

AKSİYOMLARLA TASARIM İLKELERİ YARDIMIYLA KENTİÇİ TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN TASARIMI

*Erdal YILMAZ**

Özet: Bu çalışma, özellikle büyük kentlerde giderek karmaşık bir problem haline dönüşen ulaşım sorununun çözümüne bir katkı sağlama kaygısını taşımaktadır. Bu yaklaşımla kentiçi ulaşımında en önemli aktörlerden birisi olan kentiçi otobüs taşımacılığına odaklanılarak, sistemin Aksiyomlarla Tasarım (AD) prensipleri yardımıyla yeniden düzenlenmesine yönelik yeni bir çözüm önerisi ortaya konulmaya çalışılacaktır. Belirlenen çözüm önerisinden hareketle çalışma kapsamında İstanbul ili için belirli bir bölgeye yönelik olarak sistem yeniden tasarımı yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kentiçi otobüs taşımacılığı, aksiyomlarla tasarım, sistem tasarımı.

Axiomatic Design of Urban Public Transportation Systems

Abstract: This study concentrates on the urban public transportation system and analyses in detail the current status of Istanbul, Turkey. In this study, the current condition is analysed and new model suggestions are developed with using axiomatic design approach. We can determine the aim of this study is to propose a new model for urban public transportation systems to increase its efficiency with using AD principles. This study, based on expert interviews, identifies the main factors contributing to design process of urban public transportation systems.

Key Words: Urban bus transportation, axiomatic design, system design.

1. GİRİŞ

İlk zamanlarda yaya temelli kurulan kentlerde ulaşım yaya veya atlı arabaların yardımıyla gerçekleştirilmekteyken yaklaşık 200 yıllık bir süreçte gerek nüfus gerekse coğrafi anlamda büyüyen kentlerde ulaşım araçları, teknolojik ilerlemelerin de yardımıyla çeşitlilik arz etmeye başlamıştır. Bu çeşitlilik ve her geçen gün büyük bir hızla artan ulaşım talebi, kentiçi ulaşım sisteminin giderek büyümesine ve karmaşıklaşmasına neden olmuştur. Giderek büyüyen ve karmaşıklaşan bu sisteme ilişkin sorun alanları da büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların bir sonucu olarak da çok farklı sorun alanları farklı bilim dallarının çalışma alanlarına girmektedir. Planlanan ya da mevcut durumda var olan taşıma ağı kapasite düzeyleri ile söz konusu yollardaki trafik akışının optimizasyonunun sağlanması (Yang, Bell ve Meng, 2000; Qiao, Yang ve Lam, 2001), hizmet ulaşılabilirlik düzeyi (Murray, 2001; Murray, v.d., 1998), firma etkinliği ve rekabet düzeyi (Hensher ve Daniels, 1995; Matas ve Raymond, 1998; Zubieta, 1998; May, Shepherd ve Timms, 2000; Loizides ve Tsionas, 2002), fiyat politikaları (Pedersen, 2003), çizelgeleme (Oudheusden ve Zhu, 1995; Chang, Yeh ve Cheng, 1998; Ceder, Golany ve Tal, 2001), rotalama (Goczyla ve Cielatkowski, 1995; Kaufman, Nonis ve Smith, 1998; Prakash, Balaji ve Tuteja, 1999) kentiçi ulaşımında gerçekleştirilen çok sayıda çalışma alanlarına örnek olarak sayılabilir.

Kentiçi ulaşım sisteminin karmaşık yapısı, tanımlanan problem alanlarının fazlalığı ve disiplinler arası yapısı bu problemlere yönelik çözüm yöntemlerinin de değişkenlik göstermesini beraberinde getirmiştir. Bu yöntemler, problemin yapısına göre basit finansal rasyolardan, ancak bilgisayar desteği ile çözülebilecek karmaşık matematiksel modellere varıncaya kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır. Yapay sınırlar (Qiao, Yang ve Lam, 2001), uzman sistemler ve bulanık mantık (Chang, Yeh ve Cheng, 1998), simülasyon (Di Febbara ve Sacone, 1996; Yang, Bell ve Meng, 2000; Lee ve Rivasplata, 2001; Qiao, Yang ve Lam, 2001), tam sayılı programlama (Oudheusden ve Zhu, 1995; Ceder, Golany ve Tal, 2001) kullanılan başlıca yöntemler arasında sayılabilir.

Bu çalışmada ise her geçen gün önemi daha da artan kentiçi ulaşım probleminde, sistemin en esnek elemanı olan otobüs taşımacılığı özelinde hat planlaması probleminde odaklanılmaktadır. Burada amaç yeni,

* Marmara Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ressam Namık İsmail Sokak, No.: 1, Bahçelievler, 34590, İstanbul.

şehrin genelinde uygulanabilecek, etkin bir hat planlaması sisteminin Aksiyomlarla Tasarım (AD) yaklaşımı yardımıyla yeniden tasarlanmasıdır. Böylelikle kentçi ulaşımında ağırlıklı bir yere sahip olan otobüs taşımacılığının daha etkili bir şekilde kullanımı ile kentçi ulaşımında önemli bir iyileştirmenin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Önerilecek model ile ulaşılmak istenen temel hedefler arasında yolcuların daha konforlu, hızlı ve düşük maliyetlerle seyahat etmelerinin sağlanması, oluşturulan yeni sistemin diğer ulaşım araçları ile daha kolay bütünleşebilecek esnek bir yapıda olması özellikle önem taşımaktadır.

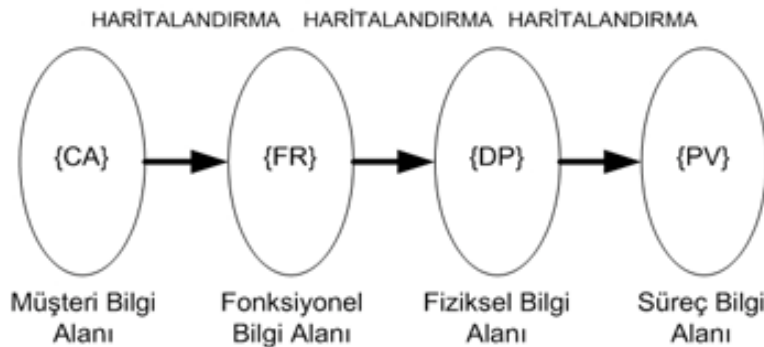
“Aksiyomlarla Tasarım” (AD) yöntemi 1980’lerin başlarından itibaren, bilimsel bir ‘tasarım yaklaşımı’ olarak ortaya konulmuştur. Ancak tasarım mühendisliği yazınında bir yöntem olarak yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanması ve çok farklı alanlarda, tasarım süreçlerinde uygulanması Suh tarafından yazılan kitabın yayımlanmasının ardından, 1990 yılında başlamıştır (Suh, 1990). Özellikle son on yıl içerisinde çok değişik alanlarda uygulama şansı bulmuş olan AD, her geçen gün kullanım alanlarına yenilerinin eklenmesiyle gelişimini sürdürmektedir. AD bugüne kadar çok geniş bir yelpazede kullanım şansı bulmuştur. Bu alanlar arasında; Yazılım Tasarımı (Kim ve dig., 1991; Chen, 1998), E-ticaret Stratejisi Tasarımı (Martin ve Kar, 2002) Kalite Sistemleri Tasarımı (Suh, 1995), Genel Sistem Tasarımı (Suh, 1998), İmalat Sistemi Tasarımları (Cochran ve dig., 2001/2002; Kulak ve dig., 2005; Durmuşoğlu ve dig., 2002; Suh, 1998; Babic 1999; Giachetti, 1999; Chen ve dig., 2001), Süreç ve Ürün Geliştirme (Kar, 2000; Wu ve dig., 1998; El-Haik ve Yang, 1999; Chen, 2001; Suh, 2001; Huang ve Jiang, 2002), Tedarik Zinciri Tasarımı (Ng ve Jiao, 2004), Ofis Hücrelerinin Planlanması (Durmuşoğlu ve Kulak, 2004) İnşaat Mühendisliği Yapıları (Albano ve Suh, 1992), Çevre Sorunları Çözümü (Wallace ve Suh, 1993) vb. sayılabilir. Söz konusu alanlarda gerçekleştirilen çok sayıda çalışmada AD yöntemi kullanılarak tasarım problemlerine çözümler üretilmiştir. Ancak “Kentçi Taşımacılık” alanında AD yaklaşımı uygulanmamıştır. Bu çalışmada, kentçi ulaşım probleminin çözümüne AD yaklaşımı ile katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde Aksiyomlarla Tasarım yöntemine ilişkin temel ilkeler ele alınarak, AD süreçleri detaylı olarak ortaya konulmaya çalışılacaktır. İkinci bölümde ise Hat Planlaması problemine ilişkin yeni modelde kullanılmak üzere problemdeki temel karar değişkenleri ve tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken ana unsurlar belirlenecektir. Üçüncü bölümde hat planlaması probleminin çözümüne yönelik olarak, AD yöntemi kullanılarak yeni bir tasarım metodolojisine ilişkin temel adımlar tanımlanmaya çalışılacaktır. Son bölümde ise ortaya konulan metodoloji çerçevesinde yeni bir hat planlaması modelinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

2. AKSİYOMLARLA TASARIM

Gerçek hayatta, mühendisler karmaşık problemleri çözebilmek amacıyla onu alt problemlerine bölerler ve bu küçük problemler için bağımsız çözümler ararlar. Suh (1990) tarafından önerilen AD yaklaşımı, bu bölme işlemi için etkili bir mekanizma sağlamaktadır (Chen, ve dig., 2001). AD yaklaşımında temel amaç tasarımlar için bilimsel bir alt yapı oluşturarak tasarımcının kullanabileceği sistematik düşünce süreçleri ve araçları yardımıyla tasarımlarını etkin bir şekilde geliştirmesini sağlamaktır (Suh, 1990).

