

BÜYÜYEN RAYLI TOPLU TAŞIMA SİSTEM AĞINDA HATLAR VE İSTASYONLAR: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Buğra GÖKCE*

Alındı: 14.08.2023; Son Metin: 04.03.2024

Anahtar Sözcükler: İstanbul; raylı toplu taşıma; istasyon yerleri; raylı toplu taşıma yolcu değerleri.

1. Bu kilometre artışının neredeyse yarısı Avrupa'dan gelmiştir (UITP, 2023, 3).

2. 1930'larda yaklaşık 900'ün üzerinde kentte tramvay faal olarak işlemekte idi. II. Büyük Savaş sonrasındaki refah dönemi ve (popüler) otomobil çağının açılışıyla tramvayı olan kentlerin sayısı 1990'a kadar olan dönemde 300'e inmiştir. (Bu azalış trendine Türkiye'den İstanbul ve İzmir'i de katabiliriz.) 1990'lar sonrasındaki canlanma döneminde günümüzde sayı 400'e çıkmıştır (UITP, 2023, 2).

3. Bkz. Lynch (1960). Eserin, *Kent İmgesi* başlığı altında Türkçe çevirisi de mevcuttur.

GİRİŞ

Dünyada kent içi raylı toplu taşıma sistem yatırımları giderek artış göstermektedir (Newman ve Kenworthy, 2015, 33-76). 1960 ile 1980 arasında dünyada 32 yeni metro sistemi hayata geçerken, 1980 ile 2000 arasında bu sayı 51'e, 2000 ile 2017 arasında 75'e çıkmıştır (UITP, 2018, 4). 2016 ile 2021 yılları arasında ise dünyadaki hafif raylı ve tramvay hat uzunluğunda da 1.340 km artış olmuştur (1); her ne kadar hafif raylı sistemler (tramvay) 1930'lardaki (2) zirvesinin çok gerisinde olsa da, günümüzdeki artışlar kayda değer ve gelecek vadetmektedir (UITP, 2023, 2-4). Raylı sistemler, lastik tekerlekli sistemlerden yolu, araçları, teknolojileri, erişim noktaları (istasyon ve duraklar) yanı sıra topolojisi olmak üzere birçok özelliğe ayrılmaktadır (Vuchic, 2007, 45-90). Ancak bir özelliği var ki tüm bakış açımızı tamamlayan bir etki yapmaktadır: Raylı sistem hattı ve istasyonları kalıcıdır. Çünkü raylı sistemler inşa edildiğinde yakın çevreleri için kalıcı erişebilirlik sağlar (Mulley vd., 2021, 125). Kalıcı olması nedeniyle, Kevin Lynch'e öykünerek, raylı sistem istasyonunun yakın çevresi için düğüm (*node*) ve işaret (*landmark*) imgelerine dönüşme potansiyelini taşıdığını rahatlıkla ileri sürebiliriz (3).

Raylı sistemler üzerine yapılan çalışmalarda da bir istasyonun, raylı sistem ağında/hattında düğüm (*node*) olduğu, yakın çevresinde ise yer (*place*) olduğu işlenmektedir (Bertolini ve Spit, 1998; Bertolini, 2008). Türkiye'de yapılan çalışmalarda raylı sistemlerin yer özelliklerini (istasyon çevresi tasarımı) ya da diğer türlerle aktarma olanaklarını konu edinen çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Ankara özelinde, yer özelliklerine karşılık yolcu sayısını ya hatlar bütününde ya da kısıtlı sayıda istasyon özelinde konu edinmiştir (Özgür-Cevher, 2014)(Özgür-Cevher vd., 2021). Şenbil vd. (2020) ise tersine odaklanarak, istasyonların mahallere olan nüfus etkisine bakmıştır. Ancak İstanbul'da olduğu gibi istikrarla büyüyen/genişleyen raylı sistem ağlarının zaman içindeki gelişimi sonucunda sistemdeki tüm istasyonların düğüm özelliklerine bağlı olarak yolcu sayısındaki

* İstanbul Planning Agency (IPA), İstanbul, TÜRKİYE.

