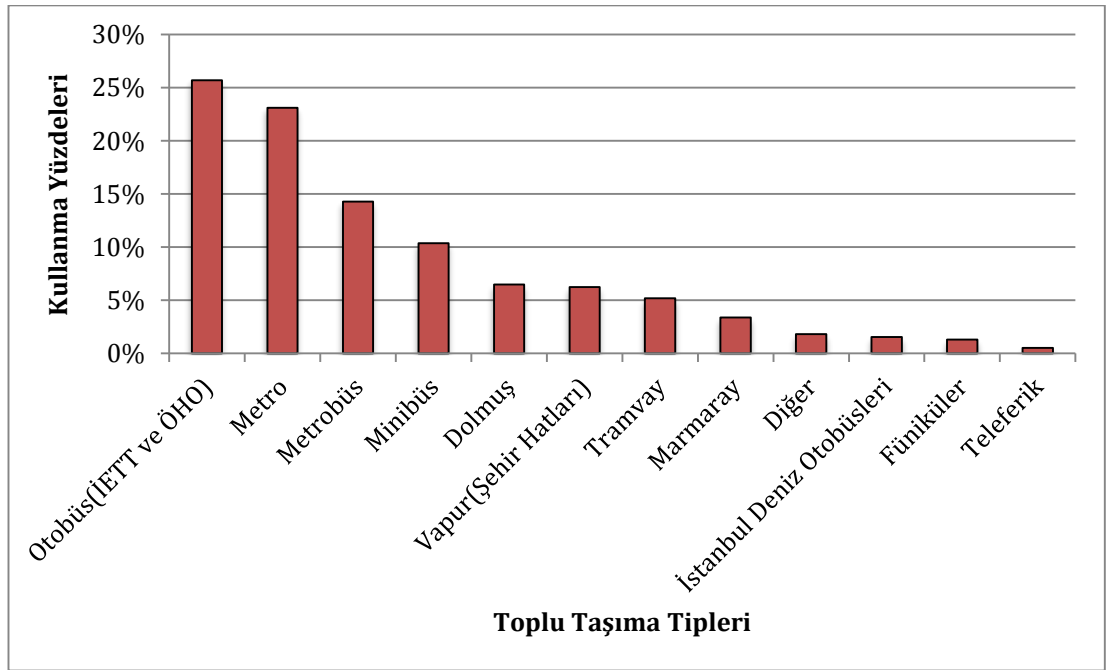
$$h_t^n(x_{tl}^n) = \sum_l w_l^n \delta(x_{tl}^n) \quad (2.11)$$

$$\delta(x) = \begin{cases} x & x \leq 1 \\ e^x & x > 1 \end{cases} \quad (2.12)$$

Fonksiyon temel olarak iki durak arasındaki konforsuzluk değerini hesaplarken, önceki duraktaki kalabalık seviyesini temel almaktadır. Yani, herhangi bir toplu taşıma tipi için 3. ve 4. durak arasındaki konforsuzluğu hesaplamak istendiği varsayılın. Bu durumda, kurulan fonksiyon 3. duraktaki kalabalık seviyesini dikkate alarak hesaplamayı yapacaktır. Kalabalık seviyesi dışındaki diğer etmenler o toplu taşıma tipine ait bütün duraklar için sabit olarak toplanacaktır. Kalabalık seviyesi her bir durak için değişkenlik göstereceğinden duraklar arası konforsuzluk değerleri de farklı olacaktır. Böylelikle hangi durakların konforsuzluğa daha çok katkısı olduğu bu fonksiyon yardımıyla bulunabilir.

3. BULGULAR

Yapılan anket sonrasında toplu taşıma araçlarının kullanım oranları Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, katılımcılar tarafından en yüksek kullanım oranı sırasıyla Otobüs (İETT&OHÖ), Metro, Metrobüs, Minibüs, Vapur ve Tramvay şeklindedir.

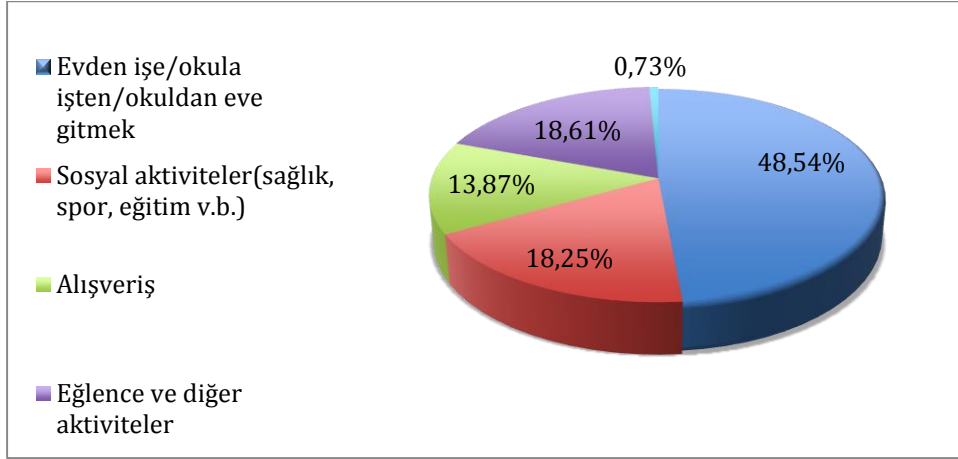


Şekil 3. 1 : Toplu taşıma tiplerinin kullanım oranları.

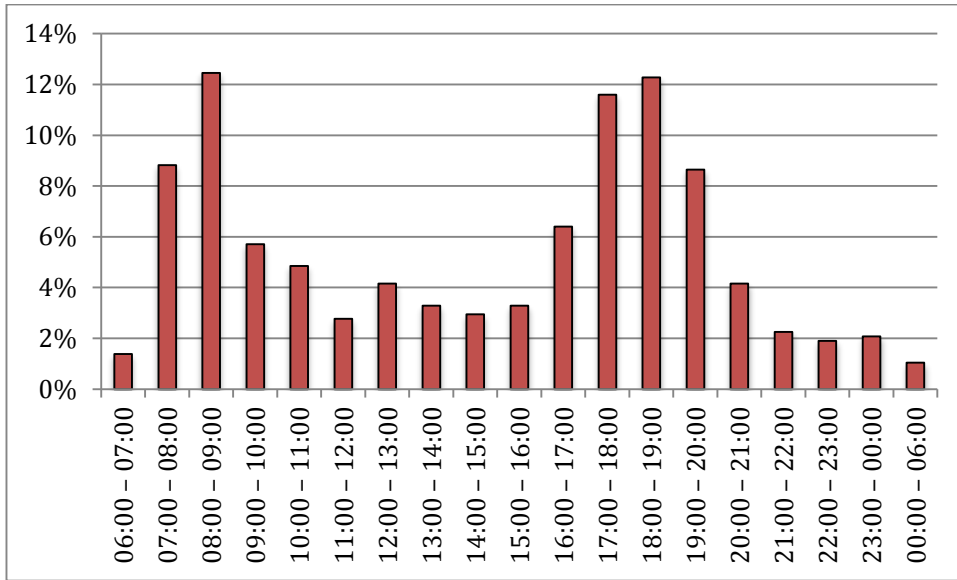
Şekil 3.2’den de görüldüğü üzere katılımcıların yaklaşık olarak yarısı toplu taşımayı evden işe/okula ve işten/okuldan eve gitmek amacıyla kullanmaktadır.

Katılımcıların toplu taşımayı kullandıkları saat aralıkları Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılabacağı üzere saat 7.00-10.00 ve 16.00-20.00 arasında yoğunluk yaşanmaktadır. 7.00-10.00 saat aralığında katılımcıların %26.99’u ve 16.00-20.00 saat aralığında da katılımcıların %38.93’ü bulunmaktadır.

Toplu taşıma seçiminde katılımcılara, onlar için belirlenen etmenlerden hangilerinin kararlarında önemli rol oynadığının sonucu Çizelge 3.1’te gösterilmiştir. Çizelgedeki sonuçlara göre, seyahat süresinin değişkenliği, araç kalabalıklığı, istasyonlara erişim



Şekil 3. 2 : Toplu taşıma kullanım sebepleri.

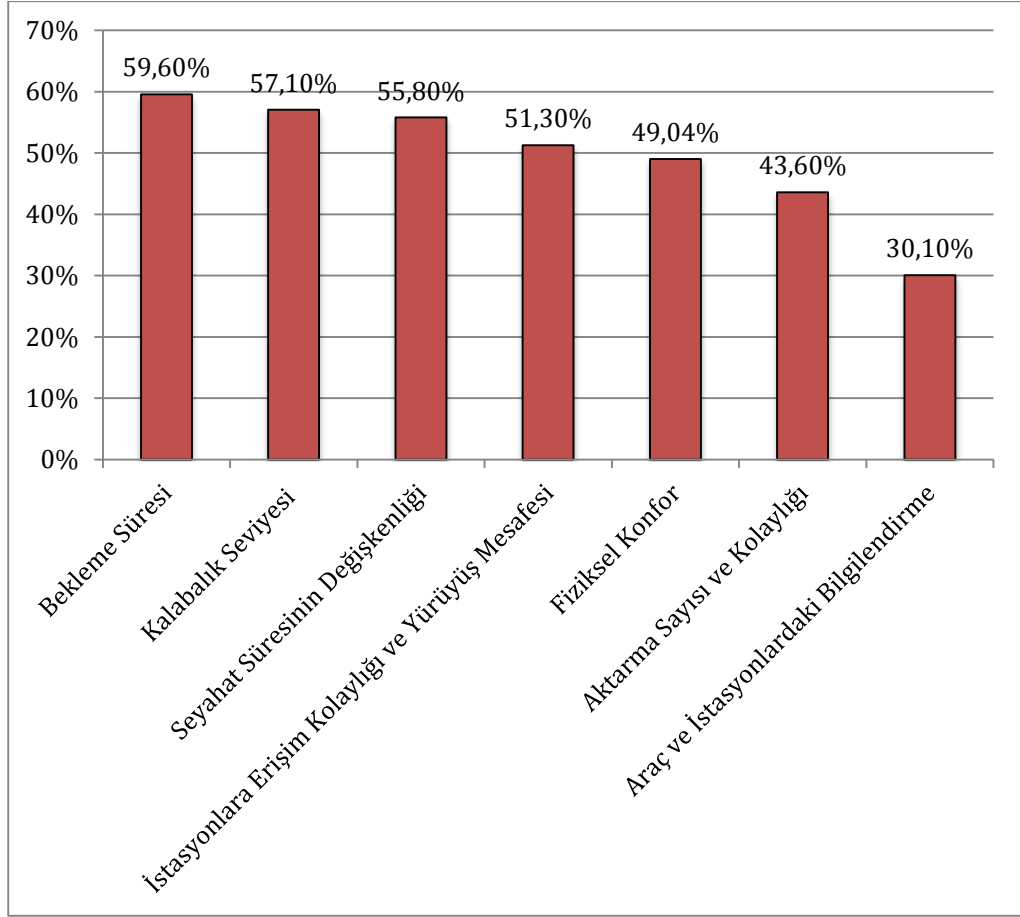


Şekil 3. 3 : Toplu taşıma tiplerinin kullanım zamanları.

kolaylığı ve yürüyüş mesafesi, fiziksel konfor ve bekleme süresi en önemli etmenler olarak ortaya çıkmaktadır.

Şekil 3.4'den anlaşılabacağı üzere, katılımcıların %50'den fazlası bekleme süresine, araç içi kalabalık seviyesine, seyahat süresinin değişkenliğine ve istasyonlara erişim kolaylığı ve yürüyüş mesafesine, %40'dan fazlası fiziksel konfora ve aktarma sayısı ve kolaylığına ve %30'u da araç ve istasyonlardaki bilgilendirme seviyesine birinci derecede önemli olduğunu söylemişlerdir.

Çizelge 3.1'deki sonuçlardan görüldüğü üzere bekleme süresi, araç içi kalabalık seviyesi ve seyahat süresinin değişkenliği katılımcılar için en yüksek öneme sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır.



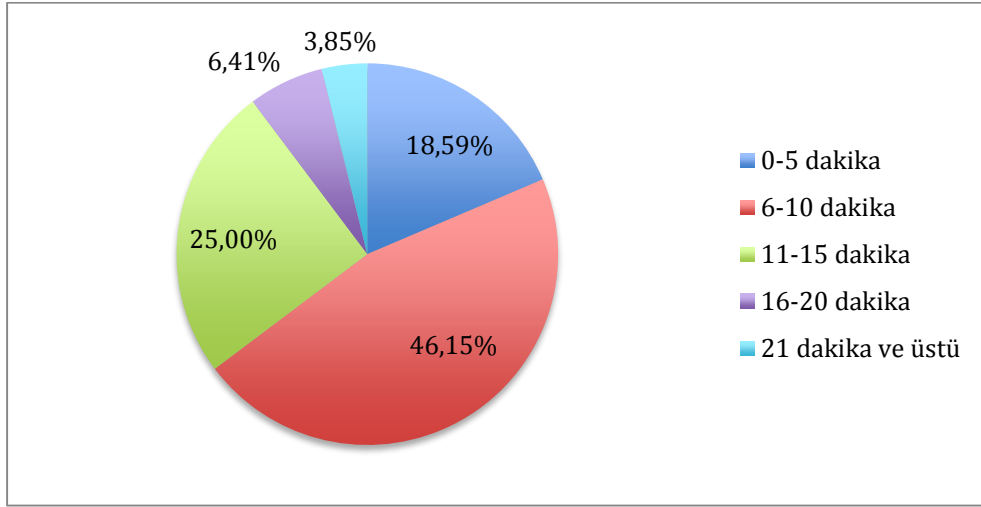
Şekil 3. 4 : Katılımcıların toplu taşıma ulaşımında en yüksek önem verenlerin yüzdeleri.

Çizelge 3. 1 : Toplu taşıma seçiminde belirlenen etmenler(1:En düşük önem-7:En yüksek önem).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
1-Bekleme süresi	6,15	1,46
2-Seyahat süresinin değişkenliği	6,08	1,41
3-Araç kalabalıklığı(oturma olanağı, sıkışıklık vb.)	5,94	1,62
4-İstasyonlara erişim kolaylığı ve yürüyüş mesafesi uygunluğu	5,94	1,44
5-Fiziksel konfor(ses, sıcaklık, koku vb.)	5,84	1,59
6-Aktarma sayısı ve kolaylığı	5,6	1,66
7-Araç ve istasyonlardaki bilgilendirme seviyesi	5,00	1,84

Ankette katılımcıların daha konforlu yolculuk etmeleri için ne kadarlık bir zaman maliyetine katlanacaklarını belirlemek amacıyla “En çok seyahat ettiğiniz hatları düşünerek, en fazla kaç dakika beklemeye katlanarak daha konforlu yolculuk edersiniz?” sorusu sorulmuştur. Şekil 3.5’de göreceğiniz üzere bu soruya katılanların

%46.15'i 6-10 dakika, %25'i 11-15 dakika ve %18.59'u 0-5 dakika bekleyerek daha konforlu yolculuk etmeye razı oldukları sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. 5 : Konforlu yolculuk için razı olunan bekleme süresi.

Anketin son kısmında tüm katılımcılara, toplu taşıma ulaşım tipinin seçiminde verilen seçeneklerden hangilerinin kararlarında etkili olduğu sorulmuştur. Bunun için oluşturulan Likert tablosunun sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre toplu taşıma tipinin seçiminde etkililiği sıralanmak istenirse; en etkili olarak birinci sırada “Yolculuk Süresi” gelmektedir, ikinci olarak “Sefer Sıklığı”, üçüncü ise “Durakta Bekleme Süresi” gelmiş ve bunları dördüncü olarak “Konfor” ve beşinci olarak da “Ücret” takip etmiştir.

Çizelge 3. 2 : Toplu taşıma seçiminde karar etkenleri(1: Hiç etkili değil-5: Çok etkili).

Etmenler	Ortalama	Standart Sapma
Yolculuk süresi	4,52	0,85
Sefer Sıklığı	4,49	0,77
Durakta bekleme zamanı	4,47	0,84
Konfor	3,87	0,99
Ücret	3,47	1,31

3.1 Metrobüs Yolculuklarında Konforu Etkileyen Faktörler

Yapılan anket çalışması sonucunda toplu taşıma ulaşımında kullanılan hatların hem algılanan hem de beklenen konfor değerleri ortaya çıkmıştır. Metrobüs hattı için değerlendirmede bulunan kişi sayısı 156 kişi içerisinde 87 kişidir. Metrobüs hattı için belirlenen faktörlerden yolculuk konforuna etkisi olup olmadığının sorusunun katılımcılar tarafından değerlendirilmesi sonucunda Çizelge 3.3’de ortalama değerleri

verilmiştir. Bu sonuçlara bakılarak, metrobüs için yolculuk konforunda ilk olarak kalabalık seviyesi, daha sonra araçtaki havalandırma ve koku ve araç içi temizliği diğerlerine nazaran daha etkili olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 3. 3 : Metrobüs için konfora etki eden faktörlerin katkısı(1: Kesinlikle katılmıyorum-5:Kesinlikle katılıyorum).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
1. Araçtaki kalabalık seviyesi	4,48	1,02
2. Araç içindeki havalandırma	4,36	1,01
3. Araçtaki koku	4,36	1,12
4. Araç içi temizliği	4,34	0,84
5. Şoförün aracı kullanım tarzı	4,17	1,12
6. Araç arızaları	4	1,14
7. Alt yapı etkileri	3,95	1,20
8. Şoförün yolculara davranışı	3,89	1,13
9. Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	3,63	1,20
10. Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	3,59	1,16
11. Koltuk rahatlığı	3,56	1,17
12. Hava koşulları	3,55	1,31
13. Araçtaki ışıklandırma seviyesi	3,39	1,28
14. Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	3,28	1,20

Metrobüs hattı için ankette algılanan konforun değerlendirilmesi için hazırlanan özel kısmında bu hattın kullanım zamanlarıyla genel toplu taşıma kullanım zamanlarıyla aynı eğilime sahiptirler. Bu kısmı cevaplayanların toplam sayısı 55 kişidir. Katılımcıların cevaplarına göre belirlenen faktörlerle metrobüs hattının konfor değerleri Çizelge 3.4'te verilmiştir. Verilen bu sonuçlar doğrultusunda, kalabalık seviyesi, araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi, araç içi havalandırma, araçtaki koku, araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme ve hava koşulları büyük oranda konforsuzluğa neden olmaktadır. Tüm bunların yanında şoförün kullanım tarzı, hoparlörün ses seviyesi ve şoförün yolculara davranışı da konforsuzluğun önemli kaynaklarındandır.