AD yaklaşımına göre, bütün tasarımlar, dört farklı alanın (CA, FR, DP ve PV) kendi içerisindeki ve birbirleri arasındaki bilgilerin sürekli işlenmesidir (Şekil 1). Müşteri ihtiyaçları, müşteri alanında ortaya konulur ve sonrasında fonksiyonel alanda formüle edilir. Fonksiyonel alanda, çözüm için giderilmesi gereken ve birbirlerinden bağımsız olan fonksiyonel gereksinimler (FRs) seti tanımlanır. Tasarım, “ne yapmak istiyoruz?” sorusunu ortaya koyan fonksiyonel alan ile “bunu nasıl başarabiliriz?” sorusunu soran ve tasarım parametrelerinden (DPs) oluşan fiziksel alan arasındaki ilişkilerin planlanması sürecinden oluşacaktır. Tasarım parametreleri ise süreç alanındaki süreç değişkenleri (PVs) ile ilişkilendirilecektir. Burada “ne” sorusu ile “nasıl” sorusuna geçişler “haritalandırma” olarak tanımlanmaktadır. (Chen, 1999)



Şekil 1.

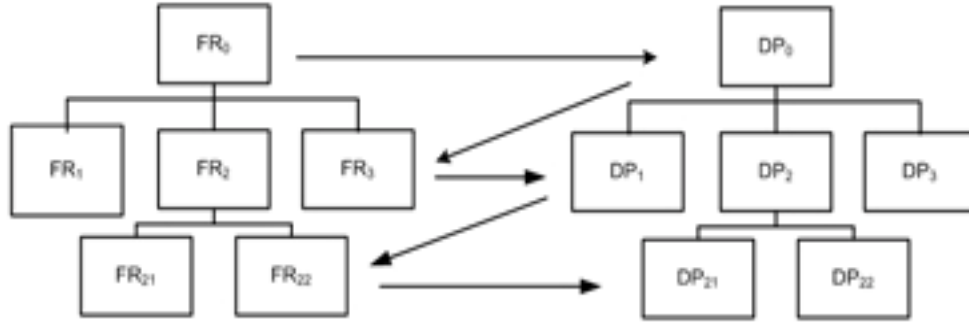
Aksiyomlarla Tasarımda Bilgi Sahaları (Durmuşoğlu ve Kulak, 2004)

AD yaklaşımında tasarımcı süreç boyunca öncelikle fonksiyonel bilgi alanında fonksiyonel gereksinimler kümesini (FRs) belirledikten sonra bunların hayata geçirilebilmesi için gerekli fiziksel yapıyı oluşturmak üzere fiziksel bilgi alanına geçecektir (DPs). Bu aşamada elde edilen FRs kümesine karşılık DPs kümesi daha açık bir şekilde ifade edilmeden uygulanamıyorsa tekrar FRs alanına dönülerek bir alt düzeydeki FRs kümesi ortaya konulacaktır. Bu “zızzaklar” ile “ayrıştırma” alt düzeylerde belirlenmiş sorunlara ait çözümlerin bilindiği noktaya kadar devam edecektir (Suh, 1990). (Şekil 2)

AD yaklaşımı tasarım uzayında sistematik bir şekilde arama yapılabilecek bir yöntemi ortaya koymayı hedefler. Böylece süreçteki tesadüflük en aza indirilerek alternatif çözümlere daha kolay bir şekilde ulaşılacaktır. Aksiyomlarla tasarım yönteminin en ayırıcı özelliği tasarım aksiyomlarının tanımlanmış olmasıdır: Bağımsızlık Aksiyomu ve Bilgi Aksiyomu. (Suh, 1990)

Aksiyom 1. Bağımsızlık Aksiyomu: Fonksiyonel ihtiyaçlar arasında bağımsızlığı sağla.

Aksiyom 2. Bilgi Aksiyomu: Tasarımın bilgi içeriğini en aza indir.



Şekil 2.
Zızzaklar ve Tasarım Ayrıştırılması (Suh, 1990)

Bağımsızlık aksiyomu fonksiyonel gereksinimler ile tasarım parametreleri arasındaki bağımsızlık ilişkisini tanımlamaktadır. Aksiyom 1'e göre her bir fonksiyonel gereksinme (FRi) diğer tasarım parametrelerini etkilemeden yalnızca tek bir tasarım parametresi (DPi) ile ilişkili olmalıdır.

FR ile DP arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlik ile açıklanabilir:

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ \vdots \\ FR_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ \vdots \\ DP_n \end{Bmatrix}$$

Eşitlikte, {FR} ve {DP} bir n x 1 kolon matris ve [A] bir n x n matris olmak üzere $A_{ij} = \delta FR_i / \delta DP_j$, fonksiyonel gereksinimler ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi tanımlayacaktır. Bağımsızlık aksiyomu gereği tasarım matrisi [A], “diyagonal” veya “triangular” olmak zorundadır. Böylece FR ile DP arasındaki ilişki, AD yöntemi yardımıyla tasarımın yapılabilmesi için gerekli özelliğe sahip olacak, yani “Ayrık” veya “Ayrılmış” olacaktır. Bir ayrık matris diyagonal olacaktır. Böylece tasarım çözümleri, birbirlerini etkilemeden, ‘eş zamanlı’ olarak geliştirilebilecektir. Ayrılmış tasarım matrisi ise triangular matristir. Ayrılmış tasarım matrisinde görevler belirli bir sıra ile yürütülmelidir. Bağlı Tasarım Matrisi – Coupled, hem üst hem alt üçgende sıfır dışında değerler içeren matristir. Aksiyomlarla tasarıma göre tasarım için uygun değildir. Çünkü bağlı tasarım matrisinde, tasarım sürecinde atılan adımlar birbirini etkileyecektir. Bu nedenle bağlı tasarımlar ayrılmış tasarımlara dönüştürülerek bağlı tasarımın olumsuz etkisi ortadan kaldırılmalıdır.

Aksiyom 2: Bilgi Aksiyomu

Aksiyom 1, iyi ve kötü ya da kabul edilebilir ve kabul edilemez tasarım arasındaki farkı belirleyecektir. Aksiyom 2 ise aksiyom 1'in gereklerini yerine getiren tüm tasarım alternatifleri arasından en iyi olanın seçilmesini sağlayacaktır (Babic, 1999). Suh'a göre, FR'lerin gereklerini yerine getiren tüm çözüm-

ler içerisinde en az bilgi içereni en iyi çözümdür. Daha az bilgi (daha az karmaşık tasarımlar) çözümün başarı şansını arttıracaktır (Suh, 1990).

Aksiyomlarla Tasarım yönteminde, birinci aksiyom, eş zamanlı tasarımlama sürecini, gereksinmelerin bağımsızlığı ile sağlayacaktır. İkinci aksiyom ise eski bir yaklaşım olan “basit tut” yaklaşımının devamı niteliğindedir. (Chen ve dig., 2001)

3. KENTİÇİ TOPLU TAŞIMA SİSTEMİNİN AKSİYOMLARLA TASARIMI

Aksiyomlarla tasarım yaklaşımı, farklı seviyelerdeki tasarım çözümleri hiyerarşisi içerisinde tasarımcılara yol gösterici bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu perspektiften, kentçi otobüs taşımacılığı gibi büyük ölçekli ve karmaşık sistemler için de tasarım süreçlerini kolaylaştırıcı bir yöntem olarak kullanılabilir. Çalışma kapsamında AD, kentçi ulaşım sisteminin önemli problem alanlarından birisi olan ‘kentçi toplu taşıma sistemi’ tasarımı için bir çözüm önerisinin ortaya konulması için kullanılacaktır.

AD’a göre ilk adım hat planlaması için fonksiyonel gereksinmenin ne olduğunun tespit edilmesidir. Burada hangi bölgeye ilişkin bir planlama yapıldığının ötesinde hat planlamasına ilişkin temel prensiplerin ortaya konulması ön plana çıkmaktadır. Bu amaçla Aksiyomlarla Tasarımda atılması gereken ilk adım, en üst düzeydeki fonksiyonel gereksinmenin belirlenmesidir. Doğaldır ki bu düzeyde belirlenecek olan fonksiyonel gereksinim tasarım sürecinin bütünü etkileyecek niteliktedir. Bu nedenle oldukça dikkatli bir şekilde karar verilmesi gereken FR_0 , bu çalışmada aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

FR_0 Kentçi ulaşım sisteminde performans artışını sağla

Bir sonraki adımda ise fonksiyonel alandan fiziksel alana geçişi sağlayacak şekilde fonksiyonel gereksinimin ortaya koyduğu ihtiyacı karşılayacak tasarım parametresi tanımlanmalıdır. Çalışma kapsamında temel tasarım parametresi şu şekilde belirlenmiştir:

DP_0 Etkin bir toplu ulaşım modeli tasarımı

Bu aşamada belirlenen tasarım parametresi uygulanabilir değildir. Böyle durumlarda Aksiyomlarla Tasarım yaklaşımında fonksiyonel gereksinmelerin ve sonrasında da tasarım parametrelerinin ayrıtılarak önerilmektedir. Tasarım hiyerarşisi içerisinde fiziksel alanda belirlenen FR ve bu ihtiyacı karşılamaya yönelik olarak fonksiyonel alanda belirlenen DP’nin ardından bir alt seviyede fonksiyonel ihtiyaçlar kümesinin belirlenmesi için tekrar fonksiyonel alana dönecektir. Bu zikzaklarla ilerleyen süreç uygulanabilir tasarım parametreleri kümesi oluşturuluncaya kadar sürecektir.

