



Yenilikçi Toplu Ulaştırma ve Bu Bağlamda Sıklık Hizmet Parametresinin İncelenmesi

Mehmet Çağrı Kızıldaş^{1*}, Durmuş Akkaya²

¹ İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9852-9428)

² T.C. Uşak Belediye Başkanlığı, Uşak, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9234-9047)

(İlk Geliş Tarihi 17 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 27 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1075141)

ATIF/REFERENCE: Kızıldaş, M. Ç. & Akkaya, D. (2022). Yenilikçi Toplu Ulaştırma ve Bu Bağlamda Sıklık Hizmet Parametresinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (41), 315-323.

Öz

Teknolojik gelişim paralelinde ulaşırmada hızlı değişimler kaydedilmektedir. İçinde bulunduğumuz çağda ulaşırmada kentleşme, dijitalleşme ve sürdürülebilirlik önemli etkilere sahip olacaktır. Söz konusu unsur ve süreçlerin toplamı ise büyüyen kentli nüfusun etkin ve verimli ulaştırma talebini tetikleyecek olup bu da toplu ulaştırma hizmet parametrelerini ve yeniden teşekkül süreçlerini doğrudan etkileyecektir. Bu bağlamda yüksek hızlı ve yüksek kapasiteli toplu ulaştırma talebi özellikle büyük kentlerde önemli bir fenomene dönüşme emarelerini göstermeye başlamaktadır. Bu çalışmada ilk olarak kent ve ulaşım ilişkisi toplu ulaştırma merkezli olarak açıklanmış olup ardından sıklık konusuna değinilmiştir. Akabinde ise sıklık optimizasyonu ile ilgili çalışmalar, arz talep ilişkileri ve ilgili modeller detaylı olarak incelenmiştir. Bu kapsamda da son olarak sonuç ve öneriler paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplu Ulaştırma, sıklık, optimizasyon

Analyse of Innovative Mass Transport and Punctuality Service Parameter on This Context

Abstract

On the parallel of technological advancement, rapid changes are recorded in transportation. In this century, urbanization, digitalization and sustainability will have important effects on transport. Whole of these mentioned parameters and phases will trigger demand of effective and efficient transport of largening urban population that is going to affect directly to mass transport service parameters and reform aspects. In this context high speed and high capacity mass transport demand begin to transform a big phenomenon especially on big cities. In this paper firstly city and transportation relation is expressed in the center of mass transport and then punctuality is mentioned. After these punctuality optimizations related studies, supply demand concepts and related models are reviewed in detail. In this frame, conclusions are shared.

Keywords: Mass transport, punctuality, optimization

* İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye ORCID: 0000-0001-9852-9428, themacagri@yandex.com

1. Giriş

Düzenli bir kent yaşamı oluşturmanın gösterge derecesi bireylerin kullandıkları ulaşım sistemlerinin düzenli ve kolay ulaşılabilir olmasıyla doğru orantılıdır. Yaşanılan bölge ile iş yerleri ya da ulaşım istenen bölgeler arasındaki ulaşımı hangi yolla ve hangi ulaşım yöntemiyle olursa olsun minimum süre (bekleme, yaya devam etme ve araçla fiili seyahat) ile gerçekleştirmek kaliteli bir seyahatin varlığını ortaya koyabilir.

Bu durum bireyleri, özel araçlarla seyahat etmektense başka sebeplerle birlikte dünyanın her yerinde toplu ulaşımaya yönlendirmektedir. Çünkü toplu ulaşım, denetimi daha kolay ve trafikte daha az yoğunluk oluşturan, izleyeceği güzergâhın planlanabildiği ve güvenlik açısından da oldukça elverişli bir ulaşım yöntemidir. Tabii ilgili idareler tarafından toplu ulaşımın güvenlik, konfor, dakiklik, erişilebilirlik ve maliyet gibi parametreler ile planlanarak "insan odaklı" hale getirilmesi ile doğru orantılı olarak bu yönlendirme anlam ve değer kazanmaktadır (Tzeng G. ve Shiau T., 1988).

Bunun yanında, türel dağılıma göre çeşitlendirilmiş ve bölge durumuna göre birbiriyle uyumlu ve entegre bir şekilde olması gereken ulaşım araçlarındaki insan odaklı yaklaşımla şekillendirilmiş toplu taşıma konusunda yapılan çalışmalar ile bu yönlendirme hızı artırılabilir. Örneğin toplu ulaşımındaki sıklık tayini çalışmaları trafikte minimum seyahat süresini hedef almaktadır.

Sıklık konusu minimum seyahat süresinin yanı sıra zamanın verimli kullanımı ile de ilgilidir. Sıklık hizmet parametresi öte yandan güvenilirlik ve dakiklik hizmet parametreleri ile de eş ve benzeş anlamlara sahiptir. Buradan da hareketle güvenilirlik parametresi bir toplu ulaştırma hizmetinin sefer çizelgesinde açıklanan istasyon varış zamanlamalarına uyma kabiliyeti ile ilgili olup bu parametreye yeterince sahip olan bir tür için ilgili kullanıcı zamanlama hesabında toleranslı davranmak durumunda kalmayacak ya da minimum toleransı dikkate alacaktır. Bu tolerans, geç kalmama kaygısı ile kalkış noktasından, normalin ötesinde erken çıkmak sonucunu doğurur. Bunun birçok zaman nihai sonucu ise varış noktasına da hedef zamanlamasından erken varmaktır. Ki bu da erken varılan noktada kalan süreyi çoğu zaman verimsiz geçirme neticesini ortaya koyacaktır.

Dolayısı ile de bütün bunlardan hareketle sıklık hizmet parametresinin zamanın değer ve zamanın parasal değer git gide daha da artan ve hissedilir olan büyük kentlerde daha da önemli hale gelmekte olduğu söylenebilir. Kentleşmenin yüzyılın hareketlilik fenomenlerinden birisi olduğu ve büyük kentlerin ve kent nüfusunun hem ülkemizde hem bölgede ve hem de küresel ölçekte sürekli olarak arttığı düşünülecek olur ise sıklık hizmet parametresinin artan önemi, yüksek hız ve yüksek kapasiteli toplu ulaştırmaya olan ihtiyaç ve sıklık parametresinin konfor, güvenlik, emniyet ve hız üzerindeki etkisi de daha iyi anlaşılabilir (Kızıldaş, M.Ç., 2014).

Bir toplu taşıma sistemi tasarlanırken, planlayıcılar -tasarımcılar kullanıcıların fiyat, işletim ve seyahat süresi parametrelerinin parasal maliyetlerince hesaplanmış olan sistem maliyetlerinde etkisi olan kararlar almaktadırlar. Otobüse dayalı sistemlerde, literatürde toplu ulaştırma sistemi tasarlanırken 5 aşama tanımlanmaktadır;

- 1) Güzergâh Ağı Tasarımı,
- 2) Sıklığın Belirlenmesi,

- 3) Zaman Çizelgesi Tasarımı,
- 4) Filo Tayini,
- 5) Personel Atanması.

Gerçek sistemlerde genellikle bu aşamalar bir silsile halinde icra edilmekte olup bir aşamada alınan kararlar sonraki aşamalarda kararları da sıralı bir şekilde etkilemektedir. Aynı zamanda bu kararlar planlamanın stratejik (uzun vadeli), taktik (orta vadeli) ya da operasyonel (kısa vadeli) bağlamda olmasına göre değişen planlama bakış açıları ile karara bağlanmaktadır.