3.2 Otobüs (İETT – ÖHO) Yolculuklarında Konforu Etkileyen Faktörler

Toplu taşıma için çok sık kullanılan otobüslerin (İETT-ÖHO) değerlendirmesini 156 kişiden 110 kişi yapmıştır. Katılımcılar otobüslerdeki yolculuk konforuna belirlenen faktörlerden hangilerinin etkili olup olmadığını değerlendirmişlerdir. Çizelge 3.5'de faktörlerin ortalama sonuçları paylaşılmıştır. Bu sonuçlara göre, yolculuk konforuna ilk olarak havalandırma ve kalabalık seviyesi, daha sonra şoförün kullanım tarzı,

araçtaki koku ve araç temizliği diğer tanımlanan etmenlere karşı daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. 4 : Metrobüs hattı konfor sonuçları(1:Çok konforlu-5:Hiç konforlu değil).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
Araçtaki kalabalık seviyesi	2,71	1,74
Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	2,69	1,36
Araç içindeki havalandırma	2,49	1,48
Araçtaki koku	2,49	1,46
Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	2,49	1,37
Araç arızaları	2,49	1,32
Şoförün yolculara davranışı	2,44	1,27
Koltuk rahatlığı	2,42	1,15
Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	2,42	1,21
Araçtaki ışıklandırma seviyesi	2,4	1,3
Alt yapı etkileri	2,36	1,34
Hava koşulları	2,35	1,25
Araç içi temizliği	2,31	1,32
Şoförün aracı kullanım tarzı	2,24	1,26

Çizelge 3. 5 : Otobüs için konfora etki eden faktörlerin katkısı(1: Kesinlikle katılmıyorum-5:Kesinlikle katılıyorum).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
1. Araç içindeki havalandırma	4,3	1,19
2. Araçtaki kalabalık seviyesi	4,29	1,18
3. Şoförün aracı kullanım tarzı	4,28	1,34
4. Araçtaki koku	4,26	1,08
5. Araç içi temizliği	4,15	1,20
6. Şoförün yolculara davranışı	3,96	1,19
7. Alt yapı etkileri	3,85	1,51
8. Araç arızaları	3,79	1,24
9. Hava koşulları	3,76	1,19
10. Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	3,65	1,18
11. Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	3,6	1,23
12. Koltuk rahatlığı	3,54	1,23
13. Araçtaki ışıklandırma seviyesi	3,45	1,25
14. Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	3,26	1,28

3.3 Raylı Sistemler ile Yolculuklarda Konforu Etkileyen Faktörler

Raylı sistemler için hazırlanan Likert tablolarını değerlendiren kişi sayısı 96 kişidir. Bu katılımcılar raylı sistemler için yolculuk konforuna etki eden raylı sistemlerin yapısına özgü tanımlanan faktörleri değerlendirmişlerdir. Çizelge 3.6'da değerlendirilen çizelgenin sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre, yolculuk

konforuna araçtaki havalandırma, kalabalık seviyesi, araç temizliği ve araçtaki kokunun etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 3. 6 : Raylı sistemler için konfora etki eden faktörlerin katkısı(1: Kesinlikle katılmıyorum-5:Kesinlikle katılıyorum).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
1. Araç içindeki havalandırma	4,3	1,14
2. Araç içi temizliği	4,28	1,05
3. Araçtaki kalabalık seviyesi	4,27	1,13
4. Araçtaki koku	4,24	1,03
5. Arızalar ve gecikmeler	4,03	1,23
6. Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	3,78	1,14
7. Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	3,68	1,28
8. Araçtaki ışıklandırma seviyesi	3,63	1,25
9. Koltuk rahatlığı	3,51	1,27
10. Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	3,42	1,32
11. Hava koşulları	3,4	1,45

M2 (Yenikapı-Hacıosman) metro hattı için ankette hazırlanan özel kısmında; genel olarak toplu taşımayı kullanma saat dilimleriyle bu hattı kullanma saat dilimleri benzerlik göstermektedir. Katılımcıların bu hattın belirlenen faktörlere göre konforlu olup olmadığının değerlendirilmesi için hazırlanan Likert tablosunun sonuçları Çizelge 3.7’de verilmiştir. Toplamda 156 kişiden 71 kişi bu kısmı cevaplandırmışlardır. Bu sonuçlara göre, koltuk rahatlığı, hava koşulları, kalabalık seviyesi, araçtaki koku ve araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi gibi etmenler konforsuzluğa diğerlerine nazaran daha çok etki eden etmenler olarak görülmüştür.

T1 (Bağcılar-Kabataş) tramvay hattı için ankette hazırlanan özel kısmında bu hattın kullanım zamanları genel olarak toplu taşımanın kullanım zamanıyla eş olduğu görülmektedir. Bu kısmı cevaplayanların sayısı 33 kişidir. Onların algısına göre belirlenen etmenlerle, bu hattın konforlu olup olmama sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, araç arızaları ve gecikmeleri, araçtaki koku, kalabalık seviyesi ve hava koşulları bu tramvay hattı için en çok konforsuzluğa neden olduğunu söylenebilir. Bunların dışında, aracın havalandırması, araç temizliği, koltuk rahatlığı ve araçtaki gürültü ve titreşim seviyeleri de yüksek oranda konforsuzluğa neden olan faktörlerdir.

Çizelge 3. 7 : M2 metro hattı konfor sonuçları (1:Çok konforlu-5:Hiç konforlu değil).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
Koltuk rahatlığı	2,68	1,18
Araçtaki koku	2,66	1,22
Hava koşulları	2,66	1,34
Araçtaki kalabalık seviyesi	2,63	1,37
Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	2,63	1,17
Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	2,56	1,17
Araç içindeki havalandırma	2,49	1,24
Arızalar ve gecikmeler	2,49	1,17
Araçtaki ışıklandırma seviyesi	2,46	1,24
Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	2,45	1,18
Araç içi temizliği	2,44	1,14

Çizelge 3. 8 : T1 Tramvay hattı konfor sonuçları(1:Çok konforlu-5:Hiç konforlu değil).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
Arızalar ve gecikmeler	2,76	1,37
Araçtaki kalabalık seviyesi	2,67	1,55
Araçtaki koku	2,64	1,58
Hava koşulları	2,58	1,41
Araç içindeki havalandırma	2,48	1,39
Araç içi temizliği	2,48	1,48
Koltuk rahatlığı	2,42	1,28
Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	2,39	1,43
Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	2,36	1,29
Vatmanın kullanım tarzı	2,36	1,34
Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	2,33	1,38
Araçtaki ışıklandırma seviyesi	2,27	1,28

3.4 Vapur Yolculuklarında Konforu Etkileyen Faktörler

Vapur yolculukları için ayrılan anket sorularına 156 kişi içerisinde 52 kişi cevap vermiştir. Vapurun kendisine has oluşturulan etmenlerin yolculuk konforuna etkisi araştırılmıştır. Çizelge 3.9’da verilen sonuçlara göre, araç içi koku, araçtaki temizlik, tuvaletlerdeki temizlik ve sürme iskele güvenilirliği yolculuk konforuna diğer etmenlere göre daha çok etki eden etmenler olarak ortaya çıkmıştır. Vapur hatları için ankette hazırlanan özel kısmında bu hattın kullanım zamanlarıyla genel toplu taşıma kullanım saatleri aynıdır. Bu bölüm için cevaplayıcıların sayısı 26 kişidir. Bu kişilerin vermiş oldukları cevaplara göre, algıladıkları konfor oranları Çizelge 3.10’de verilmiştir. Bu çizelgedeki sonuçlara göre, tuvaletlerin temizliği ile ilgili problemler ve araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme seviyesi büyük ölçüde konforsuzluğa neden olmaktadır.

Çizelge 3. 9 : Vapur için konfora etki eden faktörlerin katkısı(1: Kesinlikle katılmıyorum-5:Kesinlikle katılıyorum).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
1. Araçtaki koku	4,13	1,12
2. Araç içi temizliği	4,12	1,11
3. Sürme iskele güvenilirliği	4,1	1,23
4. Tuvaletlerin temizliği	4,02	1,11
5. Araç içindeki havalandırma	3,96	1,24
6. Kapalı alanlardaki camın genişliği	3,92	1,19
7. Araçtaki kalabalık seviyesi	3,87	1,27
8. Hava koşulları	3,85	1,33
9. İskelede yanaşmadaki vuruş hızı	3,83	1,29
10. Yiyecek ve içecek olanakları	3,67	1,31
11. Kapalı alanlardaki koltuk rahatlığı	3,62	1,17
12. Açık alanlardaki koltuk rahatlığı	3,6	1,21
13. Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	3,58	1,18
14. Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	3,48	1,29
15. Araçtaki ışıklandırma seviyesi	3,46	1,24
16. Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	3,42	1,36

Çizelge 3. 10 : Vapur hatları için konfor sonuçları(1:Çok konforlu-5:Hiç konforlu Değil).

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma
Tuvaletlerin temizliği	2,88	1,51
Araçtaki bilgilendirme ve yönlendirme	2,81	1,36
Yiyecek ve içecek olanakları	2,62	1,36
Araçtaki hoparlörün ses seviyesi	2,5	1,27
Araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi	2,5	1,3
Sürme iskele güvenilirliği	2,5	1,33
Hava koşulları	2,42	1,3
İskelede yanaşmadaki vuruş hızı	2,38	1,3
Araçtaki koku	2,35	1,13
Araçtaki kalabalık seviyesi	2,27	1,15
Açık alanlardaki koltuk rahatlığı	2,27	1,08
Araç içi temizliği	2,23	1,11
Kapalı alanlardaki camın genişliği	2,23	1,21
Araçtaki ışıklandırma seviyesi	2,19	1,17
Kapalı alanlardaki koltuk rahatlığı	2,08	1,13
Araç içindeki havalandırma	2,04	1,04

4. KONFORSUZLUK FONKSİYONUN UYGULANMASI

Konforsuzluk fonksiyonu, Metrobüs, M2 (Yenikapı-Hacıosman) metro ve T1 (Kabataş-Bağcılar) tramvay hatlarında 20 Nisan 2014 Pazar ve 21 Nisan 2014 Pazartesi tarihlerine özel olarak hesaplanmıştır.

Metrobüs hattı için hat uzunluğu 52 km ve 44 duraktan oluşmaktadır. 24 saat kesintisiz hizmet veren metrobüs, geceleri (0.00-05.00) saatte 6 sefer, çok yoğun olan saatlerde (07.00-9.00 ve 18.00-20.00) üç senaryo için incelenmiştir; saatte 144, 120 ve 100 sefer, az yoğun olan zamanlarda (6.00-7.00 ve 16.00-17.00) saatte 90, 80 ve 70 sefer ve yoğun olmayan saatlerde saatte 60 sefer yapıldığı varsayılmıştır. Seferlerin bu şekilde üç farklı senaryoya göre varsayılmasının amacı, her bir senaryoda konforsuzluk değerlerinin nasıl seyredeceğini gözlenerek en uygun sefer sıklığının bulunması amaçlanmıştır.

Metrobüs hattı, bu çalışma kapsamında ikiye bölünmüştür. 1. Hat olarak Söğütluçeşme-Cevizlibağ (22 km ve 19 durak) ve 2. Hat olarak Cevizlibağ-Beylikdüzü (30 km ve 26 durak) olarak alınmıştır. Metrobüs hattının iki ayrı hatta bölünmesinin sebebi, tek bir hat olarak alınması sonucunda yüksek hareketliliği olan durakların olasılık değerlerin etkisiyle araç içi kalabalıklığı iyi şekilde yansıtmamasındandır. Zincirlikuyu, Mecidiyeköy, Avcılar vb. gibi hareketliliğin çok olduğu duraklarda otobüse binenlerin etkisinin daha iyi yansıtılabilmesi için bu hat uzunluğu iki ayrı hatta bölünmüştür. Cevizlibağ her iki hat için ortak duraktır, yani 1. Hat için son durak 2. Hat içinse de ilk duraktır. Gerçek metrobüs işleyişi göz önüne alınarak 1. Hattan Cevizlibağ'da inenlerin 2. Hattı geçenlerinin sayılarının hesaplanması için Gidiş ve Dönüş yönüne göre geçiş fonksiyonları tanımlanmıştır. Bu fonksiyonlardan Gidiş ve Dönüş yönüne gidenler için 2. Hattı geçişi yukarıda tanımlanan araç içi kalabalık fonksiyonuyla aynı olup sadece olasılık değerlerinde farklılık vardır. Yani, $t = \text{Cevizlibağ}$, $t - 1 = \text{Topkapı}$, $t + 1 = \text{Merter}$ ve sadece Cevizlibağ durağı için tüm hatlardaki durak sayıları temelinde bu duraktaki yolcuların 25/43'ü gidiş ve 18/43'ü gidiş yönüne gideceği varsayıldığından, bu fonksiyonun bu durağa özgü yazılışı aşağıdaki şekildedir:

$$Y_{gz(Cevizlibağ)}^G = Y_{gz(Topkap)}^G + \frac{D_{gz(Cevizlibağ)}}{A_z} * \frac{25}{43} - P_t * Y_{gz(Topkap)}^G \quad (4.1)$$

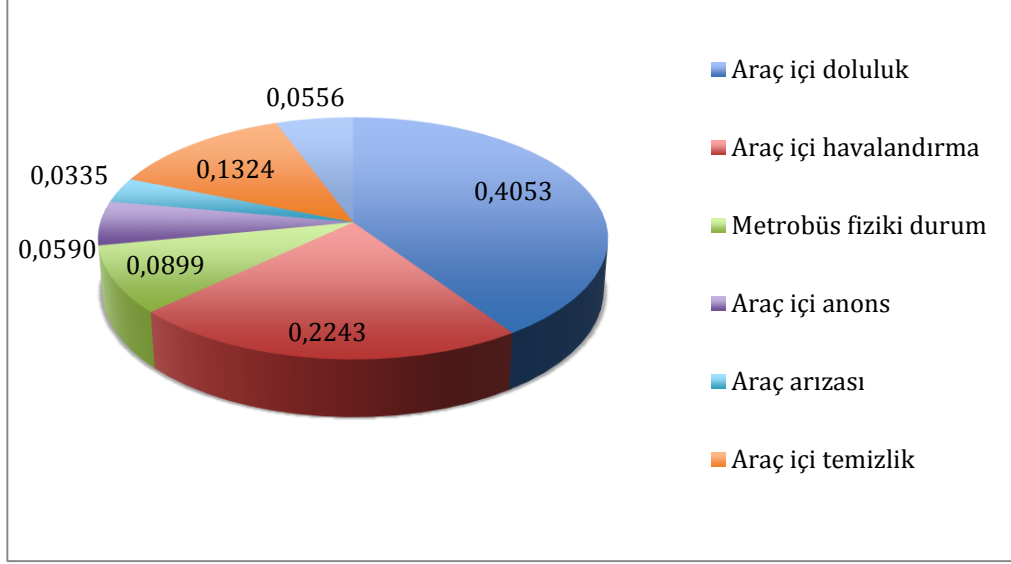
$$Y_{gz(Cevizlibağ)}^D = Y_{gz(Merter)}^D + \frac{D_{gz(Cevizlibağ)}}{A_z} * \frac{18}{43} - P_t * Y_{gz(Merter)}^D \quad (4.2)$$

Raylı sistemler için alınan pilot hatların özellikleri M2 hattı (23.6 km) 15 ve T1 hattı (18,5 km) 31 duraktan oluşmaktadır. M2 hattı için yoğun olan zamanlarda sefer sıklığı saatte 17 sefer ve yoğun olmayan zamanlarda saatte 10-12 arası sefer olduğu, M2 sefer tarifesine bakılarak varsayılmıştır. İstanbul Ulaşım A.Ş.'yle yapılan görüşmeler sonrasında yoğun zamanlarda 17 seferin üstüne sinyalizasyon problemi olduğundan çıkamadıklarını ortaya koydular. Yoğun saatlerde bu hatta özgü, Taksim'den Hacıosman'a ek seferler yapılmaktadır. Bu hat için yapılan araç içi yolcu tahmini, bu bilgiler göz önüne alınarak ve Taksim-Hacıosman arası ek seferler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu tahminler yapılırken üç senaryo düşünülmüştür; hiç ek sefer olmadığı, saatte 3 ek sefer ve saatte 5 ek sefer olduğudur. Tüm bu senaryolara göre konforsuzluk değerleri hesaplanmıştır. Bu bölümde sonuçlar paylaşılmıştır. T1 hattı için yoğun saatlerde ek seferle birlikte saatte toplam 24 sefer ve yoğun olmayan saatlerde 9 ile 12 sefer arasında sefer yapıldığı, T1 tramvay hattının sefer tarifesine bakılarak varsayılmıştır. Yoğun olan saatlerde Eminönü-Zeytinburnu arası ek seferler koyulduğu bilinmektedir. T1 hattı için araç içi yolcu sayısı tahmini, Eminönü-Zeytinburnu arası yapılan seferler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu tahmin yapılırken dört senaryo göz önüne alınmıştır; hiç ek seferin olmadığı, saatte 6 ek sefer, 12 ek sefer ve 15 ek sefer. Tüm bu senaryolara göre ayrı ayrı konforsuzluk değerleri hesaplanmıştır. Bu varsayımlar altında hesaplanan değerler ayrı ayrı başlıklarda incelenmiştir.

4.1 Ağırlıkların Belirlenmesi

Metrobüs, M2 metro ve T1 tramvay hatları için anketten alınan sonuçlara ve ilgili kurumlardan alınan verilere göre ağırlıklar AHP yardımıyla belirlenmiştir. Metrobüs hattı için İETT'ye, konforsuzluk fonksiyonunda ağırlıkların hesaplanabilmesi için anket sonuçlarına ve elde edilen şikayet oranlarına göre belirlenen önemli kriterlerin ikili kıyaslama matrisi değerlendirilmek üzere yetkililere gönderilmiştir. İETT'den gelen ikili kıyaslamalar sonucunda (EK C'deki Çizelge C.1) AHP yönteminin

yardımıyla metrobüs için belirlenen kriterler için ağırlıklar bulunmuştur. Şekil 4.1’de metrobüs hattı için ağırlıklar verilmiştir. Bu şekilden de görüleceği üzere, araç içi doluluk, havalandırma ve temizlik en önemli faktörler olarak İETT’nin yetkililerce ağırlıklandırılmıştır.

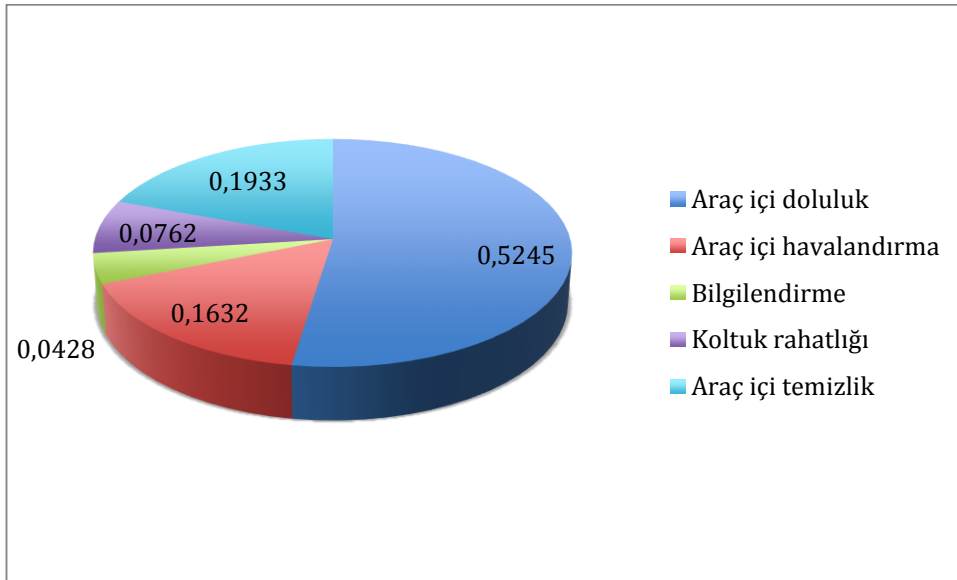


Şekil 4. 1 : Metrobüs hattı için belirlenen kriterlerin ağırlıkları.