Çalışma kapsamında belirlenen FR_0 ve DP_0 için 1. seviye FR ve DP kümeleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

FR_1 Tüm ulaşım araçları arasında uyum sağla

FR_2 Ulaşım araçlarında uyumu kolaylaştırmak için sistemi basitleştir

FR_3 Lastik tekerlekli araçlarda yolculuk sürelerini kısalt

FR_4 Ana arterlerde toplu taşıma araçlarının trafik akışına olumsuz etkisini azalt

FR_5 Getirilen sistemin kamuoyu desteğini sağla

Bu noktada birinci seviyede belirlenen tasarım parametreleri söz konusu fonksiyonel gereksinmeleri karşılayacaktır. Burada DP_1 , FR_1 ’in gerçekleşmesini sağlayacaktır. DP_2 ise FR_2 ’nin gereklerini, FR_1 ’i ya da diğer fonksiyonel gereksinmeleri etkilemeksizin hayata geçirebilmelidir. Birinci seviyedeki tasarım parametreleri şu şekilde belirlenebilir:

DP_1 Koordinasyon takımı

DP_2 Aktarmalı sistem

DP_3 Renkli durak sistemi

DP_4 Toplu taşıma kuralları

DP_5 Oluşturulan iletişim sistemi

Birinci seviyede tasarım eşitliği aşağıdaki gibi oluşturulabilir:

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ X & X \\ X & X & X \\ X & X & X & X \\ X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)} \quad (1)$$

Bu noktada kentiçi toplu ulaşım sistemine odaklanan çalışmada tasarım süreçlerine ilişkin 5 farklı FR tanımlanmıştır. Öncelikle bütünsel bir yaklaşımla sistemdeki tüm ulaşım araçlarının uyumunun sağlanması ve tasarım sürecine dâhil edilmesi hedeflenmektedir (FR₁). Bunu sağlamaya yönelik olarak ise bir koordinasyon takımı (DP₁) oluşturulması önerilmektedir. Koordinasyon takımının oluşturulmasının ardından söz konusu uyumun sağlanmasını kolaylaştıracak şekilde sistemin basitleştirilmesi FR₂ olarak tanımlanmıştır. Gerçekleştirilen gözlemler sonucunda, sistemdeki uzun mesafeli güzergâhların sistemi hantallaştırdığı, planlama ve kontrol süreçlerini güçleştirdiği ve karmaşıkleştirdiği tespit edilmiştir. Bu noktadan hareketle sistemin basitleştirilmesi için aktarmalı sistem (DP₂) bir çözüm olarak ortaya konulmuştur. Kentiçi ulaşım söz konusu olduğunda en önemli performans ölçütlerinden birisi de ulaşım sürelerinin kısaltılmasıdır (FR₃). Renkli durak uygulamaları (DP₃) özellikle ana arterlerdeki sefer sürelerinin kısaltılmasını sağlayacaktır. Kentiçi ulaşımında trafik akış düzeninin sağlanması ve bu düzeni bozucu unsurların sistemden ayıklanması önemli bir yer tutmaktadır. Toplu taşıma araçları da bu problemde ciddi bir paya sahiptir (FR₄). Bu nedenle toplu taşıma araçlarının trafik akış düzenini bozucu hareketlerinin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi trafik akışını rahatlatacaktır. Bu amaca yönelik oluşturulacak toplu taşıma kuralları (DP₄) bu problemin çözümü için önerilmektedir. Toplumsal bir alan olan kentiçi ulaşım sisteminde gerçekleştirilecek köklü değişikliklerin kamuoyu desteği sağlanmaksızın uygulanması mümkün değildir. Bu nedenle tasarım sürecindeki önemli adımlardan birisi de yeni sisteme kamuoyu desteğini sağlamaktır (FR₅). Oluşturulacak iletişim sistemi de bu amaca hizmet edecektir (DP₅).

Tasarım matrisinde X sıfır olmayan bir elemanı temsil etmekte ve tasarım parametresi ile fonksiyonel gereksinme arasında bir ilişkinin varlığını ifade etmektedir. Burada tasarım matrisinin “Ayrılmış” olduğu ve bu şekliyle bağımsızlık aksiyomunu karşıladığı görülmektedir. Ancak belirlenen tasarım parametrelerinin uygulamaya yönelik olarak yeterince detaylandırılmamış olduğu, bölümlendirme çabalarının devam etmesi gerektiği söylenebilir.

İkinci seviyede bölümlendirme aşamasında ise ortaya çıkan fonksiyonel gereksinimler ve tasarım parametreleri şu şekilde ortaya konulabilir:

I. DAL: FARKLI TOPLU TAŞIMA ARAÇLARI ARASINDA UYUM SAĞLANMASI

Büyük kentlerde ulaştırmanın en önemli sorunu, koordinasyon içinde etkin bir yönetim sisteminin oluşturulamamasıdır. Burada önerilebilecek çözüm, çok başlılıkla nitelenen yetersiz yönetim anlayışlarının, gerekli yetkilerle donatılmış, finans gücü olan tek otorite haline dönüştürülmesidir (İstanbul Kentiçi Ulaşım Şurası, 2002). Bu çalışmada tek otorite “koordinasyon takımı” olarak adlandırılmaktadır. Ancak çalışma boyutlarının sınırlı olmasından dolayı söz konusu takımın ortaya çıkartılmasına yönelik tasarım adımları çalışma kapsamı içerisinde yer alamayacaktır. Bu dal, ileride özel yapılacak çalışmalar için konu olabilecek kapsamdadır. Bundan sonraki tasarım adımları, koordinasyon grubunun oluşturulması durumunda gerçekleştirilecek çalışmalara temel oluşturma kaygısı ile belirlenecektir.

II. DAL: YOLCU/ARAÇ YOĞUNLUKLARIN AZALTILMASI

FR ₂₁	Aktarma durak yerlerini belirle
FR ₂₂	Aktarmalı sistemin faydalarını elde et
FR ₂₃	Aktarma durağında trafik düzenini sağla
FR ₂₄	Ekonomik taşımayı sağla
DP ₂₁	Yer seçme prosedürü
DP ₂₂	Yeni hat planları
DP ₂₃	Aktarma durağı düzenlemeleri
DP ₂₄	Araçlar arası ücretsiz aktarma sistemi

$$\begin{bmatrix} FR_{21} \\ FR_{22} \\ FR_{23} \\ FR_{24} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & & \\ X & X & & & \\ X & 0 & X & & \\ 0 & 0 & 0 & X & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{21} \\ DP_{22} \\ DP_{23} \\ DP_{24} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$

Aktarma durak yerlerinin belirlenmesi (FR₂₁) için gerçekleştirilecek yer seçme prosedürü (DP₂₁) ulaşım araçlarının bütünleştirilmesini sağlayacak bölgelerin belirlenmesi (FR₂₁₁), güzergâh sayısını azaltacak şekilde aktarma noktası adaylarının belirlenmesi (FR₂₁₂) ve aktarma nokta veya noktalarının seçimi (FR₂₁₃) olmak üzere üç alt fonksiyonel gereksinimden oluşacaktır. FR₂₁'in hayata geçirilebilmesi için oluşturulan DP seti ise şu şekilde ortaya konulmuştur; kara, deniz veya raylı sistem araçlarının kullandıkları ortak güzergâhları ve ana durak yerlerinin belirlenmesi amacıyla araç rota analizleri (DP₂₁₁) aktarma durak bölgelerinin belirlenmesinde kullanılacaktır. Güzergâh yoğunluk analizleri (DP₂₁₂) ve arazi etütleri (DP₂₁₃) de özel olarak aktarma durak yerinin tespit edilmesinde kullanılacaktır. Aktarma duraklarının fiziksel olarak kurulmasının ardından, aktarmalı sistemin faydalarından yararlanmak üzere (FR₂₂) yeni hat düzenlemelerine gidilecektir (DP₂₂). Bu amaçla öncelikle tüm ulaşım araçları arasındaki uyumu sağlamak için (FR₂₂₁) araçlar arası tamamlayıcı hat planları oluşturulacaktır (DP₂₂₁). Söz konusu hatların belirlenebilmesi içinse güzergâh analizleri (DP₂₂₁₁), araç çizelgelerinin oluşturulması (DP₂₂₁₂) kapasite planlarının yapılması (DP₂₂₁₃) gerekmektedir. Uyumlu hat planlarının oluşturulmasının ardından mevcut güzergâh uzunluklarının kısaltılması gündeme gelecektir (FR₂₂₂). Bu amaçla sistemdeki mevcut tüm güzergâhlar için ana duraklar kent merkezlerinden alınarak aktarma duraklarına kaydırılacaktır (DP₂₂₂). Mevcut durumda kent merkezlerinden hareket eden hatlar artık aktarma duraklarından hareket edeceklerdir. Böylelikle mevcut güzergâh uzunlukları kent merkezi-aktarma durağı mesafesi kadar kısaltılmış olacaktır. Bu değişiklik ise mevcut güzergâhların (DP₂₂₂₁) ve sefer sıklıklarının (DP₂₂₂₂) yeniden belirlenmesini gerekli kılacaktır. Kent merkezi-aktarma durağı arasında ise belirlenecek güzergâhlarda tek bir tabelalı hat çalışacaktır (DP₂₂₃). Bu ise ana arterlerdeki hat sayılarında önemli azalma sağlayacaktır (FR₂₂₃). Fiziksel olarak aktarma durak yerlerinin belirlenmesinin ve kaç adet hat ve otobüsün aktarma duraklarını kullanacağı belirlendikten sonra aktarma duraklarındaki düzenlemelerin yapılması gerekecektir (DP₂₃). Gerçekleştirilecek düzenlemelerde hem yerleşim planı (DP₂₃₁) hem de yaya ve otobüs bağlantı yolları (DP₂₃₂) oluşturulacaktır. Aktarmalı sistem tasarım sürecinin son aşamasında ise ekonomik taşımanın sağlanması (FR₂₄) hedeflenmektedir. Yeni sistemde ortaya çıkacak aktarma zorunluluğunun kullanıcılara ek bir maliyet getirmemesi için aktarmaların ücretsiz olması önerilmektedir (DP₂₄). Burada söz konusu olan aktarma sadece belirli tipte ulaşım araçları arasındaki aktarma değildir. Aktarma duraklarında mümkünse farklı tipte (deniz, ray, lastik tekerlekli) araçlar arasında da aktarma söz konusu olacaktır. Bu aktarmaların da ücretsiz olabilmesi için (FR₂₄₁) ortak bir tek bilet uygulaması (DP₂₄₁) söz konusu olacaktır. Ayrıca sistemde mevcut durumda da, çok uzun mesafeler için, aktarma yapılması söz konusu olmakta ve bu aktarmalar ücretli yapılmaktadır. Yeni modelde sadece yeni düzenlemelerden kaynaklanan aktarmaların ücretsiz olması istenmektedir (FR₂₄₂). Bu nedenle ücretsiz aktarma sisteminin geneline yaygınlaştırılmamalı, ücretsiz aktarma yapılabilecek hatlar belirlenmelidir (DP₂₄₂). Son olarak da bu ücretlendirme sisteminin uygulanabilmesi için bir alt yapı kurulması gerekecektir (FR₂₄₃). Elektronik bilet sistemi ise gereksinimleri karşılayabilecek bir araç olarak belirlenmiştir (DP₂₄₃).