Toplu ulaştırma sisteminin stratejik planlaması süresince (özellikle hat rotaları, örneğin güzergâh ağları tasarlanırken) sıklığın bir ön düzenlemesine ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda taktik planlama süresince, sıklıkları güzergâh ağı tasarımlarındaki değişimleri karşılayacak şekilde ya da günün farklı zamanları ve yılın farklı mevsimlerine göre değişen talebe göre ayarlamak gerekmektedir. Sıklıklar hem kullanıcıyı (bekleme süreleri, hat kapasiteleri) ve hem de işletimciyi (gerek duyulan filo boyutuna göre hesaplanan işletme maliyetleri) etkilemektedir (Rawls, J., 1971)

Sıklık tayini, hat üzerindeki sıralı otobüsler arasında, O-D matrisince belirlenen talepleri ve rotaları (cadde kesimleri ve otobüs durakları) bazlı hesabı ifade etmektedir. Sıklık tayini problemine literatürde bir optimizasyon problemi olarak yaklaşılmakta olup genellikle amaç fonksiyonu, diğer altyapı ve politik kısıtlarla birlikte filo boyutu kısıtı altında, kullanıcının toplam seyahat süresinin (yürüme, sefer ve bekleme süreleri) minimizasyonunu ortaya koymaktadır. Sıklık optimizasyon modelleri, kullanıcı bakış açısından (tipik olarak bekleme süresi) sistemin performansı ile ilgili ölçütleri içermesi gerektiğinden, otobüs hatları dizisine göre kullanıcı davranışının bir alt modelini içermelidirler. Bu gibi bir alt model, atama alt modeli olarak bilinmekte olup genellikle karmaşık bir formülasyon ve çözüm yöntemine sahip olmakta, bu durum özellikle otobüs kapasitesi etkisinin kullanıcı davranışı modellenmesinde hesaba katılmaktadır. Söz konusu karmaşıklık, bütün bir sıklık optimizasyon modeli karmaşıklığının önemli bir kısmını meydana getirmektedir. Dahası toplu ulaştırmadaki bir atama sisteminin doğruluğu birçok durumda uygulandığı andaki duruma göre şekillenmektedir (Kızıldaş, M.Ç., 2014).

2. Materyal ve Metot

Karayolu açısından bakıldığında durak ve cadde kesimleri gibi seyahat yolu tarafından verilen bir dizi toplu taşıma hattı için müteakip ulaşım aracı (otobüs, minibüs vb.) seferleri arasındaki zaman aralığının hesaplanması hedefi ile yapılan toplu taşımada sıklık optimizasyonu konusunda yapılan çalışmalarda yakınsak çözümler üreten, nonlinear modeller bulunmaktadır. Modellerin nonlinear olması, sıklık ile bekleme süresinin doğru orantılı olmamasından ve nonlinear çözümlerdeki farklı hat sonuçları arasındaki interaktif etkinin de modellenmesinden ileri gelmektedir. Atama alt modellerini içeren mevcut modeller, reel hayat ile farklı seviyelerde uyuma sağlamaktadırlar. Yöntemlerin denenmesinde kullanılan durumlar, sınırlı büyüklükteki hatlardan ortalama büyüklükteki şehirlerde bulunan 100'ün üzerinde hatlara kadar oldukça geniş yelpazede çeşitlenmektedir. Yapılan çözümlerlerin verimli bir kalkış-varış talebi ve uygun araç filosu kısıtlarını sağlaması beklenmektedir.

Yapılan çalışmalara bu beklentinin dâhil olması ile ilgili önemli 2 konu gündeme gelebilir;

- 1) Hâlihazırdaki sıklık optimizasyon modelleri için "Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama (MILP)" modeli

önerilmektedir. Önerilen programlamanın çözüm yapısı ile ticari bir MILP denklemi bütüncül olarak çözüme kavuşturulabilmektedir. Araştırma sonuçlarında kabul edildiği görülen bu yapı atama alt modelini de içermektedir.

2) Orta büyüklükteki hatların çözümü için önerilen model sezgisel ötesi yaklaşım olup, doğruluğu optimum çözüm mantığıyla literatürde kesin çözüm olarak kabul edilen modeller ile karşılaştırma yapılarak belirlenmektedir.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda optimal çözüm becerisi olarak doğruluğu kesin olarak ispatlanmış bir metot bulunmamakta olup, ancak doğruya en yakın çözümün olduğu kabul edilen metotların varlığından söz edilebilir. Daha küçük ölçekli çalışmalarda çözümlerden elde edilen gelişmelerin toplu ulaşımında sıklık optimizasyonlarında kullanılması ile parçadan bütüne erişme yolu ile optimum çözüm aranmıştır.

Sıklık optimizasyonu ile ilgili çalışmalarda literatür, matematiksel modellerin, ilgili formülasyonların ve önerilen sezgisel ötesi çalışmanın, problemin çözümü ile ilgili yaklaşımın irdelenmesine ve sınamalı metotlarla nümerik sonuçların değerlendirilmesine yönlendirmektedir. Bundan dolayı sahadan veri elde edilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Ancak önerilen bütün modeller hat boyunca bir kesimin bitiş noktası ya da verisi bulunan bir sınırdaki temsili olarak düşünülen (merkezi) nokta ve durakları ifade eden noktaları ihtiva eden bir grafiğe göre çözümlenmektedir (Ilıcalı, M. vd. 2013).

Özellikle 1995 yılındaki çalışmalarla başlayan ve geçmiş yıllarda yoğun bir şekilde tartışılarak oluşturulan modellerden bir tanesi olan optimal stratejili atama modellerini baz alan açık formülasyona sahip olan model sıklık optimizasyonu konusunda sıklıkla kullanılmaktadır. Oluşturulan modelin karakteristiği, doğruluğu ve değerlendirilmesi konularında ilk tartışıldığı zamanlarda kesin çözümler vermediği gibi yaklaşık olarak da doğrulanmış bir model olarak karşımıza çıkmamaktadır.

Sıklık optimizasyonu, 1995 yıllarındaki literatürde nonlineer, yeknesak bir problem olarak karakterize edilmektedir. Model, yüksek olan sınır seviyelerinde filo büyüklüğünün fizibilitesi ve toplam seyahat süresinin en aza indirgenmesi olarak ifade edilirken, daha düşük sınır seviyelerinde kullananların optimal strateji atama modellerine göre yolculuk süresinin en aza indirilmesini şeklinde ifade edilmektedir. Modeli ifadesinde, hat gösterimlerinin ardından, talep ve kullanıcı davranışlarının gösterimleri açıklanmakta, sonrasında, önerilen lineerleştirme ile sıklık optimizasyon modeli ortaya konulmaktadır.

1980'li yıllarda yapılan çalışmalarda önerilen modelde, bekleme süresinin yanında sefer ve yürüme süresinde de en aza indirmeye konuları gündeme getirilmiştir. Ayrıca filonun büyüklüğü konusunda bir kısıtlama da öngörülmemektedir. Kullanıcıların hareketleri modele ihtiva edilmiş, verisi bulunan bir O - D çifti içerisinde talepler otobüsün kapasite kısıtına ve dağılıma göre bağımsız hatlar arasında dağıtılmıştır. Kullanılan çözüm, dışbükey olmayan bir amaç fonksiyonuna sahip olup, lineer veya dışbükey kısıtlılıklara sahiptir (Engel-Yan, J. ve Passmore, D., 2010).

Modelde sezgisel yaklaşımla 2 kademe önerilir:

1. Öncelikle kapasite açısından minimum sınırlılık sağlayabilmek adına güzergâh yoğunluğunun ve kullanıcı akımının bir döngü ile belirlendiği bir paylaşım süreci uygulanır,

2. Daha sonra da ilave bir paylaşım prosedürü ile sadece lineer kısıtlar dâhilinde problem çözümü gerçekleştirilir.

Öneri yöntem Mısır'ın Kahire kentinde uygulanmış olmasına rağmen kurgu 6 düğüm noktası ve 3 güzergâh için yapılmıştır. 2010 yılı sonrası yapılan çalışmalarda, otobüs sıklık optimizasyonu için genetik bir algoritma önerilmesi konusu

görebilmekteyiz. Bu öneri, sıklık problemlerine sezgisel ötesi yaklaşımın uygulandığı ilk örneklerdendir. Çalışmadaki optimizasyon modeli, bekleme süresi ile sefer süresinin en aza indirgenmesi filo büyüklüğü engeline bağlı bir konu gibi değerlendirilip, yolcu davranışları, "optimal stratejili atama modeli" olarak kurgulanmaktadır.