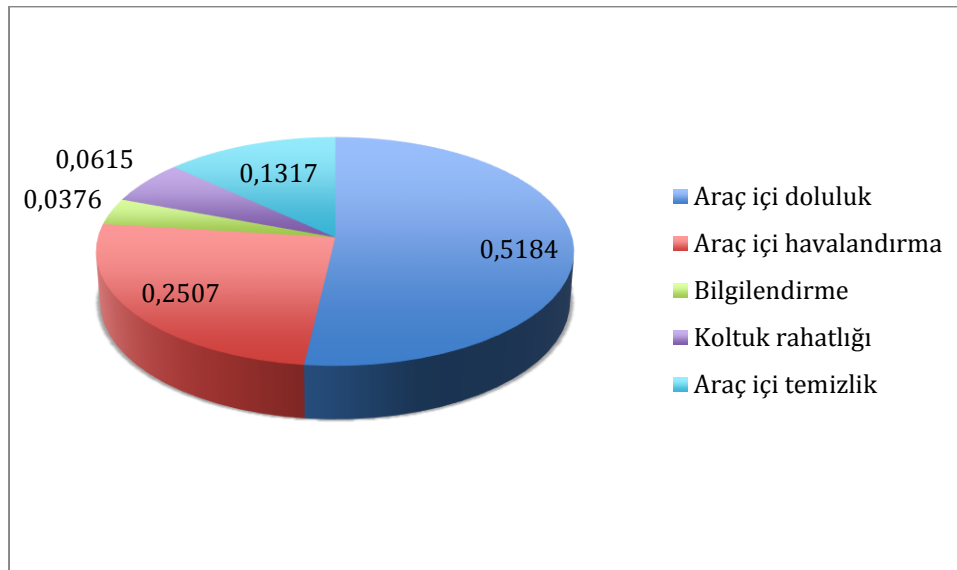
Ağırlıklar hesaplandıktan sonra İETT’ye verilen kıyaslama matrisinin tutarlılığı ölçmek için tutarlık testi yapılmıştır. Bu test sonucunda Metrobüs hattı için $CR = 0,034$ olarak bulunmuş ve bu değer 0,1’den (Winston, 2004) küçük olduğundan kıyaslama matrisinin tutarlı sonucuna ulaşılmıştır.

Anket sonuçlarına ve elde edilen şikayet oranları göz önüne alındığında metro ile tramvay hatlarında aynı kriterlerin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. M2 ve T1 hatları için İstanbul Ulaşım A.Ş.’ye konforsuzluk fonksiyonunda ağırlıkların hesaplanabilmesi için anket sonuçlarına ve elde edilen şikayet oranlarına göre belirlenen önemli kriterlerin ikili kıyaslama matrisi değerlendirilmek üzere yetkililere gönderilmiştir. İstanbul Ulaşım A.Ş.’den gelen ikili kıyaslamalar sonucunda (EK C’de M2 için Çizelge C.2 ve T1 için Çizelge C.3) AHP yönteminin yardımıyla metro ve tramvay için belirlenen kriterler için ağırlıklar bulunmuştur. Şekil 4.2’de M2 hattı ve Şekil 4.3’de T1 hattı için belirlenen kriterlerin ağırlıkları verilmiştir. Şekil 4.2’den de görüleceği üzere, İstanbul Ulaşım A.Ş.’deki yetkililerce belirlenen en yüksek ağırlıklara sahip faktörler olarak araç içi doluluk, temizlik ve havalandırma olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.3’den de görüleceği üzere, İstanbul Ulaşım A.Ş.’deki yetkililerce belirlenen en yüksek ağırlıklara sahip faktörler olarak araç içi doluluk, havalandırma ve temizlik olarak belirlenmiştir. Ağırlıklar hesaplandıktan sonra İstanbul Ulaşım A.Ş.’ye verilen kıyaslama matrisinin tutarlılığı ölçmek için tutarlık testi yapılmıştır. Bu test sonucunda M2 hattı için $CR = 0,091$ ve T1 hattı için $CR = 0,073$ olarak bulunmuş ve bu değerler 0,1’den (Winston, 2004) küçük olduğundan kıyaslama matrisinin tutarlı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4. 2 : M2 hattı için belirlenen kriterlerin ağırlıkları.



Şekil 4. 3 : T1 hattı için belirlenen kriterlerin ağırlıkları.

4.2 Metrobüs için Konforsuzluk Değerleri

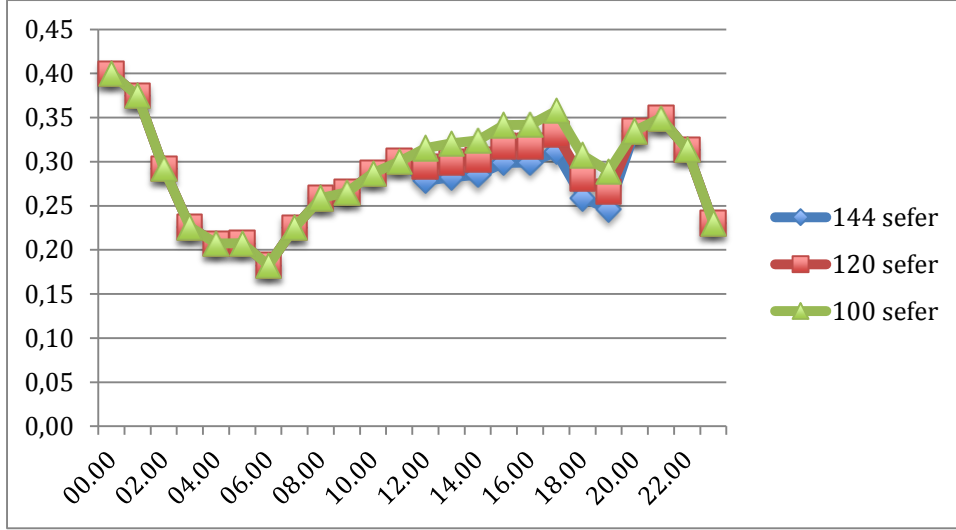
İETT’den elde edilen veriler, anket sonuçları ve yapılan varsayımlar yardımıyla seçilen değişkenler temelinde konforsuzluk değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda İETT’den alınan duraklardaki her saat başındaki yolcu sayılarının, otobüslerin kapasitelerinin ve üç farklı senaryoya göre belirlenen sefer sayılarının yardımıyla her bir durum için x_{k1}^M (metrobüsteki kalabalık seviyesi) hesaplanmıştır. Konforsuzluk fonksiyonun da kullanmak için İETT’den metrobüs için şikayet oranları alınmıştır. Bu durumda şikayet oranlarıyla fonksiyona katılacak değişkenler; araç içi havalandırma, aracın fiziki durumu (koltuk rahatlığı ve araçtaki gürültü ve titreşim seviyesi), araç içi anons, araç arızaları, araç içi temizlik ve bilgilendirmedir. Metrobüs hattı için şikayet tipleri, sayıları ve oranları aşağıdaki Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 : Metrobüs hattı için şikayet tipleri.

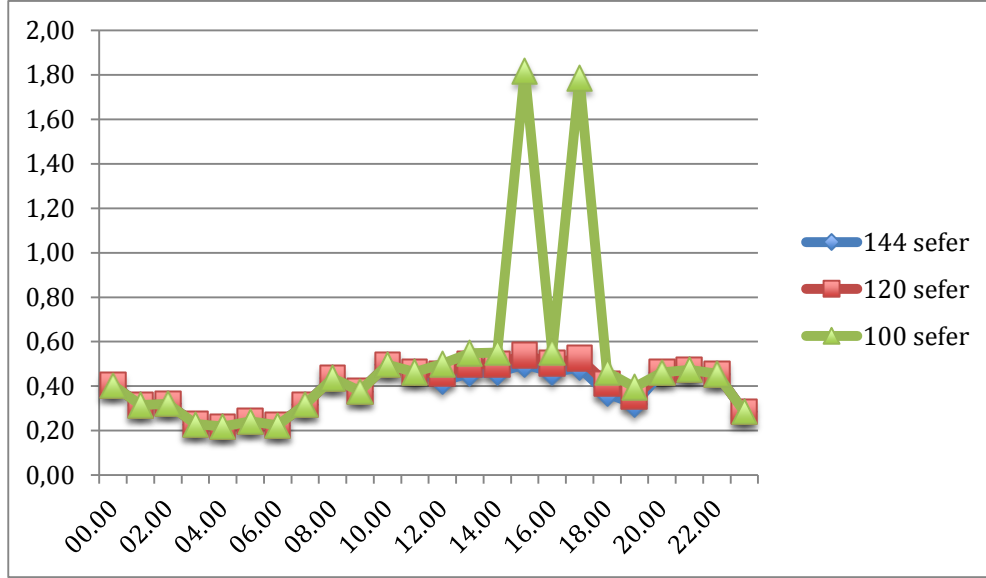
Kategori	Toplam Başvuru Oranı	Şikayet Yüzdesi	Şikayet Oranları
Araç içi havalandırma	0,045	0,921	0,4921
Metrobüs fiziki durum	0,023	0,668	0,1824
Araç içi anons	0,016	0,664	0,1261
Araç arızası	0,011	0,833	0,1088
Araç içi temizlik	0,014	0,456	0,0758
Metrobüs yön bilgilendirme	0,007	0,178	0,0148
Toplam	0,1160		1

Tüm bu elde edilen veriler (2.5) ve (2.6) numarılı fonksiyonlara koyularak konforsuzluk değerleri bulunmuştur. Bu değerler EK D’deki Çizelge D.1-D.2’de paylaşılmıştır. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’te, paylaşılan Çizelge D.1-D.2’deki değerlerin grafiği sunulmuştur.

20 Nisan 2014 Pazar günü metrobüsün konforsuzluk değerleri, 2. hat (Cevizlibağ-Beylikdüzü)’ın gidiş yönü için 14.00-16.00 ve 17.00-19.00 saatleri arası 1. hatta göre çok yüksek olduğu Şekil 4.4’ten görülmektedir. Her bir senaryo için 1. Hattaki konforsuzluk değerlerine göre 2. Hattın daha yüksek olduğu Şekil 4.4-4.5’te görülmektedir. Özellikle 2. Hat için Şekil 4.5’den görüleceği üzere, saatte 100 sefer yapılması 14.00-19.00 arasında ciddi konforsuzluğa neden olmaktadır.



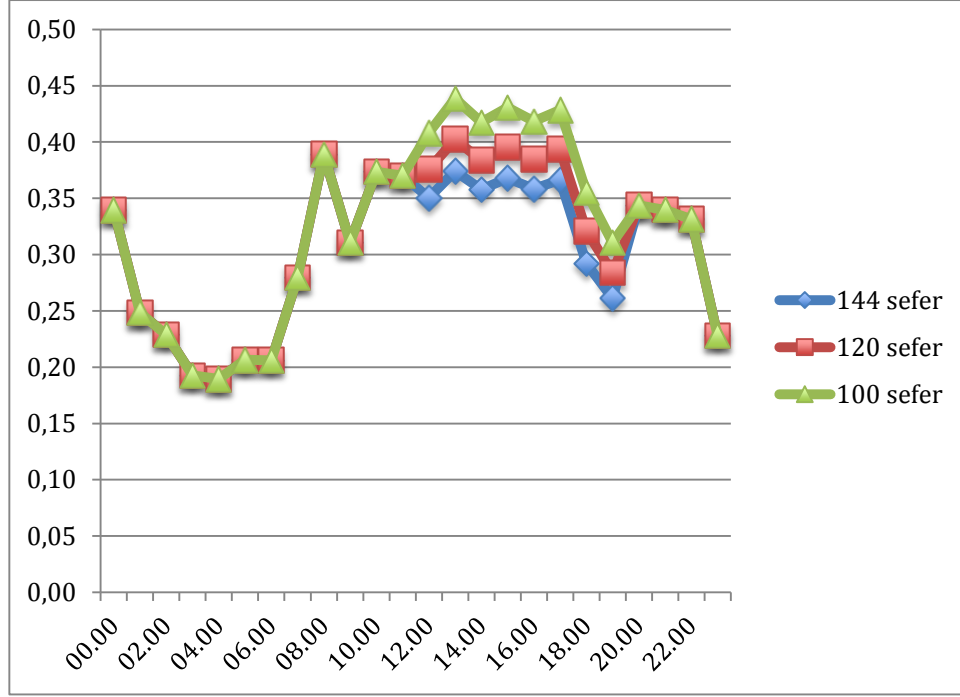
Şekil 4. 4 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).



Şekil 4. 5 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).

Aynı tarih için dönüş yönünde konforsuzluk değerleri Şekil 4.6-4.7'den görüleceği üzere, 08.00'de her iki hat için yüksek değerlere sahiptir. Ama bu değerler, araç içi kapasite aşılmadığından 1'den küçük değerlerdir. Ayrıca, 1. Hattın dönüş yönünde 2. Hatta göre yüksek olduğu da anlaşılmaktadır.

21 Nisan 2014 Pazartesi günü metrobüs için gidiş yönünde konforsuzluk değerleri, her iki hat için dalgalı bir şekilde devam etmektedir. Özellikle 2. Hatta 06.00-09.00 ve 17.00-20.00 saatleri arasında konforsuzluk ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Burada en yüksek sefer sayısının da yeterli olmadığı görülmektedir. 1. Hat için üç farklı senaryonun koyduğu seferlere göre konforsuzluk değerleri paralel seyretmektedir.



Şekil 4. 6 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).

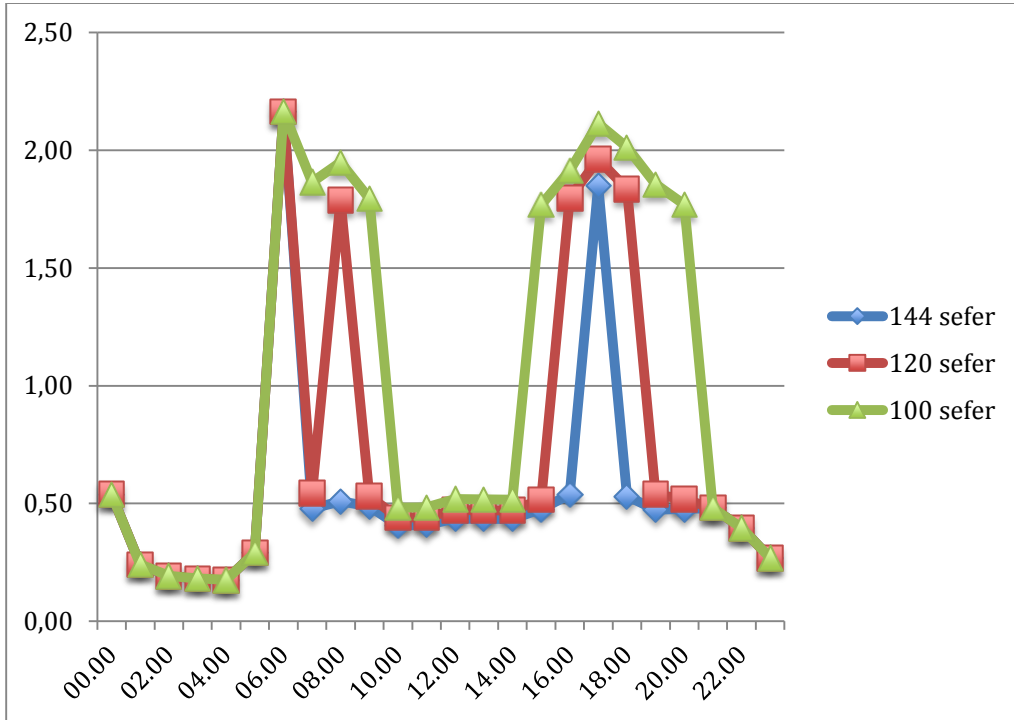


Şekil 4. 7 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).

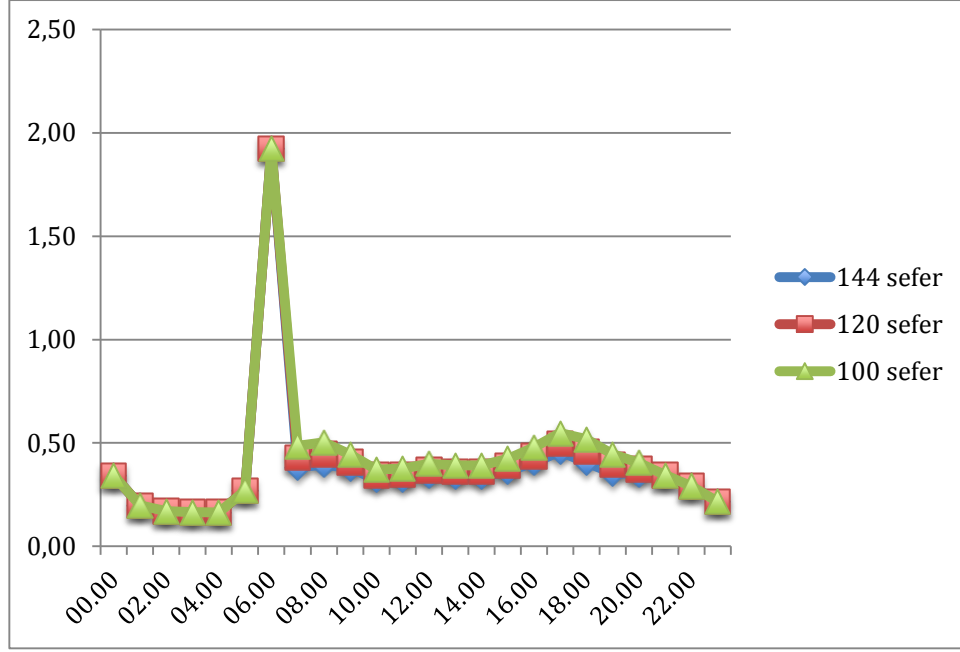
Şekil 4.9'dan görüleceği üzere, 2. Hattın tanımlı olduğu bölgede seferlerin daha sık yapılması gereklidir.



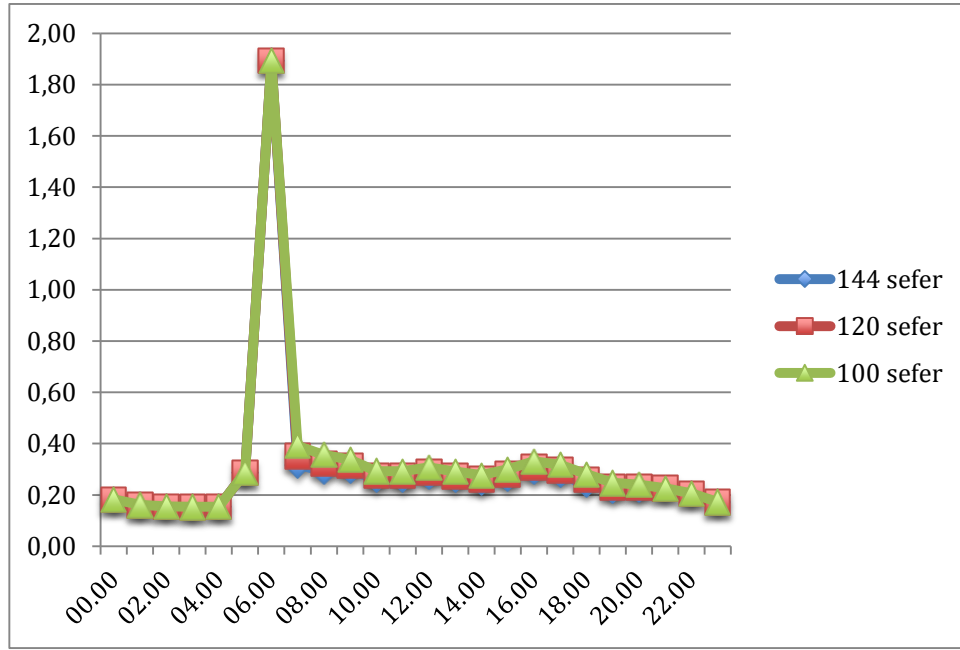
Şekil 4. 8 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).