FR ₂₁₁	Ulaşım araçlarının bütünleşmesine yönelik aktarma bölgelerini belirle
FR ₂₁₂	Güzergâh sayısını azaltacak şekilde aktarma noktası adaylarını belirle
FR ₂₁₃	Aktarma nokta veya noktalarını seç
DP ₂₁₁	Araç rota analizleri
DP ₂₁₂	Güzergâh yoğunluk analizleri
DP ₂₁₃	Arazi Etüdü

$$\begin{bmatrix} FR_{211} \\ FR_{212} \\ FR_{213} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{211} \\ DP_{212} \\ DP_{213} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$

FR₂₂₁ Ulaşım araçlarını uyumlaştır
 FR₂₂₂ Güzergâh uzunluklarını kısalt
 FR₂₂₃ Hat sayısını azalt

DP₂₂₁ Tamamlayıcı hat planları oluşturma prosedürü
 DP₂₂₂ Aktarma durağından son durağa doğru yeni hat planı
 DP₂₂₃ Aktarma durağından kent merkezine doğru yeni hat planı

$$\begin{bmatrix} FR_{221} \\ FR_{222} \\ FR_{223} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{221} \\ DP_{222} \\ DP_{223} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$

FR₂₃₁ Durak düzenlemelerini gerçekleştir
 FR₂₃₂ Aktarmalı sistemi teşvik edecek durak bağlantılarını gerçekleştir

DP₂₃₁ Uygun yerleşim planı
 DP₂₃₂ Yaya ve otobüs bağlantı yolları tasarımı

$$\begin{bmatrix} FR_{231} \\ FR_{232} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{231} \\ DP_{232} \end{bmatrix} \text{ (Ayrık)}$$

FR₂₄₁ Farklı hizmet sağlayıcılar arası ücretlendirmeyi düzenle
 FR₂₄₂ Hizmet sağlayıcının zarar görmesini önle
 FR₂₄₃ Alt yapıyı oluştur

DP₂₄₁ Tek bilet uygulaması
 DP₂₄₂ Aktarmalarda ücretsiz hat seçim prosedürü
 DP₂₄₃ Elektronik bilet sistemi

$$\begin{bmatrix} FR_{241} \\ FR_{242} \\ FR_{243} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{241} \\ DP_{242} \\ DP_{243} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$

FR₂₂₁₁ Güzergâhları bütünleştir
 FR₂₂₁₂ Taşıma sistemindeki beklemleri azalt
 FR₂₂₁₃ Araç doluluk oranları arasındaki sapmaları azalt

DP₂₂₁₁ Ulaşım araçları güzergâh analizi
 DP₂₂₁₂ Etkin araç çizelgeleri
 DP₂₂₁₃ Çok kaynaklı kapasite planlaması

$$\begin{bmatrix} FR_{2211} \\ FR_{2212} \\ FR_{2213} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ 0 & X & \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{2211} \\ DP_{2212} \\ DP_{2213} \end{bmatrix} \text{ (Ayrık)}$$

FR₂₂₁₁ Son durak için güzergâhları yeniden belirle
FR₂₂₂₂ Otobüs sıklıklarını yeniden belirle

DP₂₂₂₁ Son duraklara yönelik fayda/maliyet analizi
DP₂₂₂₂ Yolcu talep analizi

$$\begin{bmatrix} FR_{2221} \\ FR_{2222} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{2221} \\ DP_{2222} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$

FR₂₂₃₁ Kent merkezi için güzergâhları yeniden belirle
FR₂₂₃₂ Yeni güzergâhlar için kapasite düzeyini belirle

DP₂₂₃₁ Kent merkezine yönelik fayda/maliyet analizi
DP₂₂₃₂ Yolcu talep analizi

$$\begin{bmatrix} FR_{2231} \\ FR_{2232} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{2231} \\ DP_{2232} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$

III. DAL: YOLCULUK SÜRELERİNİN KISALTIMASI

Kentiçi ulaşım söz konusu olduğunda en önemli performans ölçütlerinden birisi ulaşım sürelerinin kısaltılmasıdır (FR₃). Özellikle ana arterlerdeki sürelerin kısaltılması için renkli durak sistemleri aktarmalı sistemle örtüşen bir çözüm sunmaktadır. Burada en önemli nokta sistemde kullanılacak renk sayısının belirlenmesidir (FR₃₁). Simülasyon tekniği farklı renk alternatifleri için en ideal sayının belirlenmesi için kullanılacaktır (DP₃₁). Renk sayılarının belirlenmesinin ardından otobüslerin ve otobüs duraklarının renklendirilmesine geçilecektir. Duraklar, kent merkezlerinden aktarma duraklarına kadar, sırasıyla belirli renkleri taşıyacak şekilde farklılaştırılacaklardır (DP₃₂, DP₃₃). Renklendirilen otobüsler yalnızca kendi rengini taşıyan duraklarda duracaklardır. Böylece ana arterlerde yolculuk sürelerinde bir kısalma sağlanabilecektir. Fakat ara duraklarda farklı renkli duraklar arasında hareket etmek isteyen kullanıcılar için (FR₃₄) beyaz tabelalı ve tüm duraklarda duran otobüs hatları oluşturulması gerekmektedir (DP₃₄).

FR₃₁ Renk sayısını belirle
FR₃₂ Otobüs hatlarını yeniden düzenle
FR₃₃ Otobüs duraklarını yeniden düzenle
FR₃₄ Ara duraklar arası ulaşımı sağla

DP₃₁ Sistem benzetimi
DP₃₂ Renklendirilmiş otobüs hatları
DP₃₃ Renklendirilmiş otobüs durakları
DP₃₄ Beyaz tabelalı hat düzenlemesi

$$\begin{bmatrix} FR_{31} \\ FR_{32} \\ FR_{33} \\ FR_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ X & 0 & X & \\ 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{31} \\ DP_{32} \\ DP_{33} \\ DP_{34} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$

IV. DAL: TRAFİK DİSİPLİNİ DALI

Özellikle ana arterlerde trafiğin düzenli bir şekilde akışının sağlanması kentiçi ulaşım için önemli bir gereksinimdir (FR₄). Bu akışa toplu taşıma araçlarının olumsuzluklarının azaltılması (DP₄) içinse ana arterlere halk otobüsü (DP₄₁₁) ve minibüslerin (DP₄₁₂) sokulmaması öncelikli önerilen tedbirdir. Bu amaçla oluşturulacak yeni hat planlarında halk otobüsleri ve minibüsler aktarım durakları ile son duraklar arasında çalışacaklardır. Böylelikle kent merkezlerindeki ana arterlere girişleri engellenmiş olacaktır. Ayrıca ana arterlere girecek ulaşım araçlarının da disiplin altına alınması bir zorunluluktur (FR₄₂). Bunun içinse toplu taşıma araçlarının hem durak yerleri trafik akışını etkilemeyecek şekilde yeniden düzenlenmeli (DP₄₂₁), hem de durak haricinde yolcu alımları engellenmelidir (DP₄₂₂).

FR₄₁ Araçların trafikte akışını kontrol altına al
FR₄₂ Araçların yolcu indirme/bindirme sürecini kontrol altına al

DP₄₁ Halk otobüsü ve minibüsler için yeni düzenlemeler
DP₄₂ Duraklama kuralları

$$\begin{bmatrix} FR_{41} \\ FR_{42} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{41} \\ DP_{42} \end{bmatrix} \text{ (Ayrık)}$$

FR₄₁₁ Şehir merkezlerinde ana arterlere halk otobüslerinin girmesine engel ol
FR₄₁₂ Şehir merkezlerinde ana arterlere minibüslerin girmesine engel ol

DP₄₁₁ Halk otobüsleri için özel hat planı
DP₄₁₂ Minibüsler için yeni hat planı

$$\begin{bmatrix} FR_{411} \\ FR_{412} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{411} \\ DP_{412} \end{bmatrix} \text{ (Ayrık)}$$

FR₄₂₁ Yolcu indirme/bindirmelerinin olumsuz etkisini azalt
FR₄₂₂ Durak haricinde duruşlara engel ol

DP₄₂₁ Ayrıntılı durak düzeni
DP₄₂₂ Yönergeler

$$\begin{bmatrix} FR_{421} \\ FR_{422} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{421} \\ DP_{422} \end{bmatrix} \text{ (Ayrık)}$$

V. DAL: HALKLA İLİŞKİLER

Kentiçi toplu ulaşım sistemi kamusal bir hizmet olduğu için bu sistemde yapılacak değişikliklerin kalıcı olabilmesi için toplumsal destek alınması zorunludur (FR₅). Bu amaçla oluşturulacak iletişim sistemi ile (DP₅) toplum ve özellikle kullanıcıların bilgilendirilmesi (FR₅₁₁, FR₅₁₂, FR₅₁₃) önemli bir gerekliliktir. Bu amaçla tüm iletişim araçları etkin bir şekilde kullanılmalıdır (DP₅₁₁, DP₅₁₂, DP₅₁₃). Buna ek olarak kullanıcılara seçim şansı yaratılması (FR₅₂) ve mevcut sistemle yeni sistemin belirli bir geçiş döneminde birlikte kullanılması (DP₅₂) önerilmektedir. Son adımda da kurulacak şikâyet hattı ve değerlendirme sistemi ile (DP₅₃) kullanıcıların yaşadığı sorunların çözülmesi hedeflenmektedir.