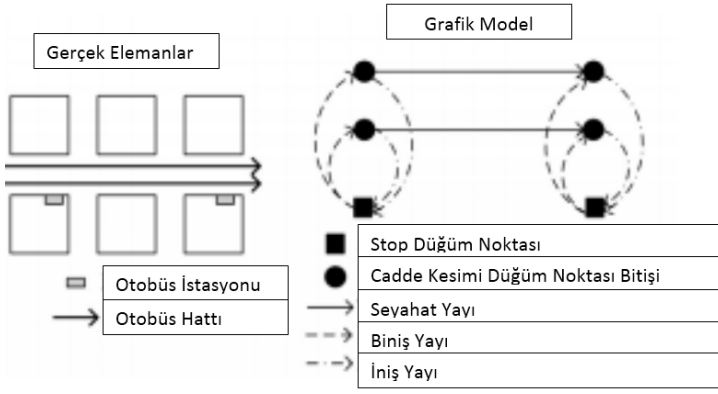
2012 yılı itibari ile toplu taşıma dakiklik optimizesi hakkındaki en son referans araştırmalarına ulaşılabılır olup bu bağlamda aynı derecede bir model önerisi ortaya konulmuştur. Bundan daha ileri düzeyli limitler dâhilinde ise bir toplam maliyet değişken denkleminin ortaya konulması ise frekansların ve otobüs filolarının farklılaşması bağlamında icra edilmekte olup burada ise Tabu çalışması ve Hooke Jeeves algoritması ise sezgisel bir çalışma olarak gerçekleştirilmektedir. İndirgenmiş limit dereceli sorunsal ise 1993 tarihinde gerçekleştirilen bağlantılı çalışmalar dâhilinde formüleştirmek sureti ile kapasite limiti olan tayin etme problemlerini açıklamaktadır. Sonuç olarak ise frekans optimize işlemi adına muhtelif modeller literatürde ortaya konulmuş iken bir diğer taraftan ise bir hayli benzer hedef fonksiyonları ve sınırlılıklarına haiz olmaktadır. Hesaba katılan tayin işlemlerinin çoğu ise al modellerinde söz konusu hipotezlerinde minimal farklılaşmaları ortaya koymaktadır. Birçok zaman otobüs kapasitesi ile ilgili hatlarda gerekli kapasiteyi yolcu tatminine göre tayin etmesine ihtiyaç duyulan planlamacılar tarafından bir limit değer olarak eklenmek yönünde desteklenmektedir. Öte yandan ise de 2000'li seneler itibari ile yapılan araştırmalar otobüs kapasite tesir modelini yolcu yaklaşımları üzerinde alt tayin edici modeller aracılığı ile tikanıklık tayin etme dâhilinde gerçekleştirilmektedir.

Toplu taşıma ile ilgili çalışmalarda öncelikle arz - talep unsurları ele alınmaktadır. Arz tarafında, hâlihazırdaki duraklar ve cadde kesimlerine göre güzergâhları belirlenmiş hatlar mevcut olup bu hatlardaki sıklık, optimizasyon modeli ile tespit edilmektedir. Talep olarak; kentte farklı noktalara erişme ihtiyacı olan kullanıcı grupları bulunmaktadır. Verili bir hat dizisi ile kullanıcı grupları bu gibi ihtiyaçlarını mevcut hatlarla gerçekleştiriminin yolunu belirlemektedirler.

Şekil 1'de arz gösterimi doğrudan bir grafikte ifade edilebilmektedir. Düğüm noktaları, her bir hat için cadde kesimleri ve durakları ifade etmektedir. Noktalar arasındaki çizgiler seyahat yolları olarak isimlendirilmekte ve bu yollar negatif değer almayan sabitlenmiş seyahat sürelerinde ilerleyen hatlar boyunca yolcuların hareketlerini göstermektedir.

Bir noktadan diğer noktaya bağlanan çizgi gidiş yayı, geri dönüş çizgisi de dönüş yayı olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1'deki gibi bir modele dayalı olarak, her bir hat dizisindeki bir hattın önceki ve sonraki güzergâha ya da dairesel bir güzergâha sahip olduğu dikkate alınmaktadır. modelde gösterilen güzergâh dahili seyahat yollarının birleşiminden meydana gelmektedir. Herhangi bir hat için, rotanın yoğunlaşma şekli kapalı bir daire veya daire ise tekil rota olarak dikkate alınmaktadır. Bu çevrimden hareketle de gidiş dönüş süresi çözümlenebilmektedir (Litman, T. 2012).

Bu noktada atamada bir alt model kullanıcı davranışının tayini ve tasnifi için önemli olmaktadır. Burada model adı altında ortaya konulan şey ise bir yolculunun toplu ulaştırmayı kullanmak vasıtası ile bir kalkış noktasından bir varış noktasına ulaşmasından ibarettir. Bu da yolcunun önüne çıkan otobüs işgal düzeyleri ve bekleme periyotları yolu ile sistemin icrasının ölçülmesi için gerekli olmaktadır. Kullanıcıların sıklıklara bağlı kararları, bütün bir optimizasyon modelinin karar değişkenleri oldukları için, atama alt modeli ile fazlasıyla bağlantılı olduğu dikkat edilmelidir.



Şekil 1: Grafik Model (Litman, T. 2012)

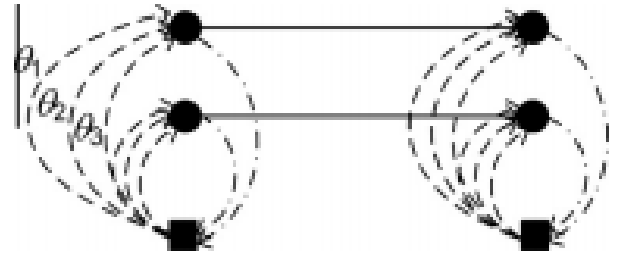
Şekil 1'e göre verili bir O-D çifti olan x için, A olarak adlandırılan bir yay alt kümesi gibi bir strateji söz konusu olup Ox 'den Dx 'e olan ulaşım için, kullanıcıların öncelik olarak belirlediği bütün hatları ifade etmektedir. Burada seçilen stratejinin bütün yolculuk zamanını azamiye indirgeyen bir yolcunun varlığı kabulüne dayanmaktadır. Bunun için ise öne çıkan hatlar serisini kalkış ve varış duraklarını bağlantılandıran tüm muhtemel hatlar arasından seçen bir kullanıcının varlığı söz konusu olmaktadır. Yolcu bu aşamada ayrıca sistemdeki tüm rotalardaki izleme yolculuk zamanlamalarıyla ilgili bilgiyi dikkate almakta, hepsinin sıklıkları ile ilgili bilgi sahibi olmakta ve bekleme zamanlarını tayin etmek gereksinimini de duymaktadır.

V_n (n düğüm noktasındaki akım) ve X_a (optimal stratejiye ait a yayı olup bir çift değişkeni ifade etmektedir) değişkenlerinin gösterimi üzerine atama problemi, bekleme süresi çözümlemesi ve sıklık dağılım kuralı içeren amaç fonksiyonunda seyahat süresinin minimizasyonunu formüle edebilmektedir, V_a a yayında sefere karşılık gelen hattın sıklığı (otobüs/zaman birimi) olan n düğüm noktası ve f_a 'dan üretilen yaylar olan a yayı boyunca talep akışının miktarını göstermektedir. Söz konusu lineer olmayan açıklamalar ve ikili bilinmeyenler ihtiva eden optimizasyon sorunu bağlamında ise de kapsamlı teferruatlara ise çeşitli bağlantılı çalışmalar üzerinden ulaşmak söz konusu olabilmektedir. Bu kapsamda modelin indirgenmesi çalışmaları ise bilinmeyenlerdeki farklılaşmaların ortalaması ve nihai modelin uygulanabilir lokasyonunun dikkate alınması bağlamında gerçekleşmektedir (Altan, M.F. ve Kızıldaş, M.Ç., 2019).

Söz konusu formüleleştirme lineerdir ve en kısa patika sorununa oldukça benzeşmektedir. Farklı olan ise de hedef fonksiyonunda düğüm noktalarını gösteren bir bileşenin ihtiva edilmesi ve verilmiş bir durak ve varış durağından geçen çekim yolları arasındaki talep şekillenmesini ifade eden bir sınırlılığın bulundurulması olup söz konusu bu sınırlılıktan ötürü de atama sorununun çözülmesi grafik üzerinde yegâne bir patika olmayıp varış noktası ve kalkış noktası arasındaki patikaları ihtiva eden bir hiper güzergâhtır.