Şekil 4. 9 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Gidiş).



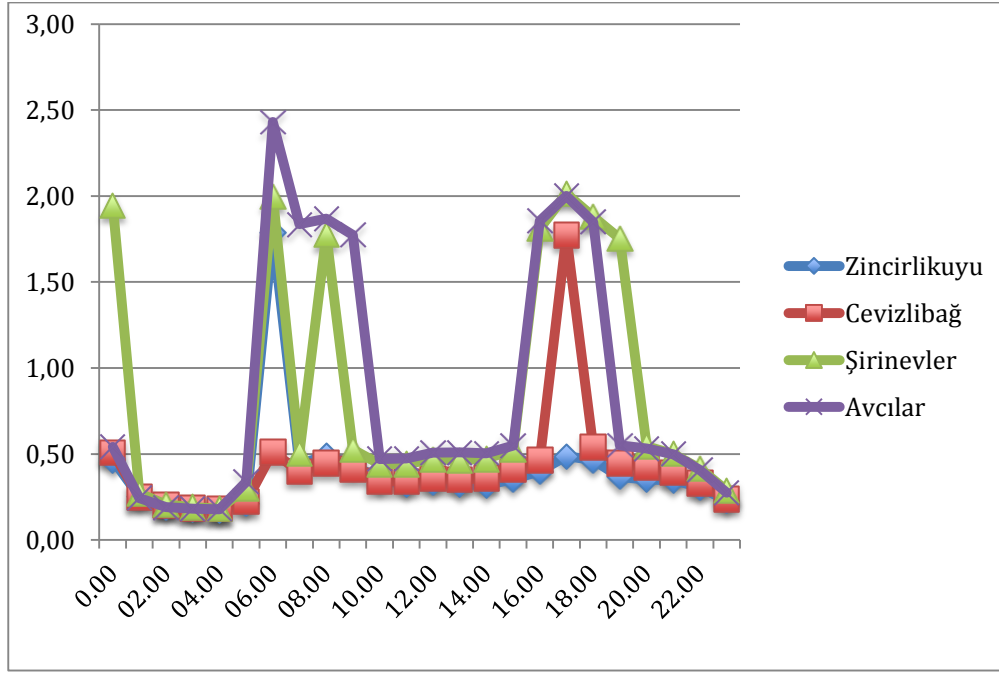
Şekil 4. 10 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 1.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).



Şekil 4. 11 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüsün 2.Hattı için konforsuzluk değerleri (Dönüş).

21 Nisan 2014 Pazartesi günü metrobüs için dönüş yönündeki konforsuzluk değerleri, gidiş yönüne göre daha düşük değerlere sahiptir. Bu tarihte için Şekil 4.10-4.11'den de görüleceği üzere, konforsuzluk değerleri 6.00-08.00 saatleri arasında ciddi oranda artmaktadır. Bunun sebebi, kişilerin bir anda bu saatler arasında metrobüsü kullanmayı tercih etmesi olabilir.

Son olarak metrobüs için yoğunluğu en fazla olan duraklar seçilerek konforsuzluk değerleri, sefer sayısı saatte 120 sefer olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır ve Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de grafik olarak gösterilmiştir. Bu çalışma sadece 21 Nisan 2014 Pazartesi günü gidiş ve dönüş yönleri için yapılmıştır. Diğer gündeki durakların konforsuzluk değerlerinin grafikleri EK E’deki Şekil E.1 ve Şekil E.2’de paylaşılmıştır.



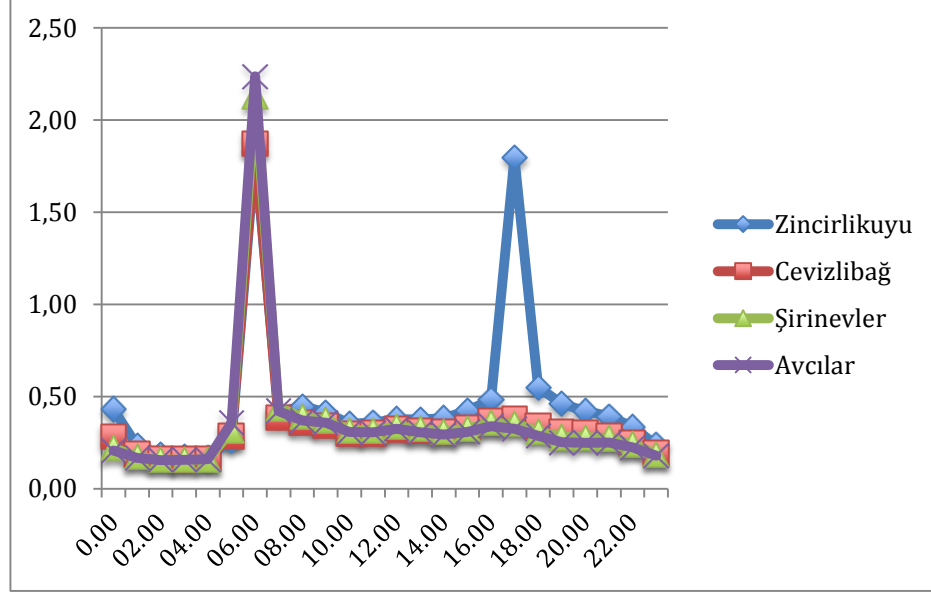
Şekil 4. 12 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüs için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Gidiş).

Şekil 4.12-4.13’den görüleceği üzere, Avcılar ve Şirinevler duraklarında konforsuzluk değerleri özellikle 06.00-10.00 ve 16.00-20.00 saatleri arasında ciddi bir şekilde artış göstermektedir. Sabah 7.00-9.00 ve akşam 16.00-20.00 saatleri arasında da konforsuzluk değerleri araç için kapasitenin aşılmasından kaynaklı yüksek değerlere sahiptir. Ayrıca, dönüş yönü için Şekil 4.13’den görüleceği üzere, 17.00-19.00 arasında Zincirlikuyu durağında ciddi bir şekilde konforsuzluk artışı söz konusudur. Aynı şekilde, 06.00-08.00 saatleri arasında Zincirlikuyu, Cevizlibağ, Şirinevler ve Avcılar’a gelen otobüslerdeki konforsuzluk değerleri oldukça yüksektir.

4.3 M2 Hattı için Konforsuzluk Değerleri

İstanbul Ulaşım A.Ş.’den elde edilen veriler ve anket sonuçları yardımıyla seçilen değişkenler temelinde konforsuzluk fonksiyonu hesaplanmıştır. Bu kapsamda İstanbul

Ulaşım A.Ş.'den yıllık olarak alınan duraklardaki her saat başındaki yolcu sayılarının ve araçların bilinen kapasitelerinin yardımıyla x_{k1}^T (metrodaki kalabalık seviyesi)



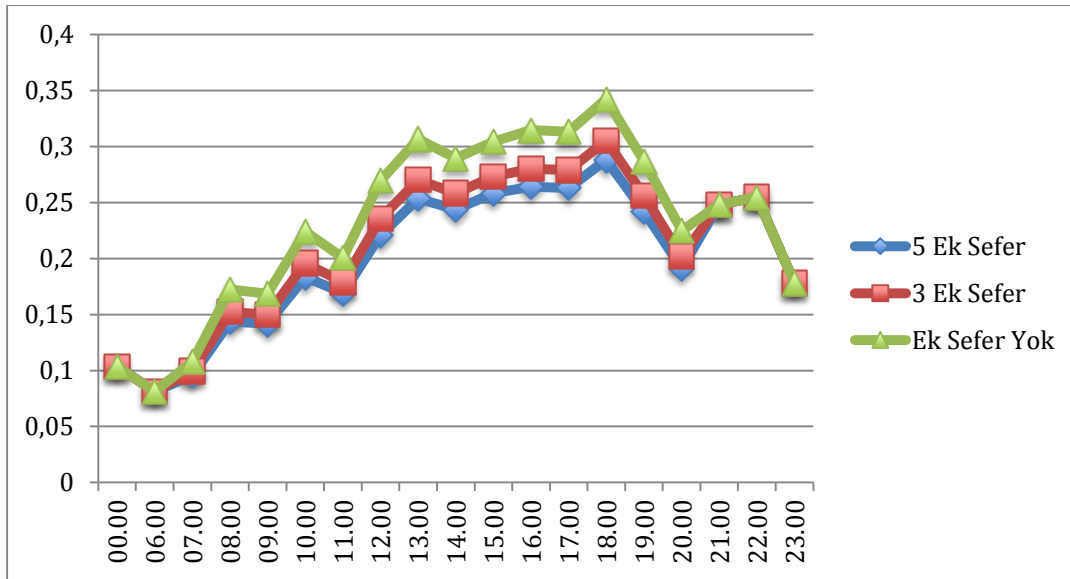
Şekil 4.13 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüs için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Dönüş).

hesaplanmıştır. Konforsuzluk fonksiyonun da kullanmak için İstanbul Ulaşım A.Ş.'den bu hat için şikayet oranları alınmıştır. Bu durumda şikayet oranlarıyla fonksiyona katılacak değişkenler; havalandırma (araç içi havalandırma ve koku), araç içi temizlik, koltuk rahatlığı ve bilgilendirmedir. M2 hattı için şikayet tipleri, sayıları ve oranları aşağıdaki Çizelge 4.2'de verilmiştir.

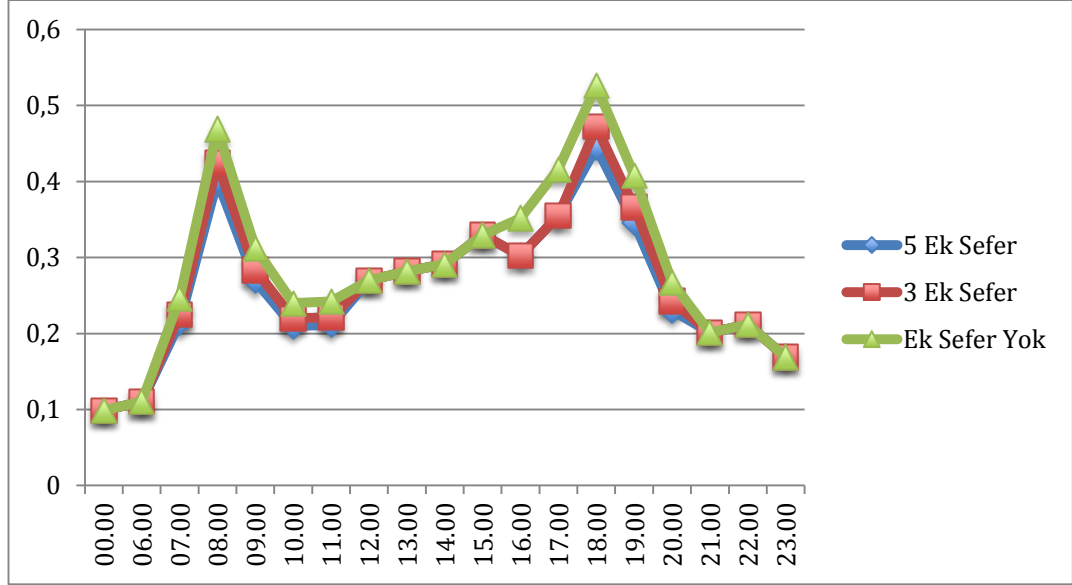
Çizelge 4.2 : M2 hattı için şikayet tipleri.

Şikayet Tipleri	Şikayet Sayıları	Şikayet Oranları
Bilgilendirme	1487	0,9435
Havalandırma	38	0,0241
Koltuk rahatlığı	16	0,0102
Temizlik	35	0,0222
Toplam	1576	1

(2.7) ve (2.8) numaralı fonksiyonlar kullanılarak önceden tanımlanan oranlar ve tanımlanan kalabalık fonksiyonu değerleri de bu fonksiyonda yerine koyularak 20-21 Nisan 2014 Pazar ve Pazartesi günleri için M2 metro hattının üç farklı senaryoya göre konforsuzluk değerleri Ek D'deki Çizelge D.3-D.4'de verilmiştir. Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de, EK D2'de paylaşılan Çizelge D.3-D.4'deki değerlerinin grafiği sunulmuştur.



M2 hattı için üç senaryo için hazırlanan konforsuzluk değerleri, ek sefer olmadığı durumda çok daha yüksek değerler almıştır. Şekil 4.14’den de görüleceği üzere, 7.00-9.00 saatleri arasında her üç durumda da ciddi artış söz konusudur. Konforsuzluk değerlerinin zirve yaptığı nokta 17.00-19.00 saatleri arası olduğu da rahatlıkla Şekil 4.14’den görülmektedir. Şekil 4.15’ten görüleceği üzere dönüş yönünde konforsuzluk değerleri özellikle 3 ve 5 ek sefer olduğu durumlarda birbirine yakın seyretmiştir. Ek sefer olmadığı durumda da diğer durumlara nazaran konforsuzluk değerleri yüksek çıkmıştır. Saat 8.00’de konforsuzluk değeri ani bir şekilde artmakla birlikte saat 7.00’dan 14.00’e kadar da her bir durum için zirve değerleri görülmektedir.



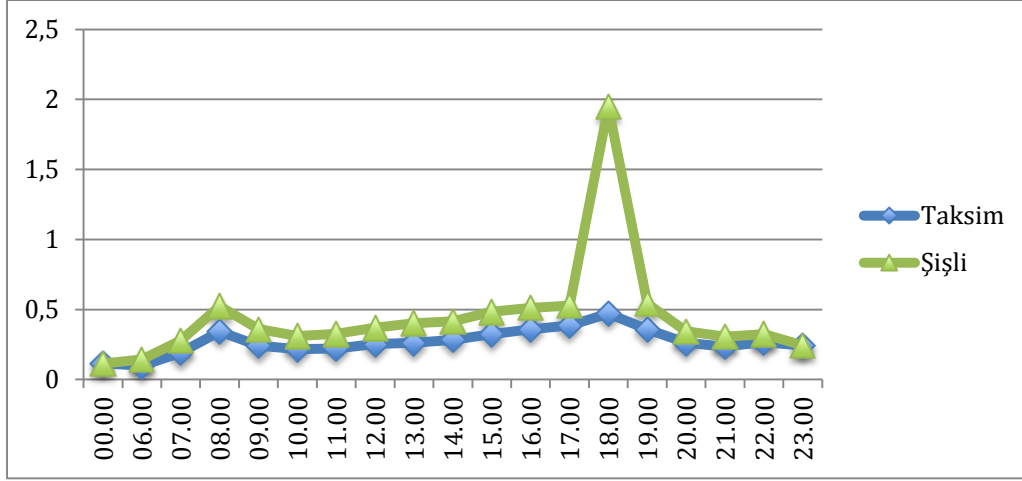
Şekil 4. 16 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için konforsuzluk değerleri (Gidiş).

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’den görüleceği üzere 21 Nisan 2014 Pazartesi günü gidiş ve dönüş yönündeki konforsuzluk değerleri, 7.00-9.00 ve 17.00-20.00 saatleri arasında çok yüksek değerlere sahiptir ve konforsuzluk büyük ölçüde yolcular tarafından hissedilmektedir.

Son olarak metro için yoğunluğu en fazla olan duraklar seçilerek konforsuzluk değerleri, saatte 15 sefer yaptığı kabul edilerek hesaplanmıştır ve Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da grafik olarak gösterilmiştir. Bu çalışma sadece 21 Nisan 2014 Pazartesi günü gidiş ve dönüş yönleri için yapılmıştır. Diğer gündeki durakların konforsuzluk değerlerini EK E’de Şekil E.3 ve Şekil E.4’te bulabilirsiniz.

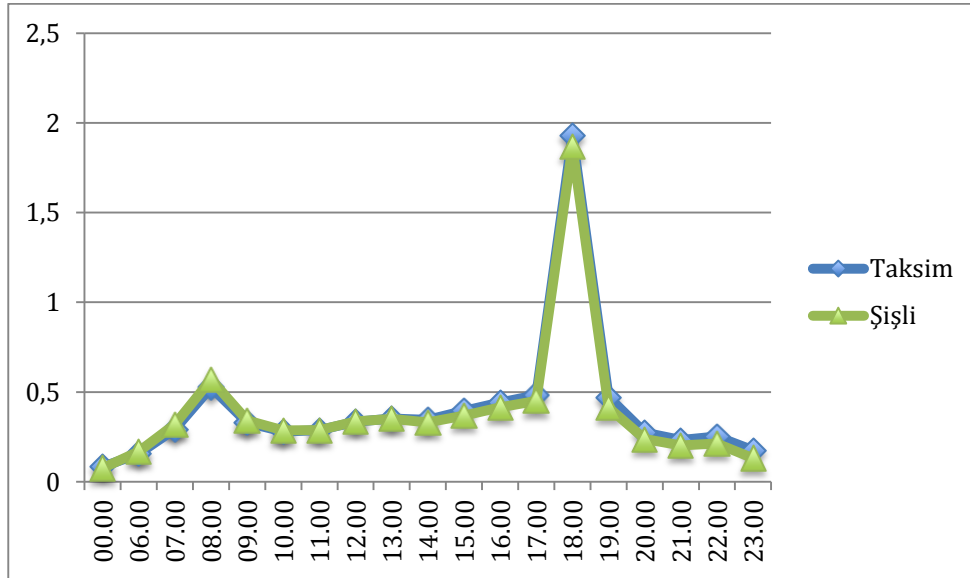


Şekil 4. 17 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için konforsuzluk değerleri (Dönüş).



Şekil 4. 18 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Gidiş).

Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’den görüleceği üzere 21 Nisan Pazartesi’nde her iki yön için, Şişli durağında konforsuzluk değerleri özellikle 17.00-20.00 saatleri arasında çok ciddi bir şekilde artış göstermektedir. Sabah 7.00-9.00 saatleri arasında da konforsuzluk değerleri araç için kapasitenin aşılmasından kaynaklı yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4. 19 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metro için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Dönüş).