FR₅₁ Yeni sistemin anlaşılmasını sağla
FR₅₂ Kullanıcılara seçim şansı yarat

FR₅₃

Yeni ulaşım modelini gelen şikâyetler doğrultusunda geliştir

DP₅₁

İletişim araçları

DP₅₂

Karma uygulamalı geçiş sistemi

DP₅₃

Şikâyet hattı ve değerlendirme sistemi

$$\begin{bmatrix} FR_{51} \\ FR_{52} \\ FR_{53} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ 0 & X & \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{51} \\ DP_{52} \\ DP_{53} \end{bmatrix} \text{ (Ayrık)}$$

FR₅₁₁

Toplumu bilgilendir

FR₅₁₂

Bölge halkını bilgilendir

FR₅₁₃

Kullanıcıları bilgilendir

DP₅₁₁

Yazılı/görsel medya

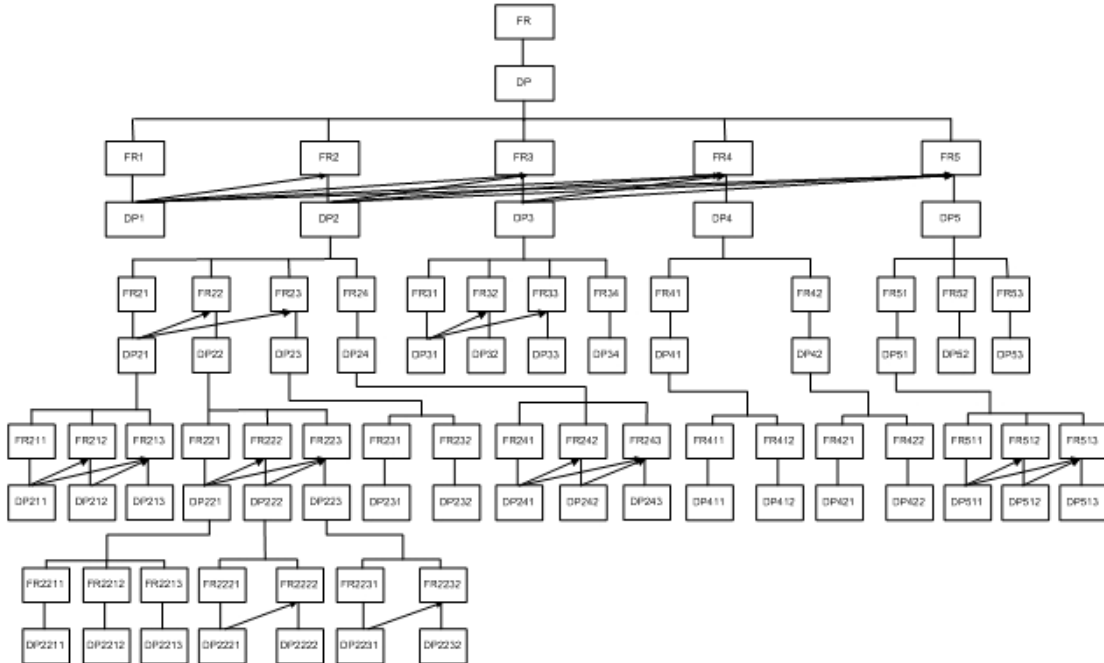
DP₅₁₂

Otobüs, durak ve pano ilanları

DP₅₁₃

Bilgilendirici/tanıtıcı personel

$$\begin{bmatrix} FR_{511} \\ FR_{512} \\ FR_{513} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_{511} \\ DP_{512} \\ DP_{513} \end{bmatrix} \text{ (Ayrılmış)}$$



Şekil 3.

Kentiçi Ulaşım Sistemi Tasarımının Ayrıştırılması

4. İSTANBUL MİLLET CADDESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Çalışmanın uygulama aşamasında mevcut toplu taşıma sistemine alternatif olabilecek, daha etkin bir model geliştirilebilmesine yönelik temel tasarım aşamaları ele alınacaktır. Burada amaç, aksiyomlarla tasarım yöntemi yardımıyla belirlenen tasarım aşaması süreçlerinin somut bir örnek yardımıyla açıklanmasıdır. Ortaya konulacak alternatif yöntem ile mevcut durum arasındaki performans değerlendirmesi bu çalışmanın kapsamında olmayacaktır. Bu çerçevede İstanbul ili uygulama için seçilmiştir. Millet Caddesi, Aksaray–Topkapı güzergâhı örneği yeni tasarım süreci ile yeniden ele alınacaktır.

İstanbul'un kentiçi trafik yoğunluğu açısından en önemli arterlerden birisi olan Millet Caddesi ulaşım sisteminde performans artışı sağlanması (FR) çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında, çözüm için toplu taşıma sistemine odaklanılmakta ve etkin bir toplu ulaşım modeli geliştirilmesi (DP) ile ulaşım sisteminde performans artışı sağlanacağı varsayılmaktadır. Tasarım süreci; Millet Caddesi özelinde AD yaklaşımı ile ele alındığında, Şekil 3'te oluşturulan adımların takip edilmesi ile ortaya çıkacaktır.

I. DAL FARKLI TOPLU TAŞIMA ARAÇLARI ARASINDA UYUM SAĞLANMASI

Çalışma kapsamında ele alınan güzergâh üzerinde farklı ulaşım araçlarının var olması ve ortaya konulan yeni modelin, sistem içerisindeki tüm tarafların beklentilerini karşılayabilecek çözümler üretebilmesi için koordinasyon takımı önemli bir role sahiptir. Ancak I. dal, çalışmanın kapsamı içerisinde detaylandırılmamıştır. Dolayısıyla uygulama aşamasında da ele alınmayacaktır.

II. DAL: YOLCU/ARAÇ YOĞUNLUKLARIN AZALTILMASI

Tasarım sürecinde ikinci adım aktarmalı sistemi (DP₂) hayata geçirecek adımların atılmasıdır. Geliştirilen modelde bunun için yapılması gerekenler sistematik bir şekilde ortaya konulmuştur (Şekil 3):

FR₂₁ Aktarma durak yerlerini belirle

DP₂₁ Yer seçme prosedürü

Aktarma durak yerlerinin belirlenmesi için:

FR₂₁₁ Ulaşım araçlarının bütünleşmesine yönelik aktarma bölgelerini belirle

DP₂₁₁ Araç rota analizleri

Millet caddesi'ni kullanan araçlara ilişkin rota analizleri incelendiği zaman özetle görülmektedir ki; cadde üzerinde Hafif Raylı Sistem (LRT), Otobüs (İETT ve ÖHO) ve Dolmuşlar ile toplu taşımacılık yapılmaktadır. Dört şeritli (çift yön için) karayolunu ikiye bölen çift yönlü demiryolu (LRT için) caddenin alt yapısını oluşturmaktadır. Karayolu taşımacılığının, raylı sistemin varlığına rağmen ağırlığını koruduğu güzergâh üzerinde 41 farklı otobüs hattı mevcuttur. Söz konusu hatlar kent merkezindeki 6 farklı ana duraktan (Taksim, Eminönü, Beşiktaş, Beyazıt, Yenikapı, Aksaray) 31 farklı son durağa hareket etmektedir. Söz konusu 41 hattın hepsi için Millet Caddesi ortak bir güzergâh oluşturmakta, cadde üzerindeki 8 durak ortak olarak kullanılmaktadır. Bu durum, hem hafif raylı sistem (LRT) hattının varlığı sebebiyle iki şeride düşen karayolunda hem de otobüs duraklarında yoğunluklara sebep olmaktadır. Ayrıca Taksim-Topkapı dolmuşları da aynı güzergâhı kullanmaktadır. Kabataş, Eminönü – Topkapı, Zeytinburnu güzergâhında çalışan LRT de aynı hat üzerinde yolcu taşımaktadır. Aksaray durağından başlayarak Topkapı durağı'na kadar olan bölgede özellikle otobüs taşımacılığı ile LRT sisteminin birbirine rakip bir rol oynadıkları gözlenmektedir. Araç rotaları açısından değerlendirildiği zaman Aksaray bölgesi (ortak güzergâhın başlangıç noktası), Topkapı bölgesi veya Zeytinburnu/Merter bölgesi (ortak güzergâhın bitiş noktaları) aktarma durağı için uygun bölgeler olarak ortaya çıkmaktadır.

FR₂₁₂ Güzergâh sayısını azaltacak şekilde aktarma noktası adaylarını belirle

DP₂₁₂ Güzergâh yoğunluk analizleri

Söz konusu güzergâh üzerinde hareket eden 41 farklı otobüs hattı kent merkezindeki 6 farklı ana duraktan 31 farklı son durağa hareket etmektedir. Söz konusu hatlarda günde yaklaşık 2500 sefer gerçekleştirilmektedir ki bu hat sayıları İstanbul ilindeki toplam 509 hattın %8'ini oluşturmaktadır. Bu seferlerin çoğunlukla trafiğin yoğun olduğu sabah 07:00, akşam 19:00 saatleri arasında gerçekleştirildiği düşünülürse yaklaşık 20sn.'de bir otobüsün Millet Caddesi üzerindeki bir durağa yanaşacağı öngörülebilir. Bu durum ise otobüs duraklarında kuyruklara neden olmaktadır. Trafik etkinliğinin artırılması için bu yoğunluğun azaltılması kaçınılmazdır. Önerilen aktarma duraklarının bu yoğunluğu azaltacak şekilde oluşturulması gerekmektedir. Aksaray, Topkapı ve/veya Zeytinburnu bölgeleri arasında seçim yapılırken güzergâh yo-

ğunlukları da dikkate alınmalıdır. Altı farklı merkezle ilişkili otobüsler çalışma kapsamındadır ve Millet Caddesi'ne olan uzaklıkları sebebiyle tüm merkezler için kendi özellikleri çerçevesinde çözümler önerilecektir.

Beyazıt Merkez Durağı: Beyazıt, Millet Caddesi'ne en yakın duraklardan birisidir. Millet Caddesi boyunca hareket eden LRT sisteminin varlığına ve Beyazıt'ın çok dar ve yoğun alt yapısına karşın Beyazıt durağından, Topkapı'ya kadar aynı güzergâhı kullanan 12 farklı hat, 12 farklı son durak için hareket etmektedir. Oysa Topkapı'da oluşturulacak bir aktarma durağı ile söz konusu 12 hattı kullanan yolcuların LRT sistemini kullanarak Beyazıt'a ulaşmaları mümkündür. Buradan söz konusu 12 hattın başlangıç duraklarının Beyazıt yerine Topkapı olması önerilmektedir.