değişimi konu edinen çalışma bulunmamaktadır. Büyüyen ve gelişen raylı sistem ağlarında, ağa eklenen her bir istasyonun (düğümün) ağa katkısı söz konusudur. Ancak bu katkının istasyonun bağlamına (düğüm ve yer özellikleri) göre değişebileceği de açıktır. Mevcut çalışmada on yıla yayılan panel veri aracılığıyla yer özelliklerinin kontrol edilerek düğüm özelliklerinin de öne çıkarılması söz konusudur. Bir raylı sistem hattının bir başka hat ile ortak düğüm noktası oluşturması (transfer istasyonu), iki hattın da yolcu sayılarını artıracaktır. En azından bir başka hat ile ortak istasyonu olmayan tek bir hatta eklenen istasyondan, *ceteris paribus*, daha fazla yolcu sayısını çekeceği ileri sürebilir. Buradaki temel nokta, giderek metropoliten alanın farklı alanlarına doğru büyüyen raylı sistem ağının her bir istasyon noktasına etkisinin farklı olacağı, bu etkilerin istasyon noktasının ağdaki konumu yanı sıra yakın çevre özellikleriyle (arazi kullanımı, nüfus yapısı, sosyo-ekonomik durum, otomobil sahipliği vb.) ilişkili olduğudur (Zhao vd., 2013). Dolayısıyla belirli bir zamanda her bir istasyonun (düğümün) kendi bağlamı (yer ve düğüm özellikleri) yolcu sayısının da temel belirleyicisidir.

Ancak karşımızda yer özelliklerinin değişiminden daha hızlı büyüyen ve genişleyen toplu taşıma ağı varsa durum biraz farklıdır. Büyüyen ve genişleyen bir ağda düğüm noktası olarak mevcut bir istasyonun menzile erişebilirliğinin (4) (*destination accessibility*) değişimiyle (artışıyla) yolculuk sayıları da değişecektir (artacaktır). Dolayısıyla iki yıl gibi süreleri dikkate alarak arazi kullanım değişiminin görece aynı olduğunu kabul ettiğimiz yıllar arasında mevcut istasyonların yolculuk sayılarındaki artışın varış noktası erişebilirliği (düğüm özelliği) ile yakından ilişkili olduğunu ileri sürebiliriz. Bu temel beklenti üzerine bu çalışmada İstanbul metropoliten alanının son on yılda hızla büyüyen ve genişleyen raylı sistem ağındaki düğüm noktası özelliklerinin etkisini ortaya koymaya çalışacağız.

Çalışmada öncelikle İstanbul raylı toplu taşıma sisteminin tarihsel gelişimini son otuz yıla odaklanarak inceleyeceğiz (5). Görülecektir ki İstanbul'da kentsel dönüşümden daha kapsamlı ve istikrarlı bir şekilde kentsel ulaşım dönüşümü yaşanmaktadır. Lastik tekerlekli toplu taşıma giderek yerini raylı toplu taşımaya bırakmaktadır. Artan otomobilleşme ve otomobil kullanımı yanı sıra karayolu uzunluğunun düşük olması nedeniyle normalden daha fazla yaşanmakta olan trafik sıkışıklığı sonucunda oluşan toplu ulaşım talebi ana arterler boyunca raylı sistemler (ve metrobüs) yolcu tabanını büyütmektedir. Otobüs ve minibüs sistemindeki kişi başına yolcu kilometreleri giderek azalmakta, bir ya da birden fazla noktada raylı toplu taşımayla yolcu alışverişi yaparak yolcu aktarma/besleme gibi son kilometre işlevleri giderek artmaktadır (Dong vd., 2022). Her ne kadar arzu edilen bu olsa da sistem bütününde bir ana plan ile yolcu tabanının pekiştirilmesinin ihtiyacı da giderek artmaktadır.

Bir istasyonun "yolcu tabanı büyüme" sürecinde birçok etmen mevcuttur (6). İstasyonun düğüm özelliklerine bağlı olarak raylı toplu taşıma hattında/ağında meydana gelen gelişmeler ile lastik tekerlekli sistemdeki yeni düzenlemelerin yanı sıra yani toplu taşıma sistemi dışında, yeni arazi kullanım kararları (plan değişiklikleri), otomobilleşme, otomobil kullanımı, yakıt ve otopark maliyetlerindeki değişim gibi öğeler bir istasyonun yolcu tabanına önemli ölçüde etki etmektedir (7). Ancak takdir edilecektir ki yolcu tabanı büyütme sürecinin asıl ögesi raylı sistem ağı üzerinden erişilebilen noktalardır. Giderek büyüyen raylı sistemin zaman içindeki değişiminde kimi kritik aşamalar vardır ki erişebilirlik önemli sıçramalar gösterir, sistemin metabolik yapısı değişir, sistem farklı bir

4. Prof. Dr. Robert Cervero'nun dahil olduğu kimi çalışmaları bu konuda aydınlatıcıdır: Cervero ve Kockelman, 1997; Cervero vd., 2009. 1997 yılındaki çalışmada yer özelliklerini daha fazla vurgulayan 3D (Yoğunluk/Density, Tasarım/Design, Çeşitlilik/Diversity) işlenmiştir. Sonraki çalışmada ise menzile erişebilirliği (*destination accessibility*) ve istasyona olan mesafe (*distance to station*) kriterlerini ekleyerek 3D, 5D'ye çıkarılmıştır.