Bu kapsamda herhangi bir hattın sıklığı için olası değeri temsilen, negatif değer almayan her bir θ_i için verili $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_m)$ dizisinin ortalamasınca sıklık aralıklarının ayrık tanımı yapılmaktadır. Sıklıkların fizibil bir dizisi her bir hat için bir θ değeri oluşturmaktadır. Ayrıca G grafiği için yeni bir yapı tanımlanmış olup bu yapıda her bir θ değeri için bir sefer yayına sahip olan verili bir istasyonca her bir hattan geçilmektedir. Şekil 2'de bu gibi bir yapı Şekil 1'deki örneğin

üzerinden ortaya konmakta ve 3 ayrı sıklığa sahip bir θ örneği üzerinden gidilmektedir.



Şekil 2: Ayrışık Sıklık Alanlarını İfade Eden Model Grafiği (Altan, M.F. ve Kızıldaş, M.Ç., 2019)

Ardından eğer l hattında θ_f sıklığı ortaya çıkıyorsa, ylf ikili değişkeni uygulanmaktadır. Bu tanımlamalar ve belirlenen atama alt modeline dayalı olarak, B 'nin filo boyutundaki üst limit, $f(a)$ 'nın söz konusu yay karşılık gelen hattı gösteren $l(a)$ ve a yayınca ifade edilen θ sıklığındaki endeksi gösterdiği durumda sıklık optimizasyon modeli formüle edilmektedir. OD çiftinin ikamesi olarak x endeksinin eklendiği de not edilmelidir.

Bu çerçevede eş anlı karar almaların açıklanması için de formüller yolu ile planlamacıların akış atamaları (v ve w değişkenleri) ile ilgili kullanıcıları seçimlerinin yerine ikamesi dâhilinde sıklık (y değişkeni) tespitleri söz konusu olmaktadır. Burada hedef fonksiyonu sınırlılıklar, y parametresi ve muhtemel denklemleri ihtiva etmektedir ancak öte yandan model v 'nin asgarileştirilmesi adına söz konusu şekildedeki parametreleri ihtiva eden sınırlılıklara nispetle söz konusu değerleri seçecektir. Bu bağlamda yay akım değeri olan v ise minimize edilir iken hedef fonksiyonunda yay uyarlabilirliği (mesela sıklık) ve akışın muhafazasına uymak sureti ile bu durum gerçekleştirilmektedir. Bekleme süresi olan w ise aldığı değer itibari ile daha indirgenmiş bir denklem sergiler iken diğer taraftan ise ayrıca hedef fonksiyonunda asgarileştirilmektedir.

Yüksek boyutlu örneklerinin çözülmesinin kolay olmayacağı tahmin edilir iken diğer taraftan ise önerilmiş olan tam sayılı doğrusal programlama (MILP) formülünün ise hesap imkânları dahilinde optimum bir açıklamayı sıklık optimizasyon sorununa temin etmesi beklenmektedir. Sıklık mesafelerinde münhasırlığın icra edilmesi ile beraber sorunun çözülme bölgesinin üstün olduğu kombine bir hâlihazırda evrileceğinin de altının çizilmesi gerekmektedir.

Nispi optimal noktaya yakınsamayı devre dışı bırakmak adına ise nispi tarama sistematığının esasına tabu mahiyeti icra edilmektedir. Alt tayin edici modellere yoğun bağımlılığı bertaraf etmek adına ise tabu çalışmasının münhasır bir sistematığının icrası söz konusu olmaktadır. Nüfus temelli bir sezgisel ötesi modelin ise bütün ürün süreçlerinin çok miktarda bireyde ele alınmaya sebebiyet vermesinden ötürü ise yaklaşık bir sistematik gerektirmeye ihtiyaç duyduğu da ayrıca vurgulanmak durumundadır. Bu çerçevede ise tavsiye edilen sezgisel ötesi model bağlamında asli yaklaşımlar tartışılmaktadır.

Sistemdeki her bir bölge ise toplu taşıma düzenindeki bir hattı ifade etmekte ve ilgili değişken değerleri ise bu hattın sıklık düzeyini göstermektedir. Muhtemel sıklık dizisinin minimumdan (θ_1) maksimuma (θ_m) sıralandığı kabulü yapılmaktadır. Bu şekilde ise hattın frekansı yükselme (veya indirgenme) gösterir iken öte yanda ise θ 'daki en büyük (ya da en küçük) parametre düzeyine erişmek durumundadır (Kızıldaş, M.Ç. ve Altan, M.F., 2017).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tabu çözümlemesi kapsamında ise nispi optimal olmanın da ilerisinde bir çözümleme teşkil etmek adına nispi bir prosese rehberlik edilmesi söz konusu iken bu da sezgiselin ilerisinde bir modele işaret etmektedir. Bunun gerçekleştirilmesi adına ise çalışma hâlihazırda çözümlemeyi geriletken rotaları güzergâhları dikkate alabilir ve de o ana değin gerçekleştirilmiş çeşitli güzergâhları da devre dışında bırakabilir. Bu bağlamda tabu çalışmasının ana parametrelerinden birisini ise hafızadan faydalanılması teşkil etmektedir. Bu bağlamda ise de kısa süreli hafıza teminine yoğunlaşılmaktadır.

Bu kapsamda amaç ötesi bir stratejik yaklaşım ise sistemsel bir bağlamda yakınsayan çözümlemelerin ortaya konulması adına icra edilmektedir. Söz konusu stratejide ise bir çözüm ancak amaç değerini bir gerçekleşme değeri olarak tayin ettikten sonra ek çözümlemelerin sayısını belirlenmektedir. Asgari ve azami çözümlemelerin sayısını ifade eden iki değer ise temin edilecek olan yakınsayan çözümlemelerin net sayısının denkleminin korunması adına gerçekleştirilmektedir. Bu çerçevede ortaya konulan rassallık esaslarına göre elde edilen stratejiler ise aday yakınsayana çözümlemeler için tartışılmaktadır. Burada bütün yakınsak çözümlemelerin ele alınmasında ise etikete münhasır algoritmalar atama yaklaşımlarını çözümleyen algoritmalar tarafından ileri sürülmüş olup çeşitli eşitlikler ile formüle dönüştürülmek sureti ile icra edilmektedir. Genel olarak belirtilmesi dâhilinde algoritma en kısa patika etiketlemesine sahip olan algoritma ile bir hayli benzeşmekte olup açısıl maliyetleri hesaba katmaktadır ancak ana farklılaşma ise de münhasıran çözümlemelerde hiper patika bağıntısını gerçekleştiren ve de akım dağılımını ortaya koyan temel hatların hesaba katılıyor olmasındadır (Mustaffa, N. vd. 2012).

Bu çerçevede ise ilgili sunular sayısal neticeler üzerinden gerçekleştirilmiş olup bunlar da net model çözümlerinin icra edilmesi ve de yakınsak açıklama metodunun gerçekleştirilmesinden temin edilmiştir. Bu kapsamda kullanılan temel testler;

1. 1980 yılında Mandl'da yapılan çalışmada, grafik 15 adet düğüm noktası ve 21 dolaylı uç bulunmaktadır. Matris, 172 gibi büyük bir değere sahip O - D çiftinden oluşmaktadır.

2. Uruguay'daki Rivera şehrinde, grafik 84 düğüm noktası ve 143 dolaylı uç içermekte ve matris 378 O - D çiftinden oluşmaktadır. Burada 12 saatlik süredeki talep ifade edilmektedir. Kentteki toplu ulaştırma sistemini temsilen bir hat dizi hesaba katılıp, model gidiş-dönüş şeklinde 11 hat ve 2 dairesel hattın oluşmaktadır.

3. Uruguay'daki Montevideo kentinde, grafik 4,945 düğüm noktası ve 14,672 uç içermektedir. Model 133 hat güzergâhlı toplu ulaştırma sistemini temsil etmektedir. Kalkış ve varış verisi (hem O - D çifti yerleşimi, hem seyahat miktarı) şehre eşit olarak dağıtılmış 7,425 O - D çiftini ihtiva eder.