4.4 T1 Hattı için Konforsuzluk Değerleri

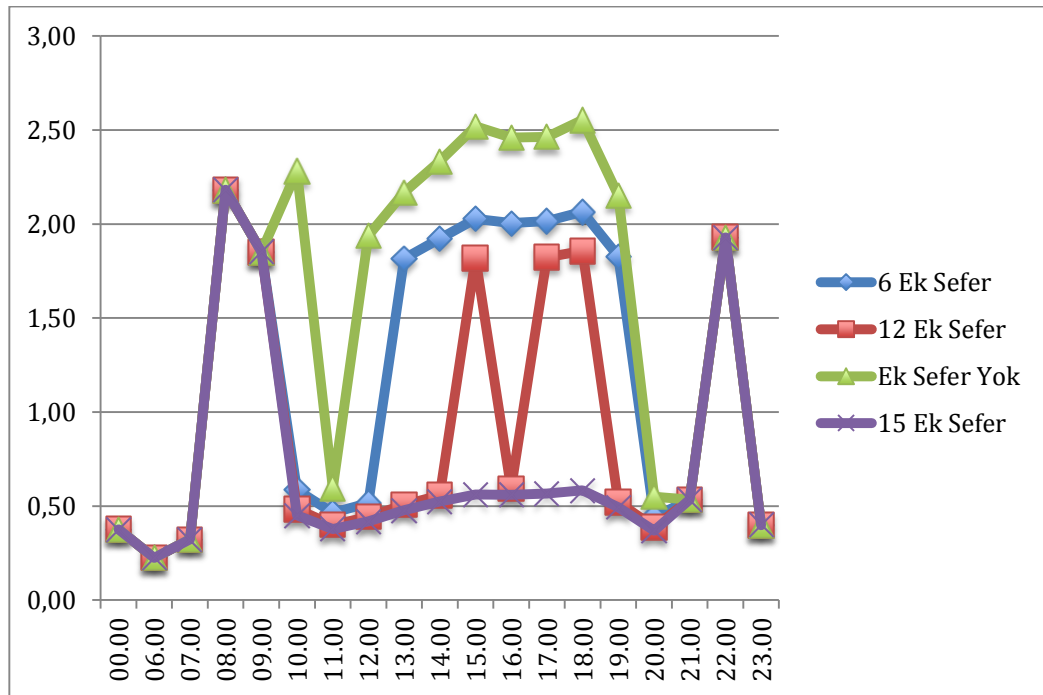
İstanbul Ulaşım A.Ş.’den elde edilen veriler ve anket sonuçları yardımıyla seçilen değişkenler temelinde konforsuzluk fonksiyonu hesaplanmıştır. Bu kapsamda İstanbul Ulaşım A.Ş.’den yıllık olarak alınan duraklardaki her saat başındaki yolcu sayılarının

ve araçların bilinen kapasitelerinin yardımıyla x_{k1}^T (tramvaydaki kalabalık seviyesi) hesaplanmıştır. Konforsuzluk fonksiyonunda kullanmak için İstanbul Ulaşım A.Ş.'den bu hat için şikayet oranları alınmıştır. Bu durumda şikayet oranlarıyla fonksiyona katılacak değişkenler; havalandırma (araç içi havalandırma ve koku), araç içi temizlik, koltuk rahatlığı ve bilgilendirmedir. T1 hattına ait şikayet tipleri, sayıları ve oranları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4. 3 : T1 hattı için şikayet tipleri.

Şikayet Tipleri	Şikayet Sayıları	Şikayet Oranları
Bilgilendirme	444	0,6810
Havalandırma	101	0,1549
Temizlik	29	0,0445
Koltuk rahatlığı	78	0,1196
Toplam	652	1

(2.9) ve (2.10) numaralı fonksiyonlar kullanılarak önceden tanımlanan oranlar ve tanımlanan kalabalık fonksiyonu değerleri de bu fonksiyonda yerine koyularak 20-21 Nisan 2014 Pazar ve Pazartesi günleri için T1 tramvay hattının dört farklı senaryoya göre konforsuzluk değerleri Ek D'de verilmiştir. Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de, EK D'de paylaşılan Çizelge D.4-D.5'deki değerlerinin grafiği sunulmuştur.

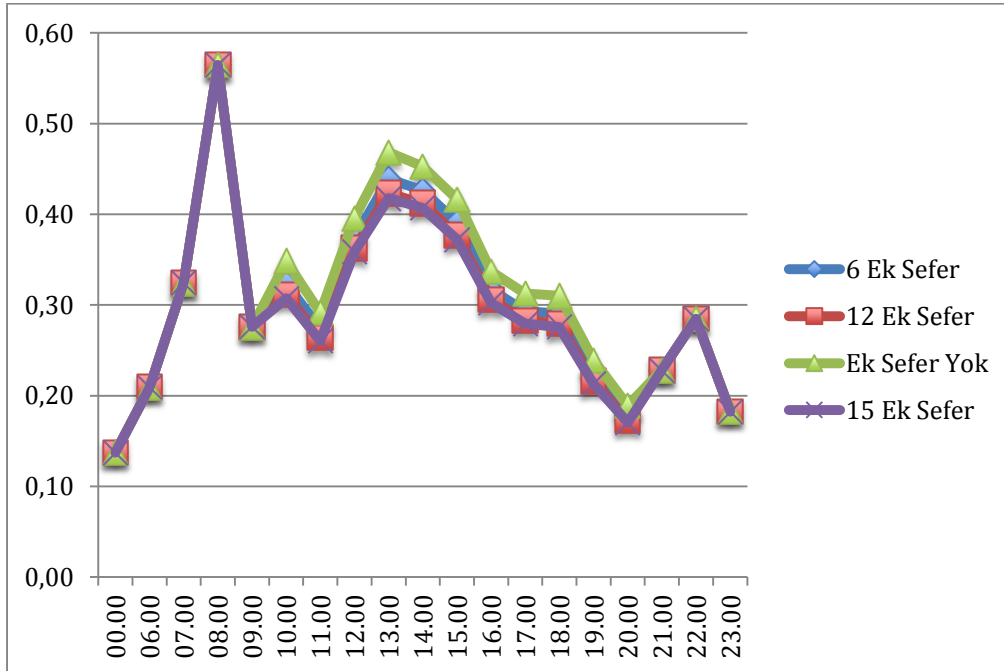


Şekil 4. 20 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Gidiş).

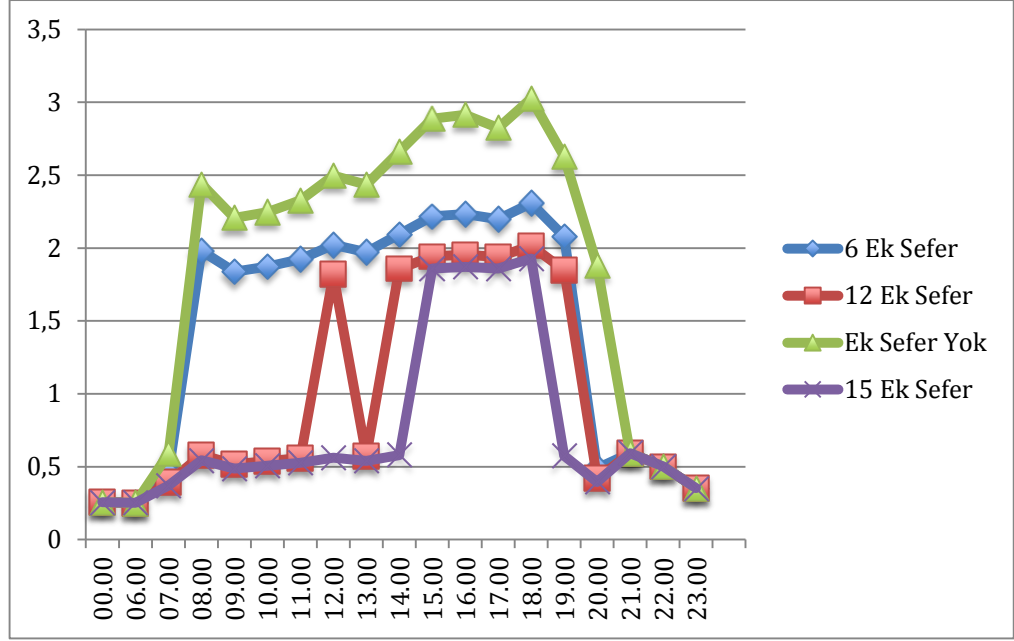
T1 hattı için dört farklı senaryo için hesaplanan konforsuzluk değerleri, ek sefer olmadığı durumda çok daha yüksek değerler almıştır. Şekil 4.20’den de görüleceği üzere gidiş yönü için, 7.00-9.00 saatleri arasında her üç durumda da ciddi artış söz konusudur. Konforsuzluk değerlerinin zirve yaptığı noktalar T1 hattı 12.00-20.00 saatleri arası olduğu da rahatlıkla Şekil 4.20’den görülmektedir. Bu hat için aşırı bir konforsuzluktan bahsetmek mümkündür. Kapasitesinin çok üstünde bir taşıma yaptığı ortadadır.

Şekil 4.21’den görüleceği üzere dönüş yönünde konforsuzluk değerleri her bir ek sefer durumunda farklı seyretmiştir. Ek sefer olmadığı durumda da diğer durumlara nazaran konforsuzluk değerleri yüksek çıkmıştır. Saat 8.00’de konforsuzluk değeri ani bir şekilde artmakla birlikte saat 11.00’dan 14.00’e kadar da her bir durum için zirve değerleri görülmektedir. Daha sonra değerler azalma eğilimindedir.

Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’den görüleceği üzere 21 Nisan 2014 Pazartesi günü gidiş ve dönüş yönündeki konforsuzluk değerleri, gidiş yönü için 7.00-20.00 saatleri arasında ve dönüş yönü için 7.00-10.00 saatleri arasında çok yüksek değerlere sahiptir ve konforsuzluk büyük ölçüde yolcular tarafından hissedilmektedir.

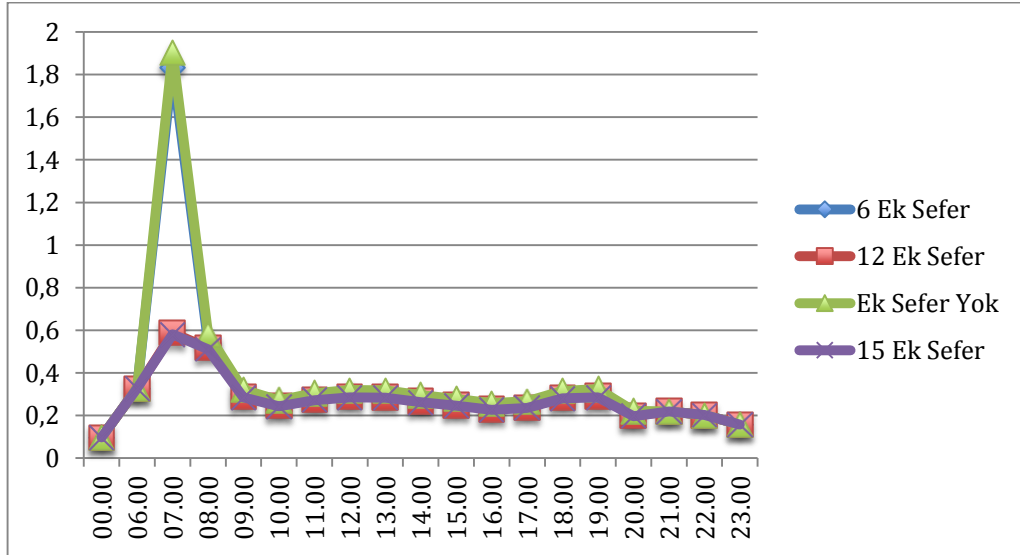


Şekil 4. 21 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Dönüş).



Şekil 4. 22 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Gidiş).

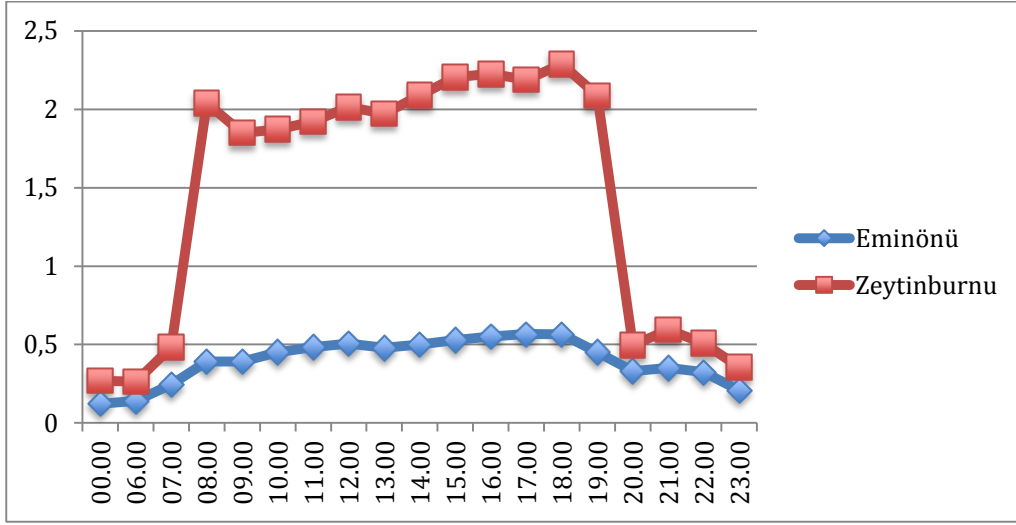
Bu değerler dört farklı senaryo için yapıldığından ek seferlerin ne derece önemli olduğu Şekil 4.22'den anlaşılmaktadır, ama sefer sayılarının da sinyalizasyon gibi kısıtlarının olmasından belli bir seviyeye kadar artırılması söz konusudur.



Şekil 4. 23 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için konforsuzluk değerleri (Dönüş).

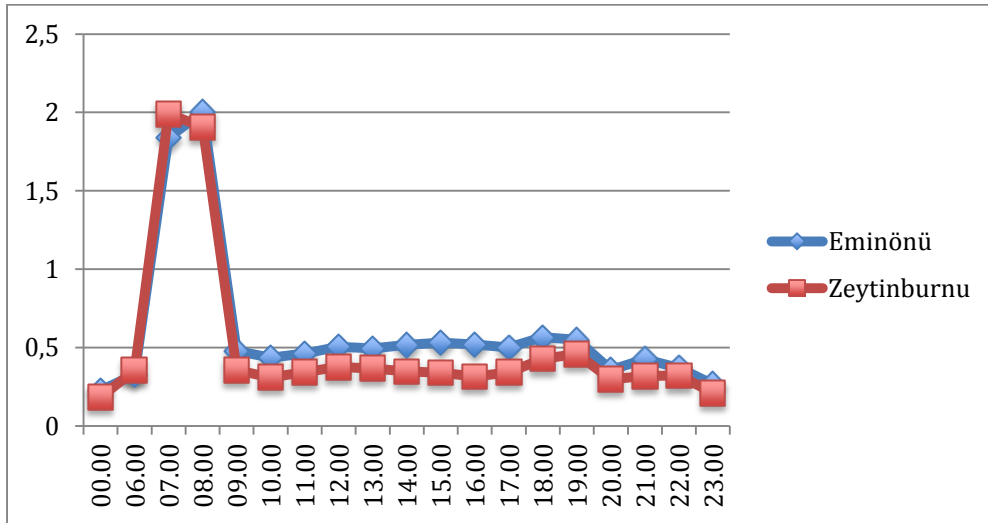
Son olarak tramvay için yoğunluğu en fazla olan duraklar seçilerek konforsuzluk değerleri, saatte 24 sefer yaptığı kabul edilerek hesaplanmıştır ve Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'de grafik olarak gösterilmiştir. Bu grafikler sadece 21 Nisan 2014 Pazartesi günü

gidiş ve dönüş yönleri için yapılmıştır. Diğer gündeki durakların konforsuzluk değerlerini EK E'deki Şekil E.5 ve Şekil E.6'da bulabilirsiniz.



Şekil 4. 24 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Gidiş).

Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'den görüleceği üzere 21 Nisan Pazartesi'nde her iki yön için, Zeytinburnu durağında gidiş yönü için konforsuzluk değerleri özellikle 7.00-20.00 saatleri arasında çok ciddi bir şekilde artış göstermektedir. Şekil 4.25'den görüldüğü üzere, dönüş yönü için Zeytinburnu ve Eminönü durağında sabah 6.00-9.00 saatleri arasında konforsuzluk değerleri araç için kapasitenin aşılmasından kaynaklı yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4. 25 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Tramvay için duraklardaki konforsuzluk değerleri (Dönüş).

5. BULGULARIN YORUMLANMASI

Yapılan anket sonucunda her toplu taşıma tipinde yolculuk konforunda etkili olarak ortaya çıkan faktörler; araçlardaki doluluk seviyesi, havalandırma, koku ve temizlik olarak bulunmuştur. Aynı zamanda 7.00-9.00 ve 17.00-20.00 saatleri arası toplu taşımaya talebin en yoğun olduğu zamanlardır. Metrobüs, M2 metro ve T1 tramvay hatları için konforsuzluk değerleri, bir iş günü, bir de tatil günü olmak üzere seçilen iki örnek tarih için hesaplanmıştır. Özellikle iş günlerinde yukarıda belirtilen zaman aralıklarında bulunan konforsuzluk değerleri her bir hat için en yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Yetkili kurumlardan alınan verilere dayanarak genel olarak tatil günlerinde yoğun saatlerin 13.00-20.00 arasında olduğu söylenebilir.

Metrobüs için konforsuzluk değerleri tatil ve iş günleri için değişkenlik göstermektedir. Pazar günü için çok yoğun saatler 14.00-18.00 olduğundan bu saatler arasında seferler üç farklı senaryoya göre saatte 144, 120 ve 100 olarak varsayılmıştır. Diğer zaman aralıklarında ise gündüz 60 sefer/saat ve gece 6 sefer/saat olduğu varsayılmıştır. Bu bilgiler altında 1. Hat için hesaplanan konforsuzluk değerleri, gidiş-dönüş yönü için araç içi kapasitenin aşılmamasından kaynaklı normal olarak çıkmıştır ama 2. Hat için bu değerler, gidiş yönünde 15.00-18.00 arasında araç içi kapasitenin aşılmamasından kaynaklı aşırı derecede yüksek çıkmıştır. Böylece, 2. Hattın bu zaman aralıklarında konforsuz olduğu sonucu çıkartılabilir. Aynı işlemler Pazartesi günü için yapıldığında ise konforsuzluk değerleri, 1. Hat için gidiş yönüne ve bir önceki güne göre daha yüksek olduğu ve çok yoğun olan saatlerde bu değerlerin zirve değerlere ulaştığı Şekil 4.9'dan görülmektedir. 2. Hattın için konforsuzluk değerleri belirlenen senaryolara göre farklılık göstermektedir ama genel olarak 06.00-09.00 ve 16.00-19.00 saatleri arasında araç içi kapasitenin aşılmamasından kaynaklı konforsuzluk değerleri aşırı yüksektir. Sabah ve akşam saatlerinde arttırılan sefer sayıları, araç içi kapasite aşılmamasını engelleyemeyerek ciddi konforsuzluğa neden olmaktadır. Dönüş yönü için her iki hattın konforsuzluk değerleri göz önüne alındığında, 06.00-08.00 saatleri arasında çok yüksek olup, araç içi dayanılmaz bir konforsuzluk olduğu anlaşılmaktadır.