5. 1960 öncesi raylı sistemler için bakınız Tekeli (2009).

6. Bu çalışmada yolcu tabanı, raylı sistem istasyonunu hem çıkış noktası hem de varış noktası olarak kullanabilecek yolcuların bütünü olarak görülmektedir.

7. Örneğin, Ankara'da 2014 yılında hizmete giren, Dumlupınar Bulvarı (Eskişehir Yolu) altından çalışan Kuru Metro (M2 hattı) Tarım Bakanlığı-Danıştay istasyonu, 2019 yılında Ankara Şehir Hastanesi açılana kadar çok düşük seviyelerde yolcu taşımıştır. Aynı hattın Ümitköy istasyonunda ise farklı bir durum meydana gelmiştir. Daha önce bu istasyonu ara durak olarak kullanan otobüs hatları besleme hatlarına dönüştürülmesi sonrasında yolcu sayıları artmıştır. İstanbul'daki en tipik örneklerden birisi ise M1 hattı üzerindeki Kocatepe istasyonudur. İstasyonun yanı başında ama çıkışı olmadığı AVM açıldıktan hemen sonra istasyonun yolcu sayısı artmamıştır. NE zaman ki AVM'ye yeni bir çıkış açılmış sonrasında ancak yolcu sayısında büyük artış görülmüştür.

8. 2013, 2015, 2017, 2019 ve (pandemi dönemini atlayarak) 2022 yılları.

9. Kimi örnekler verilebilir. Yenikapı İstasyonu muhtemelen en tipik örnektir. 2013 yılında sadece Marmaray istasyonu olarak çalışmakta iken 2015 yılında hem M1 hatlarına hem de M2 hattına transfer imkanının ortaya çıkması ile istasyonun yolcu sayısı 2013 yılına nazaran 2015 yılında 13,7 kat artış göstermiştir. M3 ve M7 metro hatlarının kesişiminde transfer istasyonu olarak da hizmet veren Mahmutbey İstasyonu ise bir diğer örnektir. 2013 yılından bu yana hizmet veren M3 hattının ara istasyonu olan Mahmutbey İstasyonu, 2020 yılında hizmete alınan M7 hattının ise batıdaki son istasyonudur. M7'nin de hizmete girmesi ile daha önceki yolcu sayısı 2019 yılı ile 2022 yılları arasında 5,5 katına çıkmıştır. Bu istasyonlardaki yolculuk artışlarının yer özelliklerini de içerdiği ya da lastik tekerlekli toplu taşımadan ya da özel araç yolculuklarından önemli ölçüde yolculuk aldıkları da düşünülebilir. Burada bizim aradığımız temel nokta ağın büyümesi sonucu erişebilirliğin iyileşmesi ve bunun raylı toplu taşıma yolculuklarında artış olarak yansımalarıdır.

fazda işlemeye başlar. Bu nedenle ikinci bölümde İstanbul'daki raylı toplu taşıma sisteminin tarihsel gelişimine odaklanacağız. 1990'larda sade bir hattan oluşan raylı toplu taşıma sistemi, günümüzde İstanbul nüfusunun yarısından fazlasına makul erişim mesafesi içinde hızlı, rahat, konforlu yolculuk olanağı sunabilecek düzeye erişmiştir. Bunun daha ileriye götürülebilmesine yönelik çalışmalarda istasyonların zaman içindeki yolcu sayılarındaki değişimin ağ yapısı içinde ele alınmasının faydalı olacağı açıktır.

Çalışmada kullandığımız veri, 2013 ile 2022 yılları arasındaki yaklaşık on yıllık sürede, iki yıllık aralıklarla (8), istasyonlara ait günlük yolcu sayıları kapsamaktadır. Çalışmanın veri kısmında hatlar ve istasyonlar özelinde betimleyici istatistikler sunulacaktır. Yaz (Temmuz ikinci hafta) ve kış (Aralık ikinci hafta) sezonlarında yedi güne ilişkin (haftalık) yolcu sayıları, yıllık ortalamaya yakın yolcu sayısı değerlerini üretmektedir. İstanbul'un raylı toplu taşımasında son on yıl önemlidir. 2013 ile 2022 yılları arasında raylı toplu taşıma sisteminde önemli değişiklikler olmuştur. Marmaray, 29 Ekim 2013'de Boğaz geçişini de içeren kısa bir kesitte hizmete girmesi sonrasında 12 Mart 2019'da Anadolu ve Avrupa yakalarındaki istasyonlarıyla (toplam 43 istasyon) hizmete girmiştir. 2015 yılında Yenikapı'da M1, M2 ve Marmaray hatları ortak istasyon yapmıştır. Yenikapı istasyonu, Türkiye'de yer altından çalışan üç hattın bir araya gelerek transfer istasyonu olduğu ilk örnektir. Bu arada da M4 hattı uzamış, M5, M7 ve M8 hatları hizmete girmiş, yeni transfer istasyonları ortaya çıkmıştır.