Aksaray Merkez Durağı: LRT sisteminin varlığına rağmen Aksaray'dan 4 farklı hat hareket ederek Millet Caddesi boyunca güzergâhı kullanmaktadır. Oysa bu dört hattı kullanan yolcular ilk anda LRT sistemini kullanarak Topkapı'ya ulaşarak oradaki aktarma durağından söz konusu dört hattı kullansalar bu 4 hattın da Millet Caddesi'ni kullanması tamamen önlenmiş olacaktır.

Taksim Merkez Durağı: Taksim, 13 farklı hat ile Millet Caddesi'ni en yoğun kullanan, en uzak merkez duraklardan birisidir. Buradan zaten LRT bağlantısı için bir otobüs hattı aktarma amaçlı olarak oluşturulmuştur (83MT). Ancak bu hattın varlığına karşın diğer 13 hatta ilişkin herhangi bir değişiklik yapılması düşünülmemiştir. Burada sorun, yolcuların Taksim – Aksaray aktarmasından sonra LRT sisteminden gidecekleri noktaya bir aktarma yapma zorunluluğunun olmasıdır. Oysa (83MT) numaralı otobüs, Aksaray yerine oluşturulması planlanan Topkapı aktarma durağına kadar gelirse, oradan hareket edecek olan söz konusu 13 otobüs hattına tek bir aktarma ile ulaşabileceklerdir. Burada en önemli avantaj Taksim'den hareket eden otobüslerin sadece tek bir hat olarak Millet Caddesi'ni kullanacak olmalarıdır.

Eminönü Merkez Durağı: Tıpkı Taksim durağı gibi Eminönü de Millet Caddesi'ne uzak bir duraktır. 10 farklı hat, Eminönü'nden hareketle Millet Caddesi'ni kullanarak Topkapı'ya kadar ortak güzergâhta hareket etmektedirler. Bu 10 hattın yerine Topkapı aktarma durağı ile bağlantıyı sağlayacak tek bir hattın oluşturulması ile 10 hat sayısı 1'e gerileyecektir.

Yenikapı Merkez Durağı: Yenikapı'dan hareket eden tek bir hat Millet caddesi'ni kullanmaktadır. Yenikapı durağının özelliği ağırlıklı olarak deniz ulaşımı ile bağlantılı olmasıdır. Deniz Otobüsleri İskelesi'nin olması nedeniyle belirli bir yoğunluğa sahip Yenikapı durağı için özel durumuna uygun olarak Yeni Bosna'ya giden tek hattın son durağı Topkapı olarak değiştirilebilir. Ayrıca sefer zamanları da deniz otobüs saatlerine göre yeniden düzenlenebilir ve böylece gereksiz bir otobüs hareketi engellenmiş olur.

Beşiktaş Merkez Durağı: Beşiktaş durağından bu güzergâhı kullanan tek bir hat mevcuttur (28T). LRT sisteminin güzergâhı ise Kabataş'a kadar uzatılmıştır ve Kabataş'tan Zeytinburnu'na kadar aktarmasız olarak ulaşmak mümkün olmaktadır. Dolayısıyla bu uzun hattın varlık sebebi anlamını yitirmiştir. Bu nedenle Beşiktaş'tan hareket ederek Topkapı'ya gelen 28T numaralı otobüsün tamamen kaldırılmaması için bir neden gözükmemektedir.

Bu çerçevede 6 farklı güzergâhtan hareket eden otobüs sayısı, Topkapı aktarma durağının devreye girmesiyle beraber 3'e inecektir. Yenikapı sefer sıklıklarının da düşürüldüğü düşünüldüğünde Millet caddesi'ni ağırlıklı olarak 2 farklı hattın kullanacağı görülmektedir. Bu durum hem LRT sistemi ile otobüsler arasındaki rekabeti ortadan kaldıracak, hem de Millet Caddesi trafiğinde önemli bir rahatlama sağlayacaktır.

FR₂₁₃ Aktarma nokta veya noktalarını seç

DP₂₁₃ Arazi Etüdü

Araç güzergâhları ve yoğunlukları açısından ele alındığı zaman en avantajlı aktarma durağı yerinin Topkapı bölgesi olduğu gözlenmektedir. Arazi yapısı olarak incelendiğinde de Topkapı önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Geniş arazilere sahip olan bölge yeniden yapılanma projesi içerisinde kapsamlı bir değişim yaşamaktadır.

FR₂₂ Aktarmalı sistemin faydalarını elde et

DP₂₂ Yeni hat planları

Aktarma durağı dikkate alınarak yeni hat planlarının oluşturulması için:

FR₂₂₁ Ulaşım araçlarını uyumlaştır

DP₂₂₁ Tamamlayıcı hat planları oluşturma prosedürü

FR₂₂₁₁ Güzergâhları bütünleştir

DP₂₂₁₁

Ulaşım araçları güzergâh analizi

Topkapı'da aktarma durağı oluşturulması sırasında olasılık olarak düşünülen hat planlarının belirli bir sistematik içerisinde tekrar ele alınarak somutlaştırılması tasarım sürecinin bir parçasıdır. Sistemde 2 farklı toplu taşıma aracı (otobüs ve LRT) kapsam içerisine dâhil edilmiştir. Aktarmalı sistem gereği kent merkezlerindeki otobüs hatları merkez dışındaki veya daha az yoğunluklu bölgelere kaydırılmaktadır. Mevcut yapıda herhangi bir önemli yatırım kararı gerektirmeyen bu proje kapsamında mevcut alt yapı; LRT sistemi (Aksaray-Topkapı), 6 farklı kent merkezinden hareket eden 31 farklı hat için otobüsler ve 8 değişik otobüs durağıdır. Mevcut imkânlar çerçevesinde söz konusu 6 farklı merkezden hareket eden hatların bazılarının (Aksaray, Beyazıt, Beşiktaş) tamamen ortadan kaldırılması planlanmıştır. Özellikle Aksaray ve Beyazıt'taki yolcu talebi LRT sistemine kaydırılmaktadır. Burada mevcut alt yapı gerçekten birbirini tamamlar niteliktedir ve güzergâhlar zaten bütünleşik bir yapı arz etmektedir.

FR₂₂₁₂

Taşıma sistemindeki beklemleri azalt

DP₂₂₁₂

Etkin araç çizelgeleri

Kentiçi ulaşım sistemindeki en önemli performans ölçütlerinden bir tanesi toplam ulaşım sürelerinin kısaltılmasıdır. Performans artışı sağlamaya yönelik olarak önerilen aktarma sistemlerinin bu ölçütte bir artış sağlayabilmesi, aktarma anında kaybedilen zamanın minimize edilmesine bağlıdır. Uyumlu ve etkin araç çizelgelemesi, başarılı veya başarısız bir sistem yaratılması noktasında önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle farklı ulaşım araçlarının hareket saatlerinin uyumlaştırılması zorlu bir çaba olarak karşımıza çıkmaktadır. Önerilen modeldeki en büyük avantaj ise LRT sistemlerinin çok sık hareket edebilmesi ve sefer zamanlarının güvenilir olmasıdır.

FR₂₂₁₃

Araç doluluk oranları arasındaki sapmaları azalt

DP₂₂₁₃

Çok kaynaklı kapasite planlaması

Yine tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi kapasite sorunudur. Önerilen modelde Aksaray ve Beyazıt otobüsleri tamamen kaldırılarak, talep LRT sistemine kaydırılmıştır. Bu durumda Beyazıt, Aksaray – Topkapı güzergâhında LRT sistemine olan talebin artması kaçınılmazdır. LRT sistemine ilişkin talep düzeyi burada yeniden belirlenmelidir. Aynı şekilde Taksim ve Eminönü'nden hareket eden 23 farklı hat, sadece 2 hatta indirilmiştir. Bu 2 hattın sefer sıklıkları (kapasiteyi belirleyen bir faktör olarak) bu talep düzeyi dikkate alınarak belirlenmelidir.

Yeni hat planlarının oluşturulmasındaki temel prensiplerin ortaya konulmasından sonra artık somut olarak yeni hatların oluşturulmasına sıra gelmiştir. Burada yeni hatları iki gruba ayırmak mümkündür. Aktarma durağından kent dışındaki son durağa doğru olan hatlar ve aktarma durağı ile kent merkezi arasındaki hatlar.

FR₂₂₂

Güzergâh uzunluklarını kısalt

DP₂₂₂

Aktarma durağından son durağa doğru yeni hat planı

Mevcut durumda 6 farklı kent merkezinden 41 farklı hat ile 31 (ikisi Topkapı olmak üzere) farklı son durağa otobüs seferleri düzenlenmektedir. Önerilen aktarma durağı ile bu 41 farklı hattın yerini 29 hat alacaktır. Böylece 29 hattın kent merkezlerine girmesi engellenmiş olacaktır. Bu hatlardan Zeytinburnu ve Davutpaşa hatları Topkapı'dan sonra oldukça kısa hatlar olarak karşımıza çıkacaktır ve ring seferler halinde planlanmaları mümkün gözükmemektedir.

FR₂₂₃

Hat sayısını azalt

DP₂₂₃

Aktarma durağından kent merkezine doğru yeni hat planı

Aktarma durağından kent merkezine doğru, mevcut durumda var olan 6 merkezle direkt otobüs bağlantısı 3 merkeze indirilecektir. Beşiktaş ve Beyazıt yolcuları LRT sistemine, Aksaray yolcuları ise ya LRT sistemine ya da Taksim, Eminönü otobüslerine aktarılacaklardır. Böylece Millet Caddesi'ni sadece Topkapı – Taksim ve Topkapı – Eminönü otobüsleri ile sınırlı sefer sayısına sahip Topkapı – Yenikapı otobüsleri kullanacaklardır.

FR₂₃₁

Durak düzenlemelerini gerçekleştir

DP₂₃₁

Uygun yerleşim planı

FR₂₃₂

Aktarmalı sistemi teşvik edecek durak bağlantılarını gerçekleştir

DP₂₃₂

Yaya ve otobüs bağlantı yolları tasarımı

Aktarmalı durak kullanımında, yolcuların memnuniyetinin sağlanmasının ve dolayısıyla pratikte sistemin yaşatılabilmesinin temel unsurlarından birisi de aktarmanın kolay, hızlı gerçekleştirilebilmesi ile aktarma duraklarının rahat ve konforlu olmasıdır.