Burada 1. ve 2. maddelerde figürün unsurları ileri düzeyli münhasırlıkta gösterilmiş olup aynı zamanda ise bütün noktaların bir otobüs istasyonu şeklinde güzergâh bölümlerinin potansiyel bir nihai noktasını da teşkil etmektedir. İlgili hâlihazır ise Şekil 3'te ifade edilmiştir. Mandl'daki durum için $\theta = (1/60, 1/50, 1/40, 1/30, 1/20, 1/10, 1/5, 1/2)$ gibi bir sıklık olası değerler dizisi yapılandırmakta ve Çift Eklenti Algoritmasını kullanan gidiş-geliş yönlü simetrik 7 hatlık bir dizi üretmektedir. Burada 80'lik bir seri ise ilgili araştırmalardan temin edilen bir filo ölçeğini ifade etmektedir. Mevcut sistemindeki hatlar tarafından

kullanılan sıklıktan faydalanılmış olan Rivera için ise, 27 olan filo boyutu için sonuç değerine göre $\theta = (1/60, 1/40, 1/30, 1/20)$ 'dir (Rawat, D.B. vd. 2011). Montevideo'daki durum için oldukça detaylı bir toplu ulaştırma sistemi gösterimi (açılış verilerine göre yapılandırılmış olan) söz konusu olup belirli istasyonlar, ağırlık merkezi düğüm noktaları ve yürüme yaylarından oluşmaktadır. Şekil 3'te detaylı gösterimi bulunmaktadır. Olası sıklıklar $\theta = (1/60, 1/40, 1/30, 1/20, 1/12, 1/6, 1/4, 1/3)$ ve filo boyutu şehrin belediye ölçeğine eşit olup 1500'dür. Bu durum Rivera'dakinden farklı olarak doğrudan belediyece doğrulanmamakta, Montevideo toplu ulaştırma sisteminin doğrulanmış bir şekilde belirtilmesi bu tarz araştırmaların odağında değildir. Bununla beraber buradaki temel amaç, mümkün olduğunca gerçek karakteristikler dâhilinde, toplu ulaştırma sıklık optimizasyonunun mimarisinin belirtilmesi yolu ile kıyaslanabilir bir boyut durumuna ulaşmaktır (Vatin, N. vd. 2014).

Tablo 1 mevcut sistemin (sadece Rivera için) amaç değerine göre gelişim yüzdesinin yanı sıra (sırası ile Ie ve Ia) kesin ve yaklaşık yöntemlerin (sırası ile Oe ve Oa) amaç değerlerini (toplam kullanıcı seyahat süresi) göstermektedir. Tablo 2 aynı zamanda sırası ile Te ve Ta olarak uygulama sürelerini ve Ge (bulunan en iyi tam sayılı çözüm ile en düşük bağıntı arasındaki nispi mesafeyi temsilen CPLEX tarafından raporlanan ve hesaplanan bir değerdir) gibi kesin yöntemin nispi karma tam sayılı programlama (MIP) aralığını göstermektedir.



Şekil 3: Gerçek Test Durumları (Vatin, N. vd. 2014)

Kesin model hem küresel optimum bulduktan sonra ve hem de empoze edilen süre kısıtına ulaşıldığında durdurulur. Sezgisel ötesi yaklaşım ise hem toplam iterasyonların maksimum sayısına ulaşıldıktan sonra ve hem de ilerlemeyen iterasyonların

maksimum sayısına ulaşıldıktan sonra durdurulur (Mugrul, V.A., 2014).

Tablo 1'den kesin değer ve yaklaşık algoritmadan elde edilen amaç değerlerinin her iki test durumu için de çok benzer olduğu gözlemlenebilmektedir. Kesin model ile Rivera için sonuçların elde edilmesinde, %18'lik nispi karma tam sayılı programlama (MIP) aralığı ile fizibil bir çözüm elde edilmesinin ardından 48 saatlik bir sınır süre empoze edilmektedir. Karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) modeli sonuçlarının 1.097.080 değişken ve 2.321.750 kısıt içerdiği not edilmelidir, dahası nispeten daha kısa süre ile optimalitenin çözülmesinin zor olduğu öngörülmektedir.

Tablo 1. Amaç Değerlerinin Kesin ve Yaklaşık Sonuçları (Mugrul, V.A., 2014)

Ge	Oe	Oa	Ie (%)	Ia (%)	Te	Ta
Mandl 19	139,54	140,99	-	-	2460	<1
Rivera 18	514,23	517,56	3,48	2,85	-	113

Tablo 2. Sonuç Sıklıklarının Kesin ve Yaklaşık Değerleri (Mugrul, V.A., 2014)

Hat	Mevcut	Kesin	Yaklaşık
1	3	3	3
2	1	1	1
3	3	3	2
4	3	4	3
5	1	3	3
6	3	3	2
7	3	4	4
8	1	1	2
9	4	3	3
10	3	3	4
11	4	4	4
12	2	1	1
13	2	1	1

Yapılan test, önerilen karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) uygulamasının küresel bir optimum hesaplamaya elverişli olduğunu göstermektedir. Ayrıca yine aynı uygulamanın, gerçekte küçük boyutlu bir şehrin mevcut bir sistemin kalitesinin geliştirilmesine yeterli olduğu görülmektedir. Bir referans olarak, mevcut sisteme nazaran ilgili referans çalışmalarında önerilen çözüm yönteminin geliştirilmesinin farklı test durumlarında %1,2'den %5,0'e değiştiği de vurgulanmalıdır. Son olarak önerilen sezgisel ötesi yaklaşımın aynı zamanda oldukça kısa bir zaman periyodunda iyi çözümler ürettiği de not edilmelidir.

Bu kapsamda hem Rivera'nın mevcut durumu için yaklaşık yöntemler ve hem de kesin yöntemlerin çözümlerinin tayinine çalışılmıştır. Tablo 2 mevcut sistemde her bir hattın θ sıklıklarında kesin ve yaklaşık çözümleri göstermektedir (Mugrul, V.A., 2014). Kesin yöntem ile 13 hattın 6'sının sıklıklarında değişim gözlemlenir iken yaklaşık yöntemde ise aynı hatların 9'unda değişim gözlemlenmektedir. İlki 3 hattın sıklığını arttırıp 3 hattını azaltırken, ikincisi ise 4 hattın sıklığını arttırırken 5 hattını ise azaltmaktadır. Eğer sadece önerilen metodolojinin ortaya koyduğu sıklıklara bakılırsa, 13 hattın 5'inde farklı sonuçlar gözlemlenir iken buna karşın bu farklılıklar değer olarak 1'den büyük değildir (sıklıklar θ 'ya yakınsamakta olup ayrıca birbirlerine oldukça yakın değerler almaktadırlar).

Söz konusu modeller ve algoritmaların tarafından ortaya konan sıklıklar maksimum bekleme süresinde herhangi bir kısıtı dikkate almadığı not edilmelidir. Bu nedenle, önerilen çözümlerin sistem kullanıcıları ile ilgili uygun kaynakların (otobüs filosu büyüklüğü) yeniden dağılımını ifade etmesinden dolayı, birkaç belirli O-D çifti son iki hatta bağlı durumdan dolayı dezavantajlı sonuçlar verebilmektedir. Önerilen formülasyon ve çözüm yönteminin uygulamalarının davranış ve olasılıkları ile ilgili olarak daha sayısallaştırılabilir unsurlar elde etmek için, aşağıdaki üç test icra edilmektedir: kullanıcıların aktarma yaptığı kabulü, θ olasılık dizisinin hassasiyet analizi ve başlangıç çözümü hassasiyeti. Rivera şehrinde toplu ulaştırma sistemi kullanıcıları nadiren farklı hatlar arasında aktarma yapmaktadır. Bu durum kullanıcıların kullandıkları her hat başına ücret ödeme zorunluluğu gerçeğinden kaynaklanan bir durumdur. Ayrıca her bir hat rotası ve talep unsuru, dairesel bir yapıda olup şehir merkezi hemen bütün hatların başlangıç noktasında yoğunlaşmaktadır. Ayrıca talep, örneğin herhangi bir aktarmaya ihtiyaç bırakmayacak bir şekilde hemen hemen doğrudan bir şekilde hizmetlendirilmektedir. Bu gözleme göre, aktarma olasılıklarını devre dışı bırakan, G grafiğinin modifiye bir kodlaması uygulanmaktadır. Bu alternatif kodlama, modeli daha önceki modellere kıyasla daha kolay çözülebilir bir hale getirmektedir.