Duraklar temelinde konforsuzluk değerleri, Avcılar, Şirinevler, Zincirlikuyu ve Cevizlibağ duraklarında en yüksek değerlere sahiptir. Bu duraklardaki yoğunluğun çok olmasının sebebi aktarma noktalarına sahip olmaları ve bir çok metrobüs hattının sıklıkla bu duraklardan geçmesi olabilir. Bu duraklar arasına yoğun saatlerde ek seferler koyulması, bu duraklardaki konforsuzluk değerlerinin düşmesine yardımcı olabilir. Diğer yandan, metrobüs için genel olarak ortaya çıkan sonuç, kapasitesinin çok üstünde yolcu taşınmasıdır. Bu toplu taşıma tipine ek seferler koyulmasının yanında, bu sisteme paralel işleyen ve onun yolcu yükünü azaltan yeni ulaşım tipleri tanımlanmalıdır. Tüm bunlara ek olarak metrobüsün aşamalı olarak raylı sisteme geçirilmesi de etkin bir şekilde yolcu taşınmasına neden olabilir. Otobüslerin yolcu kapasitesine nazaran metro veya tramvayların yolcu kapasiteleri oldukça yüksektir. Bu yolla metrobüsün konforsuzluk seviyeleri düşürölüp, yolcuların daha konforlu yolculuk etmeleri sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmada, M2 metro hattının gidiş yönünün Yenikapı'dan Hacıosman'a olduğu ve ek seferlerin de gidiş yönü olarak Taksim'den Hacıosman'a doğru olduğu varsayılmıştır. Bu hattın konforsuzluk değerleri her iki gün için dikkate alındığında, büyük bir farklılık görünmemektedir. Pazartesi günü konforsuzluk değeri doğal olarak Pazar gününe göre daha yüksek seviyede seyretmektedir. Her iki gün için de konforsuzluk değerleri 0-1 arasında olup araç içi kapasite aşılmamıştır. Bunun en önemli nedeni metrolarının kapasitelerinin çok (704 kişi) ve seferlerinin sık olmasından kaynaklanmasıdır. Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de Pazartesi günü yapılan ek seferler sonucunda da ek sefer olmadığı zamanlardakine benzer değerlere sahip olmaktadır. Duraklar içerisinde Şişli duraklarına gelen araçlarda konforsuzluk değerleri çok yüksek değerlere sahiptir. Bu duraklara gelen araçlarda araç içi doluluk maksimum seviyeye gelip araç kapasitesini aşmaktadır. Bundan dolayı, konforsuzluk değerleri bu duraklarda çok yüksek değerlere sahiptir. Dönüş yönü içinde ayrıca Taksim durağı da konforsuzluğu yüksek olan duraklara eklenmektedir.

T1 hattının hesaplamaları yapılırken gidiş yönü olarak Kabataş'tan Bağcılar'a ve ek seferlerin de gidiş yönü Eminönü'nden Zeytinburnu'na olduğu varsayılmıştır. Pazar günü için ek seferler 10.00-20.00 ve Pazartesi günü için 7.00-21.00 saatleri arasında yapılmaktadır. Bu hattın kalabalık seviyesi diğer hatlara göre değişkenliği yüksek seviyededir. Ek sefer olmadığı zaman konforsuzluk değerleri en yüksek değerlerini almaktadır. Kademeli olarak ekseferler arttırıldığında (6,12 ve 15 ek sefer) bu değerler

de kademeli olarak düşmektedir. Pazar günü için 15 ek sefer olduğu zamanlarda konforsuzluk değerleri en aza inmiştir. Pazartesi gününde gidiş yönünde ise bu durum uygulandığında, 15.00-19.00 saatleri arasında diğer durumlara göre düşmüştür ama hala araç kapasitesinin üstünde yolcu taşınmasından dolayı yüksektir. Dönüş yönünde ise 7.00-9.00 saatleri arasında bu değerler aynı şekilde en yüksek seviyededir. Şekil 4.20 ve Şekil 4.22’de, 15 ek seferin bile 14.00-18.00 saatleri arasında bu hattın konforsuzluk seviyesinin düşmesi için yeterli olmadığı görülmektedir. Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’deki grafikler T1 hattına ait duraklar içerisinde Zeytinburnu ve Eminönü duraklarının konforsuzluk değerlerini göstermektedir. Zeytinburnu durağının konforsuzluk değerleri Eminönü durağına göre çok yüksektir. Bu hattaki konforsuzluk değerlerini düşürmek için daha fazla ek sefer yapılması uygun olabilir.

Genel olarak, uygulama alanında her toplu taşıma tipi için ortak olan bir önemli nokta; duraklardaki saatlik konforsuzluk değerlerinin, normal o hattın saatlik konforsuzluk değerlerine göre daha yüksek çıkmasıdır. Bunun nedeni ise hattın bir saatlik araç içi kalabalık seviyesinin geometrik ortalamasının alınmasıdır. Yani her durak için hesaplanan araç içi kalabalık seviyesi alınarak geometrik ortalaması hesaplanıp tanımlanan konforsuzluk fonksiyonunda yerine koyulmuştur. Diğer bir yandan, duraklar için hesaplanan araç içi kalabalık seviyesi belirlenen saatteki değeri alınarak bu fonksiyonda yerine koyulmuştur. Duraklar temelinde araç içi kalabalık seviyesi 1’i aştığında konforsuzluk üssel olarak artmaktadır. Ama araç içi kalabalık seviyesi genel olarak alındığında geometrik ortalamanın tanımından çoğu zaman 1’i aşmamaktadır, yani alınan durakların içerisinde araç içi kalabalık seviyesi 1’i aştığı durakların değerleri kaybolarak, genel olarak araç içi kalabalık seviyesi 1’in altında kalmaktadır. Bu da konforsuzluk değerleri yüksek olan durakların da ortalamadan kaynaklı olarak konforsuzluk değeri düşük çıkmıştır.

Sonuç olarak seçilen tarihlerde konforsuzluk değerleri belli bir değişkenliğe sahiptir. Bazı zaman aralıklarında düşük değerlere sahip olurken bazı zaman aralıklarında da çok yüksek değerlere sahiptir. Konforsuzluk değerlerin yüksekliğinin sebebi tanımlanan parçalı fonksiyondan araç içindeki kalabalık seviyesinin kapasiteyi aşması durumunda konforsuzluğun üssel olarak ifade edilmesinden kaynaklanmaktadır. Haftaiçi günleri için 10.00-17.00 arası yoğun olmayan saatler olarak bilinmektedir ve bu saatler arasında yetkili kuruluş tarafından sefer sıklıkları yoğun saatlere göre düşürülmektedir. Dolayısıyla, bu saatler arasında araç içi kalabalık seviyesi sefer

sıklıklarının azlığından artmaktadır. Aynı zamanda 7.00-9.00 ve 17.00-20.00 saatleri arasında da toplu taşımaya talep arttığından ek seferler konulmaktadır. Bu durumda, araç içi kalabalık seviyesi düşürülerek konforlu yolculuk edinmesi hedeflenmektedir. Yoğun saatlerde sefer sayılarının artırılması araç içi kalabalık seviyesini düşürmede önemli bir etkidir, ama zaten hali hazırda metrobüs, metro ve tramvay hatları için yapılabilecek en sık seferler yapılmaktadır. Bu çalışma, özellikle metrobüs hattına talebin çok olması nedeni onun alternatifi olmamasındandır. Yeni yatırımlarla birlikte metrobüse alternatif ve ona paralel toplu taşıma hatları tanımlanmalı ve uygulanmalıdır. T1 hattı için tamamen trafikten arındırılmış bir hat olarak yeniden tasarlanması gerekmektedir. Trafikğin yoğun olduğu Sirkeci ve Bağcılar tarafında T1 hattı araç trafiğinden olumsuz etkilenmektedir ve seferlerinde aksamalar olmaktadır. Dolayısıyla duraklarda birikmeler ve yığılmalar olmaktadır. M2 hattı için ek seferlerin yanında yoğun olan saatlerde 8'li vagon gönderilmesi kalabalık seviyesini azaltarak daha konforlu yolculuk edilmesine yardımcı olabilir. Yetkililerden alınan bilgilere göre, sinyalizasyon sıkıntısı olduğundan sefer sıklıkları 3.5 dakikanın altına inmemektedir. Bu yüzden araç kapasitesi vagon eklenerek artırılarak konforsuzluk değerleri azaltılabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geliştirilen konforsuzluk fonksiyonu, ilgili kurumlardan alınan veriler kullanılarak Metrobüs, M2 metro ve T1 tramvay hattı için ayrı bir fonksiyon yardımıyla hesaplanan kalabalık seviyesini ve ilgili toplu taşıma tipi için şikayet oranları dikkate alınarak değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, bu fonksiyonun içerisinde bulunan ağırlıkları da İETT ve İstanbul Ulaşım A.Ş. 'deki yetkililerden alınan uzman görüşleri sayesinde AHP yöntemiyle hesaplanmıştır. Raylı sistemler'den M2 için üç ve T1 için dört senaryo göz önüne alınarak farklı konforsuzluk değerleri hesaplanmıştır. Bulgular kısmında bu sonuçlar paylaşılmıştır. Bu çalışmanın en büyük kısıtı, inen yolcuların hiç bir toplu taşıma tipi için bilinmemesidir. Bu sorunu aşabilmek için araç içi yolcu sayısını tahmin eden bir (2.3) ve (2.4) fonksiyonları geliştirilmiştir. Çalışmamız, toplu taşıma tiplerinden uygulanan hatların, tanımlanan fonksiyonlar çerçevesinde konforlu olup olmadığını vermektedir. Toplu taşıma araçlarının konforlarını, yolculuk konforunu etkileyen birçok faktörü dikkate alarak değerlendirilmiştir. Akademik çalışmalar için İstanbul'a özgü bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu tür çalışmaların toplu taşımanın geliştirilmesine, çekiciliğinin artırılmasına ve akademik çalışmalara katkı sağlanması için sürekli olarak yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada her hat için elde edilen konforsuzluk değerleri, gelecek çalışmalarda toplu taşıma mod seçimi için çok kriterli bir matematiksel model tanımı içinde kullanılabilir. Literatürde var olan çoğu mod seçim modelleri ulaşım ücreti, seyahat süresi ve bekleme zamanları gibi değişkenleri içermektedir. Fakat günümüzde, toplu taşıma seçiminde yolcuların değerlendirdiği kriterlere, özellikle toplu taşımada artan kalabalık sebebiyle konfor faktörü de eklenmektedir. Bu kapsamda konfor değerlerini de içeren bir mod seçimi modeli oluşturulmasının yolcuların kararlarını daha iyi şekilde yansıtılacağı düşünülmektedir. Yani bir sonraki çalışmada oluşturulacak matematiksel modelin amaç fonksiyonu yolculuk süresi ve aktarma zamanlarının yanı sıra, tahmin edilen konforsuzluk seviyelerini de içerebilir. Yapılacak olan çalışmalarda, başlangıçtan varış noktasına kadar giden bütün rota alternatifleri için modelin kriterleri olan yolculuk süreleri, aktarma zamanları ve konforsuzluk

değerlerini kullanarak yolcuların en kısa sürede ve en konforlu şekilde yolculuk etmesini sağlayacak bir ağ planlama sistemi tanımlanabilir.

Bu çalışmada pilot bölge olarak İstanbul seçilmiş ve sadece buradaki toplu taşıma tipleri için konforsuzluk değerleri hesaplanmıştır. Türkiye’deki diğer şehirlerin toplu taşıma tiplerinin konforsuzluk değerlerinin hesaplanması daha sonra ayrı bir çalışma olarak yapılacaktır. Bu yapılacak çalışmada Türkiye’deki şehirlerin toplu taşımalarının konforsuzluk değerleriyle birbirlerinin kıyaslanması sağlanacaktır. Aynı şekilde yapılacak olan başka bir projede de dünyanın önemli metropol şehirlerinin ilgili verileri elde edilerek, o şehirlerin toplu taşıma hatlarının konforsuzluk değerleri hesaplanarak İstanbul’un dünyadaki önde gelen metropol şehirleriyle toplu taşıma konforunun kıyaslanması sağlanacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Andaleep, S. S., Haq, M., & Ahmed, R. I.** (2007). Reforming Innercity Bus Transportation in a Developing Country: A Passenger-Driven Model. *Journal of Public Transportation*, 10, 1-25.
- Barabino, B., Deiana, E., & Tilocco, P.** (2012). Measuring service quality in urban bus transport: a modified Servqual approach. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 4, 238-252.
- Bodini, I., Lancini, M., Pasinetti, S., & Vetturi, D.** (2013). Techniques for on-board vibrational passenger comfort monitoring in public transport. *12th IMEKO TC10 Workshop on Technical Diagnostics*, (pp. 118-123). Florence.
- Cantwell, M., Caulfield, B., & O'Mahony, M.** (2009). Examining the Factors that Impact Public Transport Commuting Satisfaction. *Journal of Public Transportation*, 1-21.
- Castellanos, J. C., & Fruett, F.** (2013). Embedded system to evaluate the passenger comfort in public transportation based on dynamical vehicle behavior with user's feedback. *Measurement*, 47, 442-451.
- Eboli, L., & Mazzulla, G.** (2009). A New Customer Satisfaction Index for Evaluating Transit Service Quality. *Journal of Public Transportation*, 12, 21-37.
- Edvardson, B.** (1998). Causes of customer dissatisfaction-studies of public transport by the critical-incident method. *Journal of Service Theory and Practice*, 8, 189-197.
- George, T. K., Gadhia, H. M., Sukumar, R. S., & Cabibihan, J.-J.** (2013). Sensing discomfort of standing passengers in public rail transportation systems using a smart phone . *10th IEEE International Conference on Control and Automation*, (pp. 1509-1513).
- Lin, C.-Y., Chen, L.-J., Chen, Y.-Y., & Lee, W.-C.** (2010). A Comfort Measuring System for Public Transportation Systems Using Participatory Phone Sensing. *Proceedings of PhoneSense*, Zurich, Switzerland, 2010.
- Palma, A. d., Kilani, M., & Proost, S.** (2014). Discomfort in mass transit and its implication for scheduling and pricing . *Transportation Research Part B*, 1-18.
- Qin, F.** (2014). Investigating the In-Vehicle Crowding Cost Functions for Public Transit Modes. *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, 1-13.
- Shin, D., Aliaga, D., Tunçer, B., Arisona, S. M., Kim, S., Zünd, D., et al.** (2014). Urban sensing: Using smartphones for transportation mode classification. *Computers, Environment and Urban Systems*, 1-11.
- Stratejik Planma ve Hizmet Geliştirme Şefliği Kalite ve Kurumsal Gelişim Müdürlüğü.** (2014). *M2 Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı Yolcu Memnuniyeti Araştırması Sonuç Raporu*. İstanbul: İstanbul Ulaşım A.Ş.

- Stratejik Planma ve Hizmet Geliştirme Şefliği Kalite ve Kurumsal Gelişim Müdürlüğü.** (2014). *T1 Bağcılar-Kabataş Tramvay Hattı Yolcu Memnuniyeti Araştırması Sonuç Raporu*. İstanbul: İstanbul Ulaşım A.Ş.
- Suzuki, H.** (1997). Research trends on riding comfort evaluation in Japan. *Proc Institution Mechanical Engineers* , 61-72.
- Tirachini, A., Hensher, D. A., & Rose, J. M.** (2013). Crowding in public transport systems: Effects on users, operation and implications for estimation of demand. *Transportation Research Part A Policy and Practice Journal Impact Factor & Information*, 36-52.
- Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.** (2014). *Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) ve Eki Eylem Planı (2014-2016)*. Ankara: UDHB.
- Wahlberb, A.** (2006). Short-term effects of training in economical driving: Passenger comfort and driver acceleration behavior. *International Journal of Industrial Ergonomics* , 36, 151-163.
- Wardman, M.** (2014). *Valuing Convenience in Public Transport*. International Transport Forum. OECD.
- Wener, R., Evans, G., & Boatley, P.** (2005). Commuting Stress: Psychological effects of a trip and spillover into the workplace. *Transportation Research Board* , 112-117.
- Winston, W. L.** (2004). *Operation Research Application and Algorithms*. Canada: Thomson Learning Inc.
- Yaliniz, P., Bilgic, S., Vitosoglu, Y., & Turan, C.** (2011). Evaluation of urban public transportation efficiency in Kutahya. *Procedia Social and Behavirol Sciences* , 885-895.
- Url-1** < http://www.ito.org.tr/wps/portal/arastirma-uygulama?WCM_GLOBAL_CONTEXT=arastirma-uygulama-sorunlar>, (2015).
- Url-2** < <http://godandus.blogcu.com/dunden-bu-gune-istanbul-un-nufusu/9051114>>, (2015).
- Url-3** < <http://www.nufusu.com/il/istanbul-nufusu> >, (2015).
- Url-4** < <http://www.iett.gov.tr/tr/main/pages/istanbulda-toplu-tasima/95>>, (2015).
- Url-5** < http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.553fa808079b25.10814705>, (2015).
- Url-6** < <http://www.transportbenchmarks.eu/groups/documents/MEETING2-EN13816.pdf>>, (2015).
- Url-7** < <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073101089070107054098049090122116111>>, (2015).
- Url 8-** < http://www.nbrti.org/docs/pdf/2006_brt_compendium.pdf >, (2015)
- Url-9** < <http://www.tasimadunyasi.com/kentici-belediye/uc-sehirde-gunluk-10-milyon-yolcu-seyahat-ediyor-h1709.html> >, (2015).
- Url-10** < <http://web.itu.edu.tr/oguts/Turkiye%20rayli.PDF> >, (2015).

EKLER

EK A- Demografik Özellikler

Çizelge A. 1 : Demografik özellikler.

Yaş Aralığı	Frekans	Yüzde
12-18	7	4,49%
19-25	72	46,15%
26-35	58	37,18%
36-45	11	7,05%
46-55	3	1,92%
56-65	0	0,00%
65+	5	3,21%
Diğer	0	0,00%
Toplam	156	100,00%
Cinsiyet		
Kadın	88	56,41%
Erkek	68	43,59%
Toplam	156	100,00%
Otomobil Sahipliği		
Evet	44	28,21%
Hayır	112	71,79%
Toplam	156	100,00%
Çalışma Durumu		
Öğrenci	62	39,74%
Çalışan(ücretli)	77	49,36%
Çalışan(serbest)	10	6,41%
Emekli	2	1,28%
Çalışmayan	5	3,21%
Diğer	0	0,00%
Toplam	156	100,00%
Aylık Net Gelir		
1000 TL ve altı	47	30,13%
1001-2500 TL	45	28,85%
2501-4000 TL	36	23,08%
4001-5500 TL	12	7,69%
5501-7000 TL	6	3,85%
7001 TL ve üstü	4	2,56%
Diğer	6	3,85%
Toplam	156	100,00%

EK B: İnme Olasılıkları

21 Nisan 2014'teki yolcu sayıları temel alınarak her bir toplu taşıma tipi için inme yüzdeleri paylaşılmıştır. Her bir toplu taşıma için ilk duraklarda Dönüş yönünde gelenlerin hepsi indiği varsayıldığından inme olasılığı 1 olarak yazılmıştır, aynı zamanda son duraklarda da Geliş yönüne gidenlerin hepsinin bu duraklarda indiği varsayıldığından bu durakların da inme olasılığı 1 olarak yazılmıştır. İlk ve son duraklar göz ardı edilerek aradaki durakların 21 Nisan 2014'teki yolcu sayıları toplanıp normalize edilerek inme yüzdeleri bulunmuştur. Burada temel varsayım, bir duraktan binenler kadar kişi inecek olmasıdır. Aşağıdaki çizelgelerden her bir toplu taşıma tipi için inme yüzdelerini görebilirsiniz.

Çizelge B. 1 : Metrobüs hattı için inme olasılıkları.

Metrobüs 1.Hattı	Toplam Yolcu Sayısı	İnme Olasılıkları
1. Söğütluçeşme	37597	0(Gidiş), 1(Dönüş)
2. Fikirtepe	4573	0,01372
3. Uzunçayır	46775	0,14031
4. Acıbadem	7521	0,02256
5. Altunizade	18023	0,05406
6. Burhaniye	483	0,00145
7. Boğaz Köprüsü	8311	0,02493
8. Zincirlikuyu	76156	0,22845
9. Mecidiyeköy	57225	0,17166
10. Çağlayan	17494	0,05248
11. Okmeydanı	9346	0,02804
Hastane		
12. Darülaceze	14813	0,04444
Perpa		
13. Okmeydanı	6832	0,02049
14. Halıcıoğlu	9002	0,02700
15. Ayvansaray	10731	0,03219
Eyüp Sultan		
16. Edirnekapi	28760	0,08627
17. Bayrampaşa	13077	0,03923
Maltepe		
18. Topkapı	4237	0,01271
19. Cevizlibağ	40074	1(Gidiş), 0(Dönüş)
Toplam	333359	
Metrobüs 2. Hattı	Toplam Yolcu Sayısı	İnme Olasılıkları
1. Cevizlibağ	40074	0(Gidiş), 1(Dönüş)
2. Merter	12152	0,03392
3. Zeytinburnu	26952	0,07523
4. İncirli	23320	0,06509
5. Bahçelievler	21796	0,06083
6. Şirinevler	41743	0,11651

Çizelge B. 1 devamı: Metrobüs hattı için inme olasılıkları.