Topkapı’da oluşturulması planlanan aktarma durağının, ulaşımı kolay, rahat hareket edilebilir ve estetik olmasının yanı sıra LRT sistemine aktarmanın da pratik bir şekilde yapılmasını sağlaması önemlidir.

FR ₂₄	Ekonomik taşımayı sağla
DP ₂₄	Araçlar arası ücretsiz aktarma sistemi

Aktarma sisteminin temel unsurlarından biri de ücret sistemidir. Doğal olarak aktarmaların yolculara ek bir ödeme külfeti getirmemesine özen gösterilmelidir.

FR ₂₄₁	Farklı hizmet sağlayıcılar arası ücretlendirmeyi düzenle
DP ₂₄₁	Tek bilet uygulaması

Farklı ulaşım araçları arasında geçişlerin pratik bir şekilde yapılabilmesi için ortak bilet sisteminin varlığına ihtiyaç duyulacaktır. Mevcut durumda da kullanılan elektronik bilet uygulamaları bu açıdan önemli bir avantaj sağlamaktadır.

FR ₂₄₂	Hizmet sağlayıcının zarar görmesini önle
DP ₂₄₂	Aktarmalarda ücretsiz hat seçim prosedürü

Aktarmalar sırasında, ilave ücret ödemeden yolcuların aktarma yapacakları araca binmelerini sağlayacak düzenlemelere ihtiyaç duyulacaktır. Mevcut durumda belirli koşullarda uygulanan, elektronik bilet kullanıldığında ücretsiz aktarma imkânı sunan sistem, Millet Caddesi güzergâhında LRT sistemi ile otobüs arasında zaten uygulanmaktadır.

FR ₂₄₃	Alt yapıyı oluştur
DP ₂₄₃	Elektronik bilet sistemi

III. DAL: YOLCULUK SÜRELERİNİN KISALTILMASI

FR ₃	Lastik tekerlekli araçlarda yolculuk sürelerini kısalt
DP ₃	Renkli durak sistemi

Yolculuk sürelerinin kısaltılmasına yönelik genel modelde önerilen renkli durak uygulamaları yaklaşımı, çalışma kapsamında yakın mesafeli merkezlerden hareket eden otobüslerin ortadan tamamen kaldırılması ve onun yerine LRT sisteminin adapte edilmesi ile önemini yitirmiştir.

Sadece Taksim ve Eminönü’nden hareket edecek 2 farklı güzergâh için otobüs hatlarının renklendirilmesi düşünülebilir. Fakat bu durumda da hem Taksim – Millet Caddesi, hem de Eminönü – Millet Caddesi arası sefer sıklıklarının düşük olması sebebiyle renklendirilmiş hatlar duraklarda bekleme zamanının artmasına neden olacaktır.

IV. DAL: TRAFİK DİSİPLİNİ DALI

Toplu taşıma araçları, kentiçi trafik yoğunluğunun belirlenmesindeki en önemli aktörlerdir. Sınırlı taşıma kapasitesine sahip, özel ulaşım araçlarının aksine toplu taşıma araçları kullanımı trafik yoğunluğunda önemli avantajlar yaratmaktadır. Özellikle raylı sistemlerin ve deniz taşımacılığının, sistem içerisindeki ağırlığı arttıkça trafik sisteminin etkinliği de artmaktadır. Ancak özellikle kara taşımacılığında bazı hareketleri ile toplu ulaşım araçları trafik akışını engelleyici roller de üstlenebilmektedir.

Trafik sisteminin etkinliğinin artırılmasına yönelik bir çalışmada, toplu taşıma araçlarının trafik düzenine uygun hareket etmesini sağlayacak çabalara da yer verilmesi kaçınılmazdır.

FR ₄	Ana arterlerde toplu taşıma araçlarının trafik akışına olumsuz etkisini azalt
DP ₄	Toplu taşıma kuralları

FR ₄₁	Araçların trafikte akışını kontrol altına al
DP ₄₁	Halk otobüsü ve minibüsler/dolmuşlar için yeni düzenlemeler

Kara taşımacılığının temel problemlerinden birisi de trafikte düzenli bir akışın sağlanmasıdır. Toplu taşıma araçları bu düzenin bozulmasına sebep olduğu ölçüde kentiçi ulaşım sistemine zarar vermektedirler. Özellikle özel mülkiyete sahip toplu taşıma araçlarının (halk otobüsleri, minibüsler ve dolmuşlar) trafikteki hareketleri gözlemlendiği zaman görülmektedir ki burada bir çatışma söz konusudur. Halk otobüsle-

ri ya da minibüslerin temel amacı trafik düzenini bozmadan hareket etmek değil, trafikte oldukları süre içerisinde mümkün olduğunca fazla yolcu taşımaktır. Böylesi bir çatışma özellikle kent merkezlerinde önemli sıkıntılara sebep olmaktadır.

FR₄₁₁ Şehir merkezlerinde ana arterlere halk otobüslerinin girmesine engel ol
DP₄₁₁ Halk otobüsleri için özel hat planı

Önerilen modelde halk otobüsleri ve minibüsler aktarma durakları ile kent merkezleri arasında çalıştırılmayabilirler. Böylece kent merkezlerinde bu araçların disiplinsiz hareketlerinin önüne rahatlıkla geçilebilir.

FR₄₁₂ Şehir merkezlerinde ana arterlere minibüslerin girmesine engel ol
DP₄₁₂ Minibüsler için yeni hat planı

Millet Caddesi özelinde ise, Taksim – Topkapı minibüs hattı (düşük kapasiteli ve ayakta yolcu taşınması mümkün olmayan araçlar ile çalışan) bu güzergâhı kullanan tek hattır ve trafik açısından önemli bir problem oluşturmamaktadır. Bu nedenle kaldırılmasına gerek yoktur, tam tersine Taksim – Topkapı aktarma sistemini destekleyecek bir niteliktedir. Fakat Topkapı aktarma durağı ile bağlantılı olarak çalışacak Taksim, Eminönü ve Yenikapı otobüslerinin tümünün kamuya ait İETT otobüslerinden oluşması önemlidir. Böylelikle sistemde aynı güzergâh üzerinde karma olarak çalışan İETT – İHO (İstanbul Halk Otobüsleri) otobüsleri arasındaki çatışma da engellenmiş olacaktır. Halk otobüsleri Topkapı aktarma durağına bağlı 29 farklı son durakla ilişkili hatlarda kullanılacaktır.

FR₄₂ Araçların yolcu indirme/bindirme sürecini kontrol altına al
DP₄₂ Duraklama kuralları

FR₄₂₁ Yolcu indirme/bindirmelerinin olumsuz etkisini azalt
DP₄₂₁ Ayrıntılı durak düzeni

FR₄₂₂ Durak haricinde duruşlara engel ol
DP₄₂₂ Yönergeler

Toplu taşıma araçlarının trafik düzenine olumsuz etkileri sadece İHO'nin veya minibüslerin disiplinsiz hareketleri yüzünden olmamaktadır. Duraklardaki durma, yolcu alma/indirme ve hareket etme süreci de trafik düzeni açısından önemlidir. Bu nedenle konu ile ilgili otoritelerin hem durak alt yapılarını bu sürecin trafik düzenini etkilemeyeceği bir alt yapıya kavuşturması hem de yönergeler/denetimler yoluyla bu süreci disiplin altına alması trafik sisteminin etkinliğinin artırılması için gereklidir.

V. DAL: HALKLA İLİŞKİLER

FR₅ Getirilen sistemin kamuoyu desteğini sağla
DP₅ Oluşturulan iletişim sistemi

Toplu taşıma sistemleri geniş halk kitlelerini ilgilendiren bir konudur. Bu sistemlerde değişiklik yapılması kullanıcılarının onayı ve kabulü olmadan gerçekleştirilemez. Mevcut yapının aktarmalı bir yapıya dönüştürülmesi oldukça büyük ve köklü bir değişim gerektirmektedir. Edinilmiş alışkanlıkların değiştirilmesi yeni alışkanlıklar kazanılmasını zorunlu kılan böylesi bir değişim sürecinin kullanıcılara detaylı bir şekilde anlatılması zorunludur.

FR₅₁ Yeni sistemin anlaşılmasını sağla
DP₅₁ İletişim araçları

FR₅₁₁ Toplumu bilgilendir
DP₅₁₁ Yazılı/görsel medya

Değişim ve gerçekleştirilen projenin, genel hatları ve yaratması beklenen faydaları çerçevesinde ulusal ve bölgesel medya araçlarıyla insanlara aktarılması, sistemin kabul görüp görmemesinde önemli bir rol oynayacaktır.

FR₅₁₂ Bölge halkını bilgilendir
DP₅₁₂ Otobüs, durak ve pano ilanları

Bunun yanı sıra İstanbul genelinde ama özellikle uygulama yapılan bölgede otobüs, durak ve pano ilanları kullanılarak yine insanları bilgilendirici genel bilgiler kullanıcılara aktarılmalıdır. Bu bilgiler yazılı/görsel medyadaki kadar genel olmamalı belirli bir detayda bilgileri iletmelidir.

FR₅₁₃ Kullanıcıları bilgilendir
DP₅₁₃ Bilgilendirici/tanıtıcı personel

Bireysel iletişim kurulabilecek görevliler kullanıcıların bilgilendirilmesinde çok önemli bir role sahiptirler. Bu nedenle sisteme geçiş sürecinde, proje kapsamında kalan bölgede danışma birimleri oluşturulmalıdır. Özellikle Taksim, Eminönü, Beyazıt, Topkapı, vb. merkezlerde oluşturulacak danışma masaları ile kullanıcıların bireysel soruları cevaplanmalıdır.

FR₅₂ Kullanıcılara seçim şansı yarat
DP₅₂ Karma uygulamalı geçiş sistemi

İletişim kanalları çok etkin kullanılsa bile kullanıcıların mevcut alışkanlıklarından kurtulmaları ve yeni getirilen sistemin avantajlarının görülebilmeleri için bir geçiş dönemi mutlaka planlanmalıdır.