Tablo 3, Rivera şehrinin durumuna uygulanan yukarıda açıklanan model dâhilinde Tablo 2'deki ile örtüşen sonuçlar vermektedir. Testte modelin daha kısa bir sürede optimal bir şekilde çözümlenebildiği gözlemlenmektedir. Ayrıca sezgisel ötesi yaklaşım, küresel optimuma oldukça yakınsaya bir amaç değerini ortaya koyan bir çözüm gerçekleştirmektedir. Bu testin sonuçlarının elde edilmesinde kullanılan G grafiği için alternatif bir kodlamanın, hesabın içerisine aktarma olasılıkları dâhil olduğunda kesin karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) formülasyonunun uygulanmasında verimli olmamaktadır. Bu sonuçlar kesin hipotezler altında (bu kapsamda belirtilen şartlarda doğrulanmış) ortaya çıkmakta iken, model gerçek küçük boyutlu duruma uygulandığında optimalite dâhilinde çözülebilmektedir. Karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) formülasyonu sıklık aralıkları ayrıklığına dayalı olduğundan dolayı, sonuçların modele dâhil edilen girdi paralelinde verili θ dizisinin örneklerine hassasiyet göstermesi beklenmektedir. Dahası θ 'nın boyutu büyük ölçüde grafiğin boyutunu ve dahası uygulama süresini etkileyen karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) modeli sonuçlarının boyutunu da etkilemektedir (Brezzi, M. ve Veneri, P., 2015). Bu testte, daha önce açıklanan aktarmalar olmaksızın (Tablo 3'teki küresel optimal değerleri bir referans olarak alabilmek için) bir model kullanılarak Rivera şehri durumu için olası değişen sıklıklar dizisinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır.

Tablo 3. Aktarmasız Model (Brezzi, M. ve Veneri, P., 2015)

Oe	Oa	Ie (%)	Ia (%)	Te	Ta
536,14	537,69	3,51	3,23	90	5

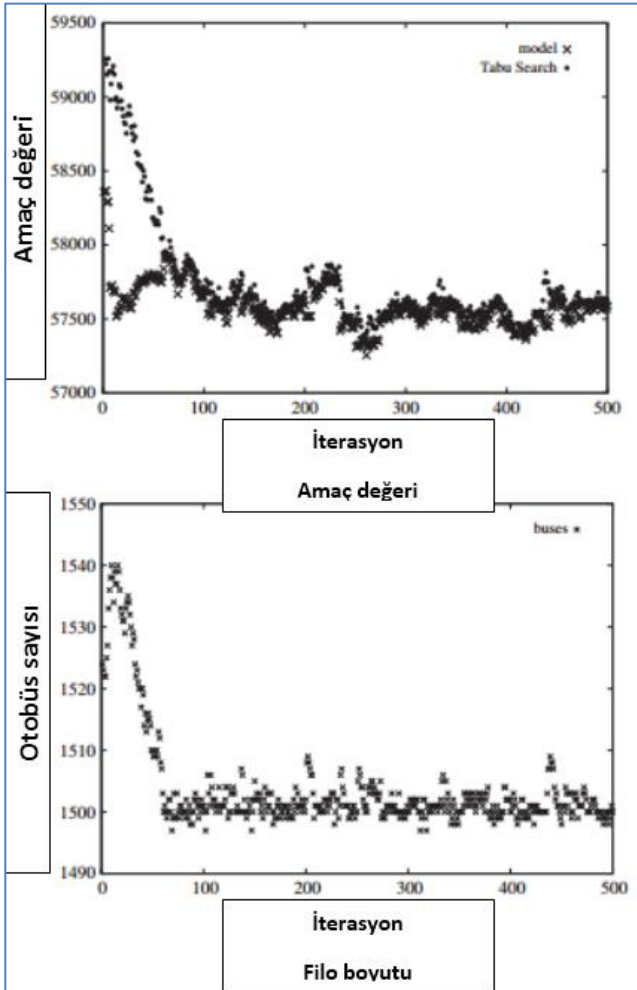
Tablo 4 ise hem kesin ve hem de yaklaşık yaklaşımlar için O amaç değerlerini ve onlara karşılık gelen T uygulama sürelerini göstermektedir. Sonuçlara karşılık gelen ilk hat daha önce ifade edilmiş olup mevcut sistemin sıklıklarını kullanmaktadır. İkinci hat ise bir önceki diziyeye nazaran daha yüksek sıklıkları (1/10, 1/5) dâhil etmiştir. Amaç değerlerinin aynı olduğu gözlemlenebilmektedir. θ 'ya eklenen hiçbir yeni sıklık değerinin optimal çözümde kullanılmadığı gözlemlenmektedir. Bu sıklıklar nispeten daha yüksek olduğundan dolayı, herhangi birisinin herhangi bir hatta atanması kimi diğer hatların sıklıklarında düşüşler kaydedilebilecektir.

Tablo 4. Olası Sıklıklar Dizisi Hassasiyeti (Chen, C. ve Hall, P. 2011)

θ	Oe	Oa	Te
Ta (1/60, 1/40, 1/30, 1/20)	536,14	537,69	
90 5 (1/60, 1/40, 1/30, 1/20, 1/10, 1/5)	536,14	537,69	
210 5 (1/60, 1/55,, 1/5)	531,88	535,08	
- 5			

Sonuçlar aynı zamanda Rivera'daki hatlarda kullanılan maksimum sıklıkların (1/20 dakika) uygun otobüs filoları altında mantıklı olduğu önermektedir. Üçüncü hatta nispeten daha yüksek sıklık sayısı ile oluşturulan θ dizisi, 5 dakikalık aralıklarla (1/60, 1/5) aralığında değişmektedir. Bu durumda model dikkate değer ölçüde bir gelişim göstermekte ve 48 saatlik uygulamanın ardından (%2,3'lük nispi karma tam sayılı programlama aralığı ile) elde edilen amaç değeri tablodaki birinci ve ikinci hatlardakinden çok az küçük (<%1) olarak gerçekleşmektedir (Chen, C. ve Hall, P. 2011).

Bu test, θ (benzer değerler dizini için) sıklıklar dizisinde değişim olurken, amaç değerlerinde kayda değer değişimler kaydedilmediğini, kesin değerlerin uygulama süresinin θ boyutuna karşı oransal olarak artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu testte yaklaşık değerlerin uygulama süresi, θ 'nın değişimlerine karşı hassas değildir. Modelin pratik uygulaması ile ilgili olarak, θ 'nın boyutunun rastgele bir şekilde yüksek bir değere çıkmayacağı kabul edilebilir.



Şekil 4. Sezgisel Ötesi Yaklaşımın Hesap İlerleyişi (Chen, C. ve Hall, P. 2011)

İlk testteki temel mantık, araştırmada hatayı engellemek için bütün hatlara θ 'nın ortanca değerini tayin etmektir. Amaç değeri 187,40 olarak elde edilmiş olup ikinci testteki değer ise 140,99'dur. Optimal çözümün gözlemlenmesinde θ 'nın ilk 4 sıklığından hiçbirisinin kullanılmadığı not edilmelidir.

Bu bağlamda ise neticeleri yorum ve raporlanan Montevideo kentindeki hâlihazırın sezgisel ötesi modeli gerçekleştirilmektedir. Burada bilgi mevcut olmayan noktalar söz konusu olmakta olup bunlar ise optimum çözümlene ve hâlihazır sistematiğin dakikliği ile ilgili olmaktadır. Buna ilaveten de buradaki sınamanın ana hedefi ise bir başlama çözümü ortaya konulması adına algoritma gelişmişliği ve buna erişmek adına ihtiyaç duyulan icra periyodunun müşahede edilmesi ile ilgili olmaktadır. Başlangıç çözümü bağlamında filo boyutuna karşılık gelen değer en yüksek sınırına (1500 otobüs) mümkün olduğunca yaklaştırılmıştır. Bu yolla bütün hatlara Montevideo şehir durumu θ dizisinin 4 numaralı sıklığı olarak 1/12 atanmış ve buna karşılık gelen filo boyutu 1524 olarak alınmış olup bu boyut nispeten fizibil olmayan bir çözüm üretmektedir (Golobič, M. ve Marot, N. 2011).