7. Yenibosna	26544	0,07409
8. Sefaköy	23431	0,06540
9. Beşyol	18022	0,05030
10. Florya	5841	0,01630
11. Cennet Mahallesi	12233	0,03414
12. Küçükçekmece	5773	0,01611
13. İBB Sosyal Tesisler	6571	0,01834
14. Şükrübey	11598	0,03237
15. Avcılar	34863	0,09731
Mrk.Ünv.Kamp.		
16. Cihangir	9116	0,02544
Üniversite Mah.		
17. Mustafa Kemal Paşa	10840	0,03026
18. Saadetdere Mahallesi	4635	0,01294
19. Haramidere	7085	0,01977
Sanayi Sitesi		
20. Haramidere	6533	0,01823
21. Güzelyurt	6214	0,01734
22. Beylikdüzü	15081	0,04209
23. Beylikdüzü Belediyesi	8936	0,02494
24. Cumhuriyet Mahallesi	6430	0,01795
25. Hadımköy	12572	0,03509
26. Beylikdüzü	15147	1(Gidiş), 0(Dönüş)
Sondurak		
Toplam	358281	

Çizelge B. 2 : M2 metro hattı için inme olasılıkları.

M2 Metro Hattı	Toplam Yolcu Sayısı	İnme Olasılıkları
1-Yenikapı	19125	0(Gidiş), 1(Dönüş)
2-Vezneciler	9663	0,03087
3-Haliç	5684	0,01816
4-Şişhane	17179	0,05489
5-Taksim M2	39844	0,12731
6-Osmanbey	46093	0,14727
7-Şişli	62411	0,19941
8-Gayrettepe	24794	0,07922
9-Levent	31659	0,10116
10-4.Levent	28037	0,08958
11-Sanayi Mah.	9749	0,03115
12-İTÜ	23737	0,07584
13-Atatürk Oto Sanayi	8674	0,02771

Çizelge B. 2 devamı : M2 metro hattı için inme olasılıkları.

14-Darüşşafaka	5449	0,01741
15-Haciosman	15374	1(Gidiş), 0(Dönüş)
Toplam	312973	

Çizelge B. 3 : T1 tramvay hattı için inme olasılıkları.

T1 Tramvay Hattı	Toplam Yolcu Sayısı	İnme Olasılıkları
1-Kabataş T1	26095	0(Gidiş), 1(Dönüş)
2-Fındıklı	1708	0,00648
3-Tophane	4700	0,01782
4-Karaköy	14820	0,05619
5-Eminönü	25379	0,09622
6-Sirkeci	11194	0,04244
7-Gülhane	7850	0,02976
8-Sultanahmet	20000	0,07583
9-Çemberlitaş	4951	0,01877
10-Beyazıt	12953	0,04911
11-Laleli	6414	0,02432
12-Aksaray T1	15642	0,05930
13-Yusufpaşa	12235	0,04639
14-Haseki	2695	0,01022
15-Fındıkzade	7024	0,02663
16-Çapa	8934	0,03387
17-Pazartekke	4301	0,01631
18-Topkapı T1	11204	0,04248
19-Atatürk Öğrenci Yurdu	14706	0,05576
20-Merkezefendi	4302	0,01631
21-Akşemsettin	9429	0,03575
22-Mithatpaşa	4631	0,01756
23-Zeytinburnu T1	27453	0,10408
24-MehmetAkif	2088	0,00792
25-Merter Tekstil Merkezi	1498	0,00568
26-Güngören	9840	0,03731
27-Akıncılar	3736	0,01416
28-Soğanlı	6884	0,02610
29-Yavuzselim	4443	0,01684
30-Güneştepe	2746	0,01041
31-Bağcılar	12060	1(Gidiş), 0(Dönüş)
Toplam	263760	

EK C- Kıyaslama Matrisleri

Çizelge C. 1 : Metrobüs hattı için kıyaslama matrisi.

İkili Kıyaslama Çizelgesi	Araç içi doluluk	Araç içi havalandırma	Metrobüs fiziki durum	Araç içi anons	Araç arızası	Araç içi temizlik	Metrobüs yön bilgilendirme
Araç içi doluluk	1	3	5	6	7	4	6
Araç içi havalandırma	0,33	1	3	4	5	3	4
Metrobüs fiziki durum	0,2	0,33333	1	2	3	0,5	2
Araç içi anons	0,166666667	0,25	0,5	1	3	0,33333	1
Araç arızası	0,142857143	0,2	0,33333	0,33333	1	0,25	0,5
Araç içi temizlik	0,25	0,33333	2	3	4	1	3
Metrobüs yön bilgilendirme	0,166666667	0,25	0,5	1	2	0,33333	1

Çizelge C. 2 : M2 hattı için kıyaslama matrisi.

İkili Kıyaslama Çizelgesi	Araç içi doluluk	Araç içi havalandırma	Bilgilendirme	Koltuk rahatlığı	Araç içi temizlik
Araç içi doluluk	1	7	5	7	3
Araç içi havalandırma	0,142857143	1	5	3	1
Bilgilendirme	0,2	0,2	1	0,333333333	0,2
Koltuk rahatlığı	0,142857143	0,333333333	3	1	0,333333333
Araç içi temizlik	0,333333333	1	5	3	1

Çizelge C. 3 : T1 hattı için kıyaslama matrisi.

İkili Kıyaslama Çizelgesi	Araç içi doluluk	Araç içi havalandırma	Bilgilendirme	Koltuk rahatlığı	Araç içi temizlik
Araç içi doluluk	1	3	7	9	5
Araç içi havalandırma	0,33	1	5	5	3
Bilgilendirme	0,142857143	0,2	1	0,333333333	0,2
Koltuk rahatlığı	0,111111111	0,2	3	1	0,333333333
Araç içi temizlik	0,2	0,333333333	5	3	1

Ek D- Konforsuzluk Çizelgeleri

Çizelge D. 1 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüs için konforsuzluk değerleri.

1. Hat (Saat)	Yön	144 sefer	120 sefer	100 sefer
00.00	Giden	0,39981	0,39981	0,39981
01.00	Giden	0,37496	0,37496	0,37496
02.00	Giden	0,29249	0,29249	0,29249
03.00	Giden	0,22605	0,22605	0,22605
04.00	Giden	0,20715	0,20715	0,20715
05.00	Giden	0,20752	0,20752	0,20752
06.00	Giden	0,18257	0,18257	0,18257
07.00	Giden	0,22523	0,22523	0,22523
08.00	Giden	0,25893	0,25893	0,25893
09.00	Giden	0,26548	0,26548	0,26548
10.00	Giden	0,28707	0,28707	0,28707
11.00	Giden	0,30024	0,30024	0,30024
12.00	Giden	0,27844	0,29466	0,31551
13.00	Giden	0,28247	0,29920	0,32070
14.00	Giden	0,28526	0,30234	0,32428
15.00	Giden	0,29873	0,31748	0,34159
16.00	Giden	0,29910	0,31791	0,34208
17.00	Giden	0,31122	0,33153	0,35765
18.00	Giden	0,25902	0,28108	0,30756
19.00	Giden	0,24631	0,26583	0,28926
20.00	Giden	0,33498	0,33498	0,33498
21.00	Giden	0,34943	0,34943	0,34943
22.00	Giden	0,31382	0,31382	0,31382
23.00	Giden	0,23073	0,23073	0,23073
00.00	Dönen	0,33967	0,33967	0,33967
01.00	Dönen	0,24816	0,24816	0,24816
02.00	Dönen	0,22892	0,22892	0,22892
03.00	Dönen	0,19266	0,19266	0,19266
04.00	Dönen	0,18949	0,18949	0,18949
05.00	Dönen	0,20655	0,20655	0,20655
06.00	Dönen	0,20615	0,20615	0,20615
07.00	Dönen	0,27959	0,27959	0,27959
08.00	Dönen	0,38911	0,38911	0,38911
09.00	Dönen	0,31058	0,31058	0,31058
10.00	Dönen	0,37357	0,37357	0,37357
11.00	Dönen	0,37022	0,37022	0,37022
12.00	Dönen	0,35044	0,37566	0,40808
13.00	Dönen	0,37413	0,40231	0,43854
14.00	Dönen	0,35775	0,38388	0,41748
15.00	Dönen	0,36791	0,39531	0,43054
16.00	Dönen	0,35845	0,38467	0,41838
17.00	Dönen	0,36630	0,39350	0,42847
18.00	Dönen	0,29235	0,32108	0,35555
19.00	Dönen	0,26125	0,28376	0,31078
20.00	Dönen	0,34374	0,34374	0,34374
21.00	Dönen	0,33976	0,33976	0,33976
22.00	Dönen	0,33151	0,33151	0,33151
23.00	Dönen	0,22814	0,22814	0,22814
2. Hat (Saat)	Yön	144 sefer	120 sefer	100 sefer
00.00	Giden	0,40380	0,40380	0,40380
01.00	Giden	0,31561	0,31561	0,31561

Çizelge D. 1 devamı : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüs için konforsuzluk değerleri.

02.00	Giden	0,32099	0,32099	0,32099
03.00	Giden	0,22964	0,22964	0,22964
04.00	Giden	0,21807	0,21807	0,21807
05.00	Giden	0,24225	0,24225	0,24225
06.00	Giden	0,22369	0,22369	0,22369
07.00	Giden	0,31743	0,31743	0,31743
08.00	Giden	0,43661	0,43661	0,43661
09.00	Giden	0,37829	0,37829	0,37829
10.00	Giden	0,49694	0,49694	0,49694
11.00	Giden	0,46369	0,46369	0,46369
12.00	Giden	0,42238	0,45659	0,50058
13.00	Giden	0,45952	0,49837	0,54832
14.00	Giden	0,46125	0,50032	0,55056
15.00	Giden	0,49713	0,54068	1,81608
16.00	Giden	0,46382	0,50321	0,55386
17.00	Giden	0,48364	0,52551	1,78486
18.00	Giden	0,36727	0,41099	0,46344
19.00	Giden	0,32022	0,35453	0,39569
20.00	Giden	0,46245	0,46245	0,46245
21.00	Giden	0,47350	0,47350	0,47350
22.00	Giden	0,45542	0,45542	0,45542
23.00	Giden	0,28537	0,28537	0,28537
00.00	Dönen	0,17375	0,17375	0,17375
01.00	Dönen	0,16652	0,16652	0,16652
02.00	Dönen	0,16353	0,16353	0,16353
03.00	Dönen	0,15299	0,15299	0,15299
04.00	Dönen	0,15657	0,15657	0,15657
05.00	Dönen	0,17363	0,17363	0,17363
06.00	Dönen	0,18628	0,18628	0,18628
07.00	Dönen	0,23187	0,23187	0,23187
08.00	Dönen	0,35419	0,35419	0,35419
09.00	Dönen	0,24745	0,24745	0,24745
10.00	Dönen	0,28856	0,28856	0,28856
11.00	Dönen	0,30568	0,30568	0,30568
12.00	Dönen	0,30042	0,31938	0,34376
13.00	Dönen	0,30526	0,32483	0,34999
14.00	Dönen	0,27605	0,29197	0,31244
15.00	Dönen	0,27399	0,28965	0,30979
16.00	Dönen	0,27175	0,28713	0,30691
17.00	Dönen	0,27931	0,29564	0,31663
18.00	Dönen	0,23349	0,25045	0,27080
19.00	Dönen	0,20907	0,22115	0,23564
20.00	Dönen	0,24938	0,24938	0,24938
21.00	Dönen	0,24835	0,24835	0,24835
22.00	Dönen	0,22641	0,22641	0,22641
23.00	Dönen	0,18119	0,18119	0,18119

Çizelge D. 2 : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüs için konforsuzluk değerleri.

1. Hat (Saat)	Yön	144 sefer	120 sefer	100 sefer
00.00	Giden	0,42868	0,42868	0,42868
01.00	Giden	0,23368	0,23368	0,23368
02.00	Giden	0,18658	0,18658	0,18658
03.00	Giden	0,17554	0,17554	0,17554
04.00	Giden	0,17269	0,17269	0,17269
05.00	Giden	0,20963	0,20963	0,20963
06.00	Giden	0,49720	0,49720	0,49720
07.00	Giden	0,35283	0,39365	0,44265
08.00	Giden	0,38952	0,43769	0,49548
09.00	Giden	0,37234	0,40030	0,43624
10.00	Giden	0,30292	0,32220	0,34699
11.00	Giden	0,28967	0,30729	0,32995
12.00	Giden	0,29704	0,31559	0,33943
13.00	Giden	0,28734	0,30468	0,32696
14.00	Giden	0,28499	0,30203	0,32393
15.00	Giden	0,30905	0,32909	0,35487
16.00	Giden	0,33785	0,36150	0,39190
17.00	Giden	0,39746	0,42855	0,46853
18.00	Giden	0,35079	0,39121	0,43971
19.00	Giden	0,29866	0,32865	0,36464
20.00	Giden	0,30477	0,32428	0,34936
21.00	Giden	0,32185	0,32185	0,32185
22.00	Giden	0,27978	0,27978	0,27978
23.00	Giden	0,21569	0,21569	0,21569
00.00	Dönen	0,34234	0,34234	0,34234
01.00	Dönen	0,19756	0,19756	0,19756
02.00	Dönen	0,16955	0,16955	0,16955
03.00	Dönen	0,16531	0,16531	0,16531
04.00	Dönen	0,16440	0,16440	0,16440
05.00	Dönen	0,26984	0,26984	0,26984
06.00	Dönen	1,92286	1,92286	1,92286
07.00	Dönen	0,38277	0,42959	0,48576
08.00	Dönen	0,39529	0,44461	0,50380
09.00	Dönen	0,37852	0,40724	0,44418
10.00	Dönen	0,32210	0,34378	0,37165
11.00	Dönen	0,32558	0,34770	0,37612
12.00	Dönen	0,34421	0,36865	0,40007
13.00	Dönen	0,33722	0,36079	0,39109
14.00	Dönen	0,33730	0,36087	0,39119
15.00	Dönen	0,36218	0,38887	0,42318
16.00	Dönen	0,40524	0,43730	0,47853
17.00	Dönen	0,45869	0,49744	0,54726
18.00	Dönen	0,40537	0,45670	0,51830
19.00	Dönen	0,35490	0,39614	0,44563
20.00	Dönen	0,34781	0,37270	0,40470
21.00	Dönen	0,34451	0,34451	0,34451
22.00	Dönen	0,29109	0,29109	0,29109
23.00	Dönen	0,21607	0,21607	0,21607
2. Hat (Saat)	Yön	144 sefer	120 sefer	100 sefer
00.00	Giden	0,53828	0,53828	0,53828
01.00	Giden	0,24134	0,24134	0,24134
02.00	Giden	0,19274	0,19274	0,19274
03.00	Giden	0,18169	0,18169	0,18169
04.00	Giden	0,17649	0,17649	0,17649
05.00	Giden	0,29101	0,29101	0,29101
06.00	Giden	2,16456	2,16456	2,16456

Çizelge D. 2 devamı : 21 Nisan 2014 Pazartesi günü Metrobüs için konforsuzluk değerleri.

07.00	Giden	0,47804	0,54391	1,86442
08.00	Giden	0,50890	1,78773	1,94915
09.00	Giden	0,48826	0,53070	1,79548
10.00	Giden	0,40787	0,44027	0,48193
11.00	Giden	0,40928	0,44185	0,48373
12.00	Giden	0,43674	0,47275	0,51904
13.00	Giden	0,43533	0,47116	0,51723
14.00	Giden	0,43493	0,47071	0,51671
15.00	Giden	0,47640	0,51737	1,76833
16.00	Giden	0,53765	1,79727	1,91321
17.00	Giden	1,84974	1,96078	2,11338
18.00	Giden	0,53086	1,83546	2,01177
19.00	Giden	0,47469	0,53989	1,85546
20.00	Giden	0,47675	0,51775	1,76911
21.00	Giden	0,48127	0,48127	0,48127
22.00	Giden	0,39629	0,39629	0,39629
23.00	Giden	0,26895	0,26895	0,26895
00.00	Dönen	0,18233	0,18233	0,18233
01.00	Dönen	0,16139	0,16139	0,16139
02.00	Dönen	0,15528	0,15528	0,15528
03.00	Dönen	0,15390	0,15390	0,15390
04.00	Dönen	0,15439	0,15439	0,15439
05.00	Dönen	0,28713	0,28713	0,28713
06.00	Dönen	1,89325	1,89325	1,89325
07.00	Dönen	0,31738	0,35111	0,39160
08.00	Dönen	0,29296	0,32182	0,35644
09.00	Dönen	0,29587	0,31426	0,33792
10.00	Dönen	0,26092	0,27494	0,29298
11.00	Dönen	0,26019	0,27412	0,29204
12.00	Dönen	0,27268	0,28818	0,30811
13.00	Dönen	0,25961	0,27348	0,29130
14.00	Dönen	0,24853	0,26100	0,27705
15.00	Dönen	0,26636	0,28107	0,29998
16.00	Dönen	0,29057	0,30831	0,33111
17.00	Dönen	0,28036	0,29682	0,31798
18.00	Dönen	0,24062	0,25901	0,28107
19.00	Dönen	0,21718	0,23087	0,24731
20.00	Dönen	0,22031	0,22926	0,24077
21.00	Dönen	0,22631	0,22631	0,22631
22.00	Dönen	0,20631	0,20631	0,20631
23.00	Dönen	0,17255	0,17255	0,17255

Çizelge D. 3 : M2 hattı 20 Nisan 2014 Pazar günü konforsuzluk değerleri.

Saat	Yön	5 ek sefer	3 ek sefer	Ek sefer yok
0	Gidiş	0,1035	0,1035	0,1035
	Dönüş	0,0703	0,0703	0,0703
6	Gidiş	0,0814	0,0814	0,0814
	Dönüş	0,0762	0,0762	0,0762
7	Gidiş	0,0955	0,0993	0,1077
	Dönüş	0,0906	0,0972	0,1127
8	Gidiş	0,1437	0,1524	0,1723
	Dönüş	0,1708	0,1922	0,2441
9	Gidiş	0,1417	0,1498	0,1685
	Dönüş	0,1266	0,1402	0,1733
10	Gidiş	0,1834	0,1957	0,2241
	Dönüş	0,1659	0,1862	0,2356
11	Gidiş	0,1691	0,1789	0,2006
	Dönüş	0,1476	0,1632	0,1995
12	Gidiş	0,2209	0,2356	0,2695
	Dönüş	0,1818	0,2044	0,2595
13	Gidiş	0,2536	0,2701	0,3067
	Dönüş	0,2123	0,2380	0,2979
14	Gidiş	0,2437	0,2582	0,2894
	Dönüş	0,2048	0,2274	0,2782
15	Gidiş	0,2582	0,2731	0,3042
	Dönüş	0,2018	0,2222	0,2667
16	Gidiş	0,2640	0,2801	0,3145
	Dönüş	0,1920	0,2123	0,2578
17	Gidiş	0,2629	0,2789	0,3131
	Dönüş	0,1891	0,2088	0,2528
18	Gidiş	0,2880	0,3052	0,3422
	Dönüş	0,1950	0,2152	0,2606
19	Gidiş	0,2421	0,2563	0,2868
	Dönüş	0,1586	0,1736	0,2072
20	Gidiş	0,1911	0,2018	0,2248
	Dönüş	0,1273	0,1380	0,1620
21	Gidiş	0,2479	0,2479	0,2479
	Dönüş	0,1656	0,1656	0,1656
22	Gidiş	0,2549	0,2549	0,2549
	Dönüş	0,1386	0,1386	0,1386
23	Gidiş	0,1783	0,1783	0,1783
	Dönüş	0,1059	0,1059	0,1059

Çizelge D. 4 : M2 hattı 21 Nisan 2014 Pazartesi günü konforsuzluk değerleri.