FR₅₃ Yeni ulaşım modelini gelen şikâyetler doğrultusunda geliştir
DP₅₃ Şikâyet hattı ve değerlendirme sistemi

Son aşamada ise oluşturulacak şikâyet hattı ile uygulamaya konulan sisteme ilişkin eleştiriler dinlenerek, sistemde gerekli iyileştirmeler yapılabilir. Şu anda İETT’de bir ücretsiz telefon hattı mevcuttur ancak böylesi bir proje kapsamında bu hattın kapasitesi genişletilerek, kullanıcıların İETT yetkililerine rahatlıkla ulaşması sağlanabilir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, Aksiyomlarla Tasarım yöntemi kullanılarak, kentçi otobüs taşımacılığı hat planlaması probleminin çözümü için yeni bir yol haritası önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır.

Önerilen yol haritasının geliştirilmesi sırasında kullanılan Aksiyomlarla Tasarım yaklaşımı ve özellikle bağımsızlık aksiyomu, tasarım sürecinin ve amaçlarının etkin, hızlı ve güvenilir bir şekilde tanımlanabilmesini sağlamıştır. Bunun yanı sıra önerilen yol haritasına alternatif oluşturabilecek yeni bakış açılarının ortaya konulabilmesi için de sistematik, düşünsel bir alt yapı oluşturmuştur.

Önerilen hat planlaması yol haritası ise özellikle kent merkezlerinde ortaya çıkan “baskıyı” ortadan kaldırarak kent trafiğinde genel bir rahatlama yaratabilme çabasına yönelik olarak geliştirilmiştir. Seyahat süreleri, ortalama bekleme zamanları, otobüslerin ortalama yolculuk süreleri, otobüs doluluk oranları, yolcuların otobüslere homojen dağılımı, kullanılan toplam otobüs sayısı, bütünleşik bir ulaşım sistemi sağlayabilme yeteneği, otobüslerin trafiğe çıkış hızı, enerji verimliliği, güvenilirlik, çevre düzenlemeleri vb. temel performans ölçütlerinde olumlu gelişmeler sağlanması hedeflenmiştir. Bu performans ölçütleri çerçevesinde önerilen yol haritasının hayata geçirilmesine ilişkin alternatif “modellerin” geliştirilerek değerlendirilmesi ve mevcut sisteme göre avantajlı olup olmadığının belirlenmesi, bu çalışmayı tamamlayıcı nitelikte ayrı bir çalışmanın konusunu oluşturacaktır. Bu değerlendirme aşamasında ortaya konulabilecek farklı alternatifler arasında en iyi çözümün seçilmesi ise “Bilgi Aksiyomu” (Aksiyom 2) yardımıyla gerçekleştirilecektir.

6. KAYNAKLAR

1. Albano, L.D. and Suh, N.P. (1992) Axiomatic Approach to Structural Design, *Research in Engineering Design*, 4(3), 171-183.
2. Babic, B. (1999) Axiomatic Design of Flexible Manufacturing Systems, *International Journal of Production Research*, 37(5), 159-1173.
3. Ceder, A., Golany, B. and Tal, O. (2001) Creating Bus Timetables with Maximal Synchronization, *Transportation Research Part A*, 35, 913-928.
4. Chang, Y.H., Yeh, C.H. and Cheng, J.H. (1998) Decision Support for Bus Operations Under Uncertainty: A Fuzzy Expert System Approach, *Omega*, 26(3), 367-380.
5. Chen, K.Z. (1998) Integration of Design Method Software for Concurrent Engineering Using Axiomatic Design, *Integrated Manufacturing Systems*, 9(4), 242-252.
6. Chen, K.Z. (1999) Identifying the Relationship among Design Methods: Key to Successful Application and Development of Design Methods, *Journal of Engineering Design*, 10(2), 125-141.
7. Chen, K.Z. (2001) Development of Integrated Design for Disassembly and Recycling in Concurrent Engineering, *Integrated Manufacturing Systems*, 12(1), 67-79.
8. Chen, S.J., Chen, L.C. and Lin, L. (2001) Knowledge-Based Support for Simulation Analysis of Manufacturing Cells, *Computers in Industry*, 44, 33-49.

9. Cochran, D.S., Arinez, J.A., Duda, W.D. and Linck, J. (2001/2002), A Decomposition Approach for Manufacturing System Design, *Journal of Manufacturing Systems*, 20(6), 371-389.
10. Durmuşoğlu, M.B. ve Kulak, O. (2004) Aksiyomlarla Tasarım İlkelerine Göre Takım Çalışması Esaslı Ofis Hücrelerinin Planlanması ve Uygulanması, *Endüstri Mühendisliği*, Ocak-Mart, Sayı 1. Available from: <http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2004_1/index.html>[Accessed July 28, 2004].
11. Durmuşoğlu, M.B., Kulak, O. and Tüfekçi, S. (2002) An Implementation Methodology for Transition from Traditional Manufacturing to Cellular Manufacturing Using Axiomatic Design, *Second International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge.
12. El-Haik, B. and Yang, K. (1999) The Components of Complexity in Engineering Design, *IEE Transactions*, 31, 925-934.
13. Febbara, A.D. and Sacone, S. (1996) Modelling and Performance Analysis of Urban Transportation Networks, Eds. Bianco, L., Toth, P., *Advanced Methods in Transportation Analysis*, Springer-Verlag, Berlin.
14. Giachetti, R.E. (1999) A Standard Manufacturing Information Model to Support Design for Manufacturing in Virtual Enterprises, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10, 49-60.
15. Goczyła, K. and Cielatkowski, J. (1995) Optimal Routing in a Transportation Network, *European Journal of Operational Research*, 87, 214-222.
16. Hensher, D.A. and Daniels, R. (1995) Productivity Measurement in the Urban Bus Sector, *Transport Policy*, 2(3), 179-194.
17. Huang, G.Q. and Jiang, Z. (2002) Web-Based Design Review of Fuel Pumps Using Fuzzy set Theory. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 15, 529-539.
18. *İstanbul Kentiçi Ulaşım Şurası* (2002) Kent ve Ulaştırma Planlaması Komisyonu 1. Taslak Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
19. Kar, A.K. (2000) Linking Axiomatic Design and Taguchi Methods via Information Content in Design, *First International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge.
20. Kaufman, D.E., Nonis, J. and Smith, R.L. (1998) A Mixed Integer Linear Programming Model for Dynamic Route Guidance, *Transportation Research Part B*, 32(6), 431-440.
21. Kim, S.J., Suh, N.P. and Kim, S. (1991) Design of Software Systems Based on Axiomatic Design, *CIRP Annals*, 40, 165-170.
22. Kulak, O., Durmuşoğlu, M.B. and Tüfekçi, S. (2005) A Complete Cellular Manufacturing System Design Methodology Based on Axiomatic Design Principles, *Computers and Industrial Engineering*, 48(4), 765-787.
23. Lee, R.W. and Rivasplata, C.R. (2001) Metropolitan Transportation Planning in the 1990s: Comparisons and Contrast in New Zealand, Chile and California, *Transportation Policy*, 8, 47-61.
24. Loizides, J. and Tsionas, E.G. (2002) Productivity Growth in European Railways: A New Approach, *Transportation Research Part A*, 36, 633-644.
25. Martin, S.B. and Kar, A.K. (2002) Axiomatic Design for the Development of Enterprise Level E-Commerce Strategies, *Second International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge.
26. Matas, A. and Raymond, J.L. (1998) Technical Characteristic and Efficiency of Urban Bus Companies: The Case of Spain, *Transportation*, 25, 243-263.
27. May, A.D., Shepherd, S.P. and Timms P.M. (2000) Optimal Transport Strategies for European Cities, *Transportation*, 27, 285-315.
28. Murray, A.T. (2001) Strategic Analysis of Public Transport Coverage, *Socio-Economic Planning Sciences*, 35, 175-188.
29. Murray, A.T., Davis, R., Stimson, R.J. and Ferreira, L. (1998) Public Transportation Access, *Transportation Research Part D*, 3(5), 319-328.
30. Ng, N.K. and Jiao, J. (2004) A Domain-Based Reference Model for the Conceptualization of Factory Loading Allocation Problems in Multi-Site Manufacturing Supply Chains, *Technovation*, 24, 631-642.
31. Oudheusden, D.L. and Zhu, W. (1995) Trip Frequency Scheduling for Bus Route Management in Bangkok, *European Journal of Operational Research*, 83, 439-451.
32. Pedersen, P.A. (2003) On the Optimal Fare Policies in Urban Transportation, *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(5), 423-435.
33. Phal, G. and Beitz, W. (1988) *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer-Verlag, Great Britain.
34. Prakash S, Balaji B.V. and Tuteja D. (1999) Optimizing Dead Mileage in Urban Bus Routes Through a Nondominated Solution Approach, *European Journal of Operational Research*, 114, 465-473.
35. Qiao, F., Yang, H. and Lam, W.H.K. (2001) Intelligent Simulation and Prediction of Traffic Flow Dispersion, *Transportation Research Part B*, 35, 843-863
36. Suh, N.P. (1990) *The Principles of Design*, Oxford University Press Inc., NY.

37. Suh, N.P. (1995) Designing-in of Quality through Axiomatic Design, *IEEE Transactions on Reliability*, 44(2), 256-364.
38. Suh, N.P. (1998) Axiomatic Design Theory for Systems, *Research in Engineering Design*, 10, 189-209.
39. Suh, N.P. (2001) *Axiomatic Design: Advances and Applications*, Oxford University Press, NY.
40. Wallace, D.R. and Suh, N.P. (1993) Information-Based Design for Environmental Problem Solving, *CIRP Annals*, 42(1), 175-180.
41. Wu, C.C., Chen, Z. and Tang, G.R. (1998) Component Tolerance Design for Minimum Quality Loss and Manufacturing Cost, *Computers in Industry*, 35, 223-232.
42. Yang, H., Bell, M.G.H. and Meng, Q. (2000) Modeling the Capacity and Level of Service of Urban Transportation Networks, *Transportation Research Part B*, 34, 255-275.
43. Zubieta, L. (1998) A Network Equilibrium Model for Oligopolistic Competition in City Bus Services, *Transportation Research Part B*, 32(6), 413-422.