Bu kapsamda söz konusu algoritmanın ilgili iterasyon miktarına göre ilerleyişini ise Şekil 4'te görmek mümkün olmaktadır. Burada hem model hedef düzeyleri ve hem de sezgi ötesi modelin bir nispi ilerleme ile bütünlenen muhtelif döngülere haiz olduğu ise Şekil 4'te açıkça ifadesini bulmaktadır. Buradan hareketle ise Şekil 4'te sınırlılıklarca tetiklenen azami değer bağlamında titreşim ortaya koyan bir filo hacmi görülmekte olup uygun bölgenin yanında ayrıca ilgili algoritma çözümlenmesine yol açan bir mekanizma planlaması sonucu da ortaya çıkmak durumundadır. Nihayetinde ise Rivera için temin edilen gelişim yüzdesinin Montevideo için olandan daha yüksek olduğunun vurgulanmasında ise fayda telakki edilmektedir. Her durumda gelişim yüzdesi, referans çalışmalarından elde edilenler ile yine aynı aralıkta olup %1,2-%5,0'dır. İcra etme zamanı dâhilinde ise algoritma yöntemin hedefinin yanında ayrıca da hâlihazırın tafsilatlı bir kademe ve ölçeğini hesaba dâhil eden uygun sınırlardaki bir icra kabiliyetine haiz görünmektedir. Tavsiye edilen yaklaşım aracılığıyla gerçek durumlu indirgenmiş boyutlu kentler dahilindeki hâlihazır adına optimum veya optimuma yakınsayan açıklamalar gerçekleştirilebilir olmaktadır. Değerlendirilen toplu ulaşım sistemi 13 hattan oluşmasına karşın, modelin uygulanmasıyla %3 civarında bir gelişim sağlanabilmiştir. Bu durum, küçük sistemlerde bile sistemin verimliliğinin artırılması için imkân olduğunu göstermektedir.

Bir gelecek planlaması olarak işletim modelleri dâhilinde bu tarz çalışmalar kapsamında (temelde stratejik ve taktik planlama düzeyleri için planlanmış olan) ilginç bir araştırma, modellerin entegrasyonu olabilir. Toplu ulaştırma sisteminin daha detaylı bir temsilinin uyarlanması ile işletim modelleri söz konusu metodolojiler ile elde edilen faydaların daha net bir değerlendirmesine yardımcı olabilir. Elde edilen gelişim yüzdelerinin (%5'ten az) sıklık optimizasyon modellerinde yapılan basitleştirmeler ile sönmümlendirilebileceği de vurgulanmalıdır. Bu durumda zaman çizelgeleri ve planlama bazlı atama modellerinin ilavesi, modeldeki boşlukların azaltılmasına yardımcı olabilir.

Sonuç olarak atama alt modeli toplu ulaştırma sıklık optimizasyonunda söz konusu formülasyona atama alt modeli dâhil edilmiş, bu noktada herhangi bir hattın kullanımını isteyen bütün yolcuları taşıyacak yeterli kapasite kabulü yapılmıştır. Fakat yolcuların yoğun olarak bulunduğu sistemlerde, bu her zaman doğrulanmış bir durum olmaktan çıkmaktadır. Sistem

kapasitesi doğrudan sıklıkla ilgili hatta tamamen sıklığa bağlı bir konudur. Literatürde sıklık optimizasyonu bağlamında kapasite konusu, farklı yaklaşımlar ile ele alınmakta olup bu noktada planlılar yeterli kapasiteyi garanti altına almakta ve modeller trafik tıkanıklığı senaryosu dâhilinde yolcu davranışları ile ilgili

4. Sonuç

Kentlerin hızlı büyümesi ve büyük kent sayısının da hızla artması birçok potansiyel sorun ve imkâna kapı aralamıştır. Bu durum özellikle de gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin karşılaştığı bir husustur. Yer yer gelişmemiş ülkelerde de rastlanılmaktadır. Ancak esasen sorunla mücadele noktasında en çok gündemi işgal edecek olan gelişmiş ülkeler ve bu ülkelerin büyük kentleridir. Zira süreklilik bir hareketlilik ve muhtelif unsurların bu hareketliliğinin dengelenmesi ve doğru yönetilmesi ihtiyacı söz konusudur. Öte yandan ise de özellikle pozitif unsurların doğru yöntemler ile yerinde ve zamanında tahkimi de önemlidir. Bu noktada ise etkin denetim, disiplinler arası eş güdümlü ve koordinasyon, kadro, kaynak, planlı hareket ve etkin ve yerinde doğru eylem hususları ön plana çıkmaktadır (DLR, 2014).

Günümüzde teknik gelişmeler her ne kadar konforu arttırsa ve tüketim kültürü bireysel tüketimi tetiklese de ulaşımda toplu ulaştırmanın ve ona olan talebin artmaya devam ettiği görülmektedir. Bu esasen birçok sektör, ürün, hizmet ve disiplin için de yer yer söz konusudur. Bunda kentleşmenin yüzyılın olgusuna dönüşmesinin de ciddi bir etkisi vardır. Çağın karakteri ne yöne evrilirse evrilsin, kentin kolektif yapısı ve ortaklaşma duygusunun tamamen ortadan kalkması beklenemez. Günümüzde gelişmiş ülkelerin yanında gelişmekte olan ülkeler ve hatta gelişmemiş ülkelerde dahi büyük kentlerin sayıları ve bunların nüfus ve ilgili büyüklükleri artmaktadır (Benkler, Y., 2014). Dünyada kentli (ya da kente meskûn) nüfus oranı hiç olmadığı kadar yükselmiştir. Türkiye’de %80’lerin üzerine çıkmıştır. Her ne kadar, yeni büyükşehir yasası ile birlikte 30 ildeki köylü nüfus da doğrudan kent dâhilinde sayılsa ve kentli nüfus oranı %90’lara dayandırılrsa da henüz bu düzeylerin tam bir gerçekleşmeyi ifade etmediği kabulü daha doğru olacaktır.

Bu çerçevede kent, kentlilik, büyük kentler gibi birbirleri ile bağlantılı bir dizi husus ulaştırma konusunu hiç olmadığı kadar gündeme getirmekte ve yeni(likçi) çözümlere zorlamakta, ayrıca da toplu ulaştırmanın önemini de altını çizmektedir. Söz konusu bu durum da hâlihazırda ile yeni bir sürece işaret etmektedir. Toplu ulaşımda başat unsurlar talep ve hizmet parametreleri olarak görülebilir. Hizmet parametrelerinin en önemlilerinden birisi sıklık olup güvenilirlik, dakiklik gibi muhtevalarla da eş ve/ya denk anlamlı olarak düşünmek yer yer doğru sonuçlar verebilecektir. Zira literatürde de iç içe, eş ve tamamlayıcı anlamları ifade etmektedirler (Bardhi, F. ve Eckhardt, G. M., 2012).

Toplu ulaştırmanın hizmet parametrelerinde seviye artışı için büyük kentlerde çok sayıda toplu ulaştırma türünün işleme alınması da önemlidir. Böylelikle kentin toplu ulaştırma sisteminin toplam performansı da artacaktır. Zira bu aynı zamanda entegrasyon ile de bağlantılı bir hususu teşkil etmektedir. Farklı işletim performanslarına sahip muhtelif toplu ulaştırma türlerinin birlikte bulunması ve birbirlerine entegre edilmesi ile birlikte kentin ulaştırma ve kentleşmesine olumlu bir katkı sunulabilecektir.