Saat	Yön	5 ek sefer	3 ek sefer	Ek sefer yok
0	Gidiş	0,0988	0,0988	0,0988
	Dönüş	0,0582	0,0582	0,0582
6	Gidiş	0,1102	0,1102	0,1102
	Dönüş	0,1286	0,1286	0,1286
7	Gidiş	0,2142	0,2246	0,2459
	Dönüş	0,2272	0,2503	0,2992
8	Gidiş	0,4016	0,4237	0,4689
	Dönüş	0,3787	0,4212	0,5116
9	Gidiş	0,2692	0,2833	0,3119
	Dönüş	0,2201	0,2421	0,2887
10	Gidiş	0,2098	0,2197	0,2400
	Dönüş	0,1639	0,1785	0,2095
11	Gidiş	0,2115	0,2216	0,2423
	Dönüş	0,1671	0,1821	0,2139
12	Gidiş	0,2698	0,2698	0,2698
	Dönüş	0,2434	0,2434	0,2434
13	Gidiş	0,2819	0,2819	0,2819
	Dönüş	0,2484	0,2484	0,2484
14	Gidiş	0,2914	0,2914	0,2914
	Dönüş	0,2346	0,2346	0,2346
15	Gidiş	0,3296	0,3296	0,3296
	Dönüş	0,2735	0,2735	0,2735
16	Gidiş	0,3022	0,3022	0,3518
	Dönüş	0,2360	0,2360	0,3087
17	Gidiş	0,3546	0,3546	0,4158
	Dönüş	0,3044	0,3044	0,4041
18	Gidiş	0,4449	0,4716	0,5261
	Dönüş	0,3975	0,4412	0,5340
19	Gidiş	0,3462	0,3665	0,4081
	Dönüş	0,2715	0,2994	0,3585
20	Gidiş	0,2302	0,2423	0,2670
	Dönüş	0,1571	0,1704	0,1986
21	Gidiş	0,2012	0,2012	0,2012
	Dönüş	0,1367	0,1367	0,1367
22	Gidiş	0,2116	0,2116	0,2116
	Dönüş	0,1486	0,1486	0,1486
23	Gidiş	0,1690	0,1690	0,1690
	Dönüş	0,1048	0,1048	0,1048

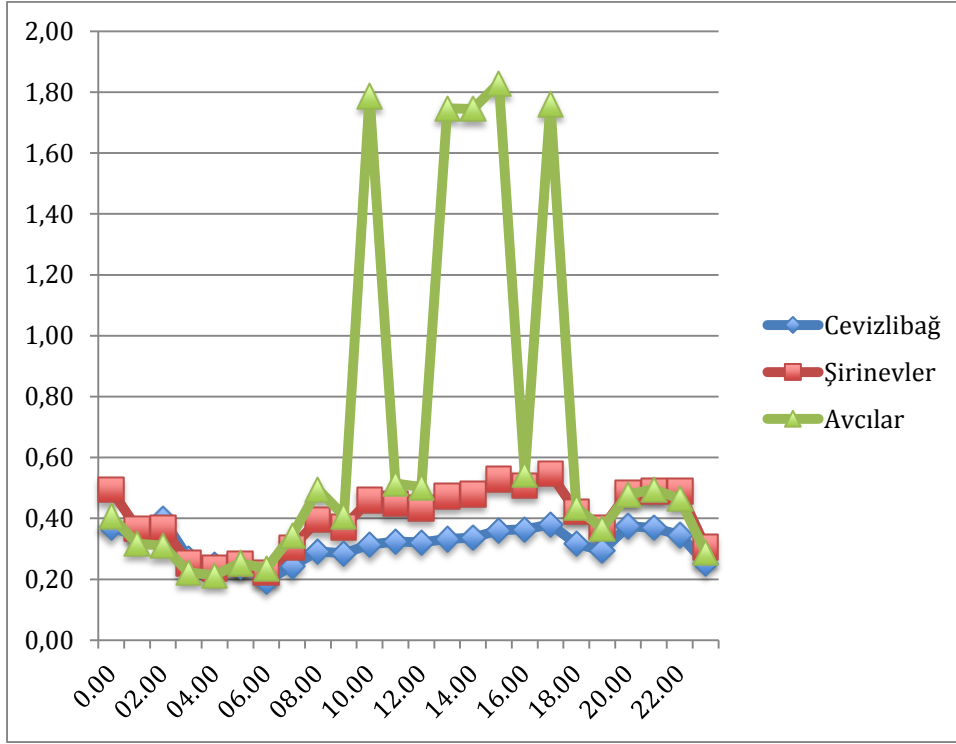
Çizelge D. 5 : T1 hattı 20 Nisan 2014 Pazar günü konforsuzluk değerleri.

Saat	Yön	6 ek sefer	12 ek sefer	Ek sefer yok	15 ek sefer
0	Gidiş	0,3767	0,3767	0,3767	0,3767
	Dönüş	0,1373	0,1373	0,1373	0,1373
6	Gidiş	0,2250	0,2250	0,2250	0,2250
	Dönüş	0,2093	0,2093	0,2093	0,2093
7	Gidiş	0,3224	0,3224	0,3224	0,3224
	Dönüş	0,3240	0,3240	0,3240	0,3240
8	Gidiş	2,1814	2,1814	2,1814	2,1814
	Dönüş	0,5648	0,5648	0,5648	0,5648
9	Gidiş	1,8515	1,8515	1,8515	1,8515
	Dönüş	0,2758	0,2758	0,2758	0,2758
10	Gidiş	0,5857	0,4829	2,2824	0,4507
	Dönüş	0,3232	0,3113	0,3484	0,3074
11	Gidiş	0,4653	0,4001	0,5957	0,3784
	Dönüş	0,2737	0,2639	0,2916	0,2605
12	Gidiş	0,5161	0,4429	1,9394	0,4185
	Dönüş	0,3742	0,3625	0,3959	0,3585
13	Gidiş	1,8161	0,5077	2,1693	0,4781
	Dönüş	0,4390	0,4232	0,4682	0,4177
14	Gidiş	1,9223	0,5565	2,3333	0,5242
	Dönüş	0,4263	0,4120	0,4528	0,4070
15	Gidiş	2,0274	1,8186	2,5192	0,5618
	Dönüş	0,3911	0,3772	0,4168	0,3724
16	Gidiş	2,0048	0,5933	2,4593	0,5592
	Dönüş	0,3168	0,3059	0,3371	0,3021
17	Gidiş	2,0161	1,8238	2,4634	0,5675
	Dönüş	0,2934	0,2830	0,3125	0,2793
18	Gidiş	2,0647	1,8567	2,5528	0,5834
	Dönüş	0,2903	0,2795	0,3101	0,2757
19	Gidiş	1,8274	0,5212	2,1516	0,4939
	Dönüş	0,2241	0,2158	0,2391	0,2129
20	Gidiş	0,4419	0,3878	0,5499	0,3698
	Dönüş	0,1785	0,1726	0,1891	0,1705
21	Gidiş	0,5351	0,5351	0,5351	0,5351
	Dönüş	0,2283	0,2283	0,2283	0,2283
22	Gidiş	1,9285	1,9285	1,9285	1,9285
	Dönüş	0,2849	0,2849	0,2849	0,2849
23	Gidiş	0,3986	0,3986	0,3986	0,3986
	Dönüş	0,1826	0,1826	0,1826	0,1826

Çizelge D. 6 : T1 hattı 21 Nisan 2014 Pazartesi günü konforsuzluk değerleri.

Saat	Yön	6 ek sefer	12 ek sefer	Ek sefer yok	15 ek sefer
0	Gidiş	0,2555	0,2555	0,2555	0,2555
	Dönüş	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970
6	Gidiş	0,2518	0,2518	0,2518	0,2518
	Dönüş	0,3268	0,3268	0,3268	0,3268
7	Gidiş	0,4582	0,3927	0,5889	0,3708
	Dönüş	1,8346	0,5873	1,9027	0,5805
8	Gidiş	1,9798	0,5784	2,4395	0,5436
	Dönüş	0,5403	0,5183	0,5807	0,5106
9	Gidiş	1,8376	0,5166	2,2078	0,4860
	Dönüş	0,3003	0,2888	0,3211	0,2848
10	Gidiş	1,8737	0,5370	2,2472	0,5067
	Dönüş	0,2549	0,2457	0,2718	0,2425
11	Gidiş	1,9242	0,5593	2,3276	0,5276
	Dönüş	0,2859	0,2756	0,3046	0,2720
12	Gidiş	2,0212	1,8182	2,4974	0,5625
	Dönüş	0,2993	0,2886	0,3190	0,2849
13	Gidiş	1,9726	0,5738	2,4358	0,5386
	Dönüş	0,2986	0,2876	0,3187	0,2838
14	Gidiş	2,0946	1,8578	2,6622	0,5794
	Dönüş	0,2767	0,2661	0,2959	0,2624
15	Gidiş	2,2169	1,9426	2,8871	1,8588
	Dönüş	0,2596	0,2495	0,2779	0,2460
16	Gidiş	2,2332	1,9549	2,9141	1,8700
	Dönüş	0,2399	0,2299	0,2578	0,2264
17	Gidiş	2,1980	1,9389	2,8242	1,8595
	Dönüş	0,2483	0,2384	0,2664	0,2349
18	Gidiş	2,3086	2,0159	3,0269	1,9268
	Dönüş	0,2951	0,2840	0,3153	0,2802
19	Gidiş	2,0790	1,8486	2,6285	0,5752
	Dönüş	0,3023	0,2900	0,3247	0,2857
20	Gidiş	0,4901	0,4190	1,8814	0,3953
	Dönüş	0,2072	0,1992	0,2215	0,1964
21	Gidiş	0,5925	0,5925	0,5925	0,5925
	Dönüş	0,2194	0,2194	0,2194	0,2194
22	Gidiş	0,5021	0,5021	0,5021	0,5021
	Dönüş	0,2023	0,2023	0,2023	0,2023
23	Gidiş	0,3523	0,3523	0,3523	0,3523
	Dönüş	0,1567	0,1567	0,1567	0,1567

EK E- 20 Nisan 2014 Konforsuzluk Grafikleri



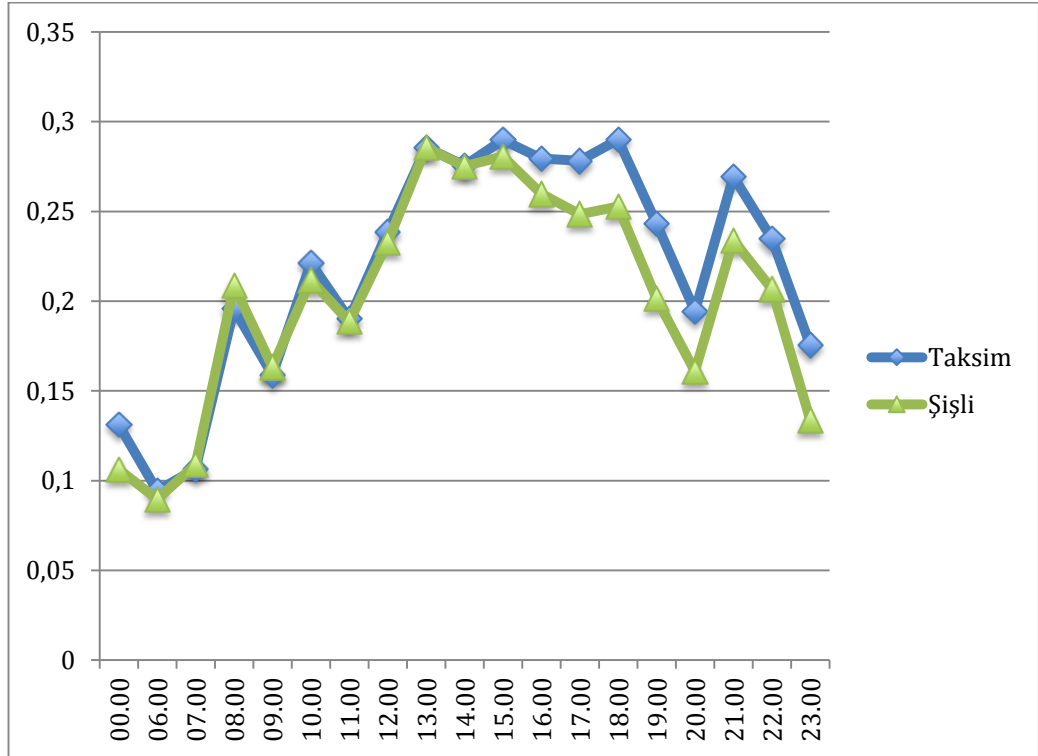
Şekil E. 1 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüs için konforsuzluk grafiği (Gidiş).



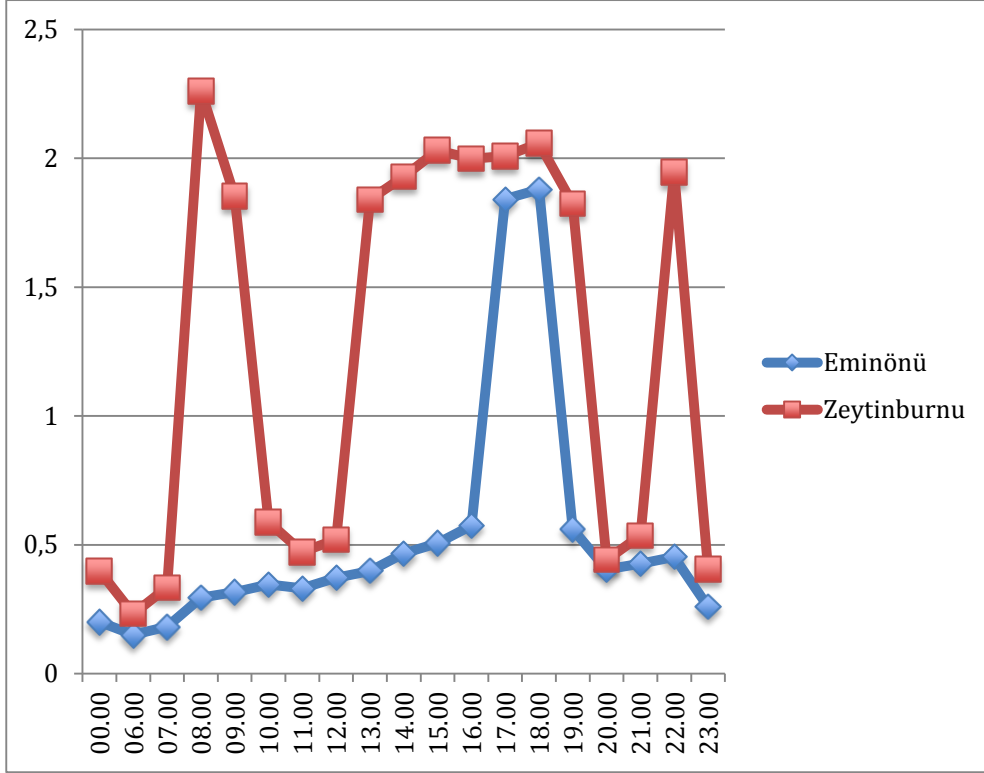
Şekil E. 2 : 20 Nisan 2014 Pazar günü Metrobüs için konforsuzluk grafiği (Dönüş).



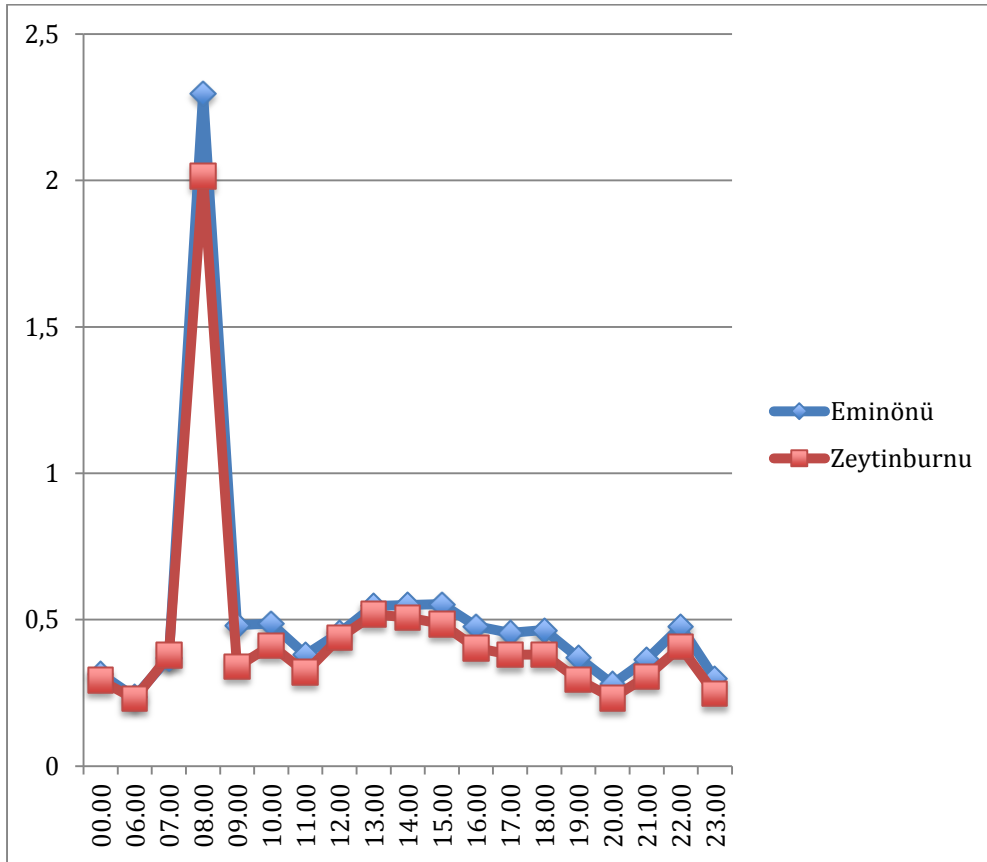
Şekil E. 3 : 20 Nisan 2014 Pazar günü M2 için konforsuzluk grafiği (Gidiş).



Şekil E. 4 : 20 Nisan 2014 Pazar günü M2 için konforsuzluk grafiği (Dönüş).



Şekil E. 5 : 20 Nisan 2014 Pazar günü T1 için konforsuzluk grafiği (Gidiş).



Şekil E. 6 : 20 Nisan 2014 Pazar günü T1 için konforsuzluk grafiği (Dönüş).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Şükrü İMRE
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul-12.12.1988
E-Posta : orcunimre@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü
- **Yükseklisans** : 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, İşletme Mühendisliği