Özellikle güvenilirlik adlandırmasına bakılacak olur ise ilgili toplu ulaştırma türü ve aracının daha önceden belirlenen seyrüsefer çizelgesine uyma kabiliyeti ve ilgili durakta, daha önceden belirlenen zaman ve saatte olma durumu anlaşılabilir. Bu

kabulleri içermektedir. Bu modellerin vurgulanmış olan kabulleri, toplam sistem performansı üzerinde farklı farklı etkiler göstermektedir. Bu kapsamdaki değerlendirmelerin bu noktadaki yaklaşımların karşılaştırmasına yönelmesi gerekmektedir (DLR, 2014)

da kullanıcı (yolcu) nezdindeki güveni ifade etmektedir. Güvenilirliği yüksek olan bir toplu ulaştırma hizmeti için yolcu evinde çıkma saatini toleranslı ve daha erken belirlemek durumunda kalmayacaktır. Zira varış noktasına geç varmak zaman kaybı olduğu gibi öte yandan geç kalma kaygısından dolayı toleranslı bir yolculuk zamanı hesaplaması ile kalkış noktasından daha erken hareket etmek durumunda kalıp ve sonucunda ilaveten, varış noktasına planlanandan daha erken varmak da bir zaman kaybı olacaktır. Zira varış noktasındaki randevu saatine kadar, varış noktasında geçirilen zaman da tercih edilen ve öncede planlaması yapılan bir zaman dilimi olmadığı için çoğu defa, verimsiz geçen bir zaman periyodunu ifade edecektir.

Buradan hareketle toplu ulaştırma hizmetinde ilgili hatta belirlenecek olan sefer sıklığı yetersiz olduğu takdirde istasyonlarda ve araçta yığılmalar söz konusu olacak olup yolcuların varış noktalarına tam zamanında varma ihtimalleri de azalacaktır (erken ya da geç varma durumu). İlgili hizmet ve hattı sefer sıklığı çok arttırılır ise bu kez de çoğu sefer haddinden fazla boş gerçekleştirilecek olup işletimde verim kaybı ve maddi zararlar söz konusu olacaktır. Dolayısı ile bütün bunlardan hareketle sıklığın tayin edilmesi ve optimizasyonu oldukça önemli hususları teşkil etmekte olup esasen özellikle de toplu ulaşımda hizmetin genelini ve diğer hizmet parametrelerini de doğrudan ya da dolaylı olarak etkileme potansiyeline sahip olmaktadır.

Bu bağlamda sıklık hizmet parametresi özellikle toplu ulaştırmanın hizmet kalitesinde çok önemli ve belirleyici bir karakteristik durumundadır. Toplu ulaşımda hız ve kapasitede düzey yükseldikçe, erişilebilirlik azalmaktadır. Bu parametrelerdeki artışa paralel olarak hizmet bedeli de artmaktadır. Sistemler ise metro, hafif raylı sistemler ve metrobüste görüldüğü üzere ayrı sistemler haline almaya başlamaktadır. Yine sıklık parametresinin de en çok bu ulaştırma türlerinde yüksek olduğu söylenebilir. Ancak bu söz konusu yatırımlar da her kentte fizibil değildir, hatta Türkiye’de her büyükşehirde de fizibil sonuç vermeyebilir. Ancak raylı sistemlerin genel olarak büyükşehirler için özellikle de trafik tıkanıklığı, yakıt tüketimi, sera gazı salımı, taşıma kapasitesi ve verimi gibi hususlarda Türkiye’de faydalı ve tayin edici olduğu kabulü yapılabilir (Bengler, K. vd. 2012). Öte yandan genel olarak da zaten sıklık hizmet parametresine ayrı sistemlerde daha iyi riayet edilebilmektedir (Bengler, K. vd. 2012). Bu durum özellikle de kent içi raylı sistemlerde azami ölçülere kadar ulaşabilmektedir. Raylı sistemlerin sürdürülebilirlik hedefleri bağlamında da Türkiye, Avrupa Birliği (AB) ve dünyanın birçok coğrafyasında tekrardan yaygınlık kazanması bağlamında da sıklık üzerine yapılacak ve yapılmakta olan çalışmalar, özellikle de önemli yenilikçi ulaştırma türlerinin de devreye girmesi ile birlikte daha da önem kazanacak gibi görünmektedir.

5. Teşekkür

Yahyâ Âlparslan Kızıltaş’a teşekkür ederim.

Kaynakça

- Tzeng G., Shiau T., 1988. 'Multiple Objective Programming For Bus Operation: A Case Study For Taipei City, Transportation Research Part B 22 (3), 195-206.
- Kızıltaş M.Ç., 2014, 'Yüksek Hızlı Demiryolu Politikaları-1', Available: <http://www.ulastirmadunyasi.com/?p=824>
- Rawls J., 1971. 'A Theory of Justice', Harvard University Press, Cambridge.
- Kızıltaş M.Ç., 2014, 'Ulaştırma Yatırımları ve Marmaray-7', Available: <http://www.ulastirmadunyasi.com/index.php/2013/12/ulastirma-yatirimlari-ve-marmaray-7/>
- Ilicali M., Çatbaş N., Öngel A., Kızıltaş M.Ç., 2013. 'Multimodal Transportation Issues in Istanbul: A Case Study for Traffic Redistribution Due to Long Span Bridge Rehabilitation', Hong Kong.
- Engel-Yan, J., Passmore, D., (2010). Assessing alternative approaches to setting parking requirements. ITE Journal 80, 25-30.
- Litman, T., (2012). Parking Management: Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute http://www.vtpi.org/park_man.pdf
- Altan M.F., Kızıltaş M.Ç., 2019, Yüksek Hızlı Demiryolları, Yolcu Ve Yük Taşımacılığı Karşılaştırmaları Bağlamında Küresel Ölçekli Bir Derleme Çalışması, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, ULAKBİM (yayın aşamasında)
- Kızıltaş, M.Ç., Altan, M.F., 2017, Evaluation of Intermodal Integration on the Context of Marmaray and Bosphorus Bridges, IRF Regional Congress, Dubai.
- Kianpisheh A., Mustafa N., Limtrairut P., Keikhosrokiani P., (2012) "Smart Parking System (SPS) Architecture Using Ultrasonic Detector," International Journal of Software Engineering and Its Applications, vol. 6, no. 3, pp. 55-58.
- Rawat D.B., Popescu D.C., Yan G., Olariu S., (2011) "Enhancing vanet performance by joint adaptation of transmission power and contention window size," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 22, no. 9, pp. 1528-1535.
- Vatin N., Petrichenko M., Nemova D., Staritcyna A., Tarasova D. (2014) Renovation of educational buildings to increase energy efficiency Applied Mechanics and Materials. Vol. 633-634. Pp. 1023-1028.
- Usmanov R.A., Vatin N.I., Murgul V.A. (2014) Highly compacted and reinforced soil beds as an efficient method to build artificial foundation based on weak soils. Applied Mechanics and Materials. Vol. 680. Pp. 474-480.
- Brezzi, M., Veneri, P. (2015). Assessing polycentric urban systems in the OECD: Country, regional and metropolitan perspectives. European Planning Studies, 23(6), 1128-1145. Doi: 10.1080/09654313.2014.905005.
- Chen, C., Hall, P. (2011). The impacts of high-speed trains on British economic geography: A study of the UK's Inter City 125/225 and its effects. Journal of Transport Geography, 19(4), 689-704. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.08.010
- Golobič, M., Marot, N. (2011). Territorial impact assessment: Integrating territorial aspects in sectoral policies. Evaluation and program planning, 34(3), 163-173. doi:10.1016/j.evalprogplan.2011.02.009
- DLR Institut für Verkehrsforschung, BMW, Bundeswehr-Universität München, Deutsche Bahn (2014): Wirkung von E-Car-Sharing-Systemen auf Mobilität und Umwelt in urbanen Räumen. Halbzeitkonferenz, Berlin, July 3, 2014. (2014)
- Benkler, Y.: 2014, Sharing nicely: On shareable goods and the emergence of sharing as a modality of economic production. <http://christmasgorilla.net/longform/benkler-sharing-nicely.html>
- Bardhi, F.; Eckhardt, G. M., 2012: Access-based consumption: The case of Carsharing. Journal of Consumer Research, Vol. 39, S.881-898.
- Bengler K, Dietmayer K, Färber B, Maurer M, Stiller C, Winner H (2014) Three Decades of Driver Assistance Systems: Review and Future Perspectives, IEEE Intelligent Transportation System Magazine, ISSN 1939-1390, Volume 6, Issue 4, pp. 6-2