Analiz kısmında öncelikle ardışık iki gözlem yılında mevcut olan istasyonların yolcu sayısındaki değişimler ile istasyonların düğüm özellikleri arasında ilişki kurulmaya çalışılacaktır. Toplu taşıma hatlarının giderek birbiriyle eklenmesi sonucunda görülecektir ki yolculukların da yapısında değişiklikler olmaktadır. Toplu taşıma sistemi büyüyüp genişledikçe mevcut hatlarda meydana gelen değişiklikler çeşitlilik gösterebilmektedir. Analiz kısmında bu değişiklikleri olası nedenleriyle birlikte açıklamaya çalışacağız. Örneğin, daha önce daha uzun güzergâh takip eden yolculuklar, daha kısa bağlantı sunan hatta kayabilmektedir. Ya da daha önce mevcut olmayan bir bağlantının çıkışı bir başka hattın tüm istasyonlarına olumlu etki edebilmektedir. Birinci durum yerine koyma (*substitution*), ikinci durum ise tamamlayıcı (*complementary*) özellikler taşımaktadır. Bunun için genel olarak yakın çevre nüfusunun ve arazi kullanımının değişmediği istasyonların esas alınmasına dikkat edilmiştir (9). Yeni hat ya da istasyonların açılış tarihlerini dikkate alarak karşılaştırmalar da yapılacaktır. Burada raylı sistem arasındaki farklılıkları da dikkate almak gerekmektedir. Banliyö, metro ve hafif raylı toplu taşıma sistemleri arasında kapasite ve işletme açısından birçok farklılıklar mevcuttur. Bu nedenle karşılaştırmalar yapılırken bu farklılıkları da göz önünde bulunduracağız. Analiz kısmını 2013 ile 2022 yılları arasındaki istasyon bazlı yolcu verisini kullanarak regresyon modeli (beş zaman noktasına ait panel veri rastgele etkiler analizi) aracılığıyla hat ve istasyon özelliklerindeki değişimin etkilerini yakalamaya çalışacağız. Sonuçlar ve öneriler kısmında analizlerden elde edilen bulgular üzerine politika önerileri ile çalışmayı sonlandıracağız.

İSTANBUL RAYLI TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ

İstanbul'un raylı sistemlerle tanışıklığı 19. yüzyıla kadar geri gitmektedir (Tekeli, 2009). Ancak eskiyen teknolojileri sonucu yavaş olmalarının yanı

sıra daha hızlı seyreden lastik tekerlekli motorlu araç (otomobil) trafiğine yol hakkı (*right-of-way*) sağlamak amacıyla raylı sistemler (tramvay hatları) 1950'lerden sonra yavaş yavaş hizmetten kaldırılarak yerini lastik tekerlekli sisteme (otobüs, minibüs, dolmuş) bırakmıştır (Tekeli, 2009, 50-62). Anadolu ve Avrupa yakalarında Marmara denizine paralel çalışan banliyö hatlarını saymazsak 1970'ler sonrası İstanbul'un toplu taşıma sistemi tamamıyla lastik tekerlekli sisteme dayanıyordu. Daha çok kısa mesafelerde bağlantı sağlayan dolmuş ile genelinde gecekonduların hizmet veren minibüs, İETT ve halk otobüsü işletmecileri tarafından sağlanan konvansiyonel otobüs toplu taşımasının kimi mahallerde tamamlayıcısı, kimi mahallerde ise sadece tek toplu taşıma aracıydı.

1930'lardan günümüze İstanbul il sınırları içinde toplu taşıma hizmeti sunan İETT, büyükşehir belediyesi örgütlenmesinden çok daha önce (bir düzineden fazla birbirinden bağımsız belediyenin örgütlediği) metropoliten alanın bütününde hizmet sunacak şekilde kurumsal kapasite geliştirmiştir. 1980'lerdeki büyükşehir düzenlemeleri sonucunda ortaya çıkan büyükşehir belediyesi örgütlenmesi ölçek ekonomilerine sahip altyapıya —ulaştırma altyapısı da bunlardan birisidir— ait yatırım ve yönetim işlerini metropoliten alan bütününde tek bir çatı altında toplamıştır. Büyükşehir belediyesinin yüksek maliyetli raylı sistem yatırımlarını gündeme alabilecek mali güce kavuşmasıyla, toplu ulaşım yatırımlarındaki seçim raylı sistem yatırımlarına yönelmiştir (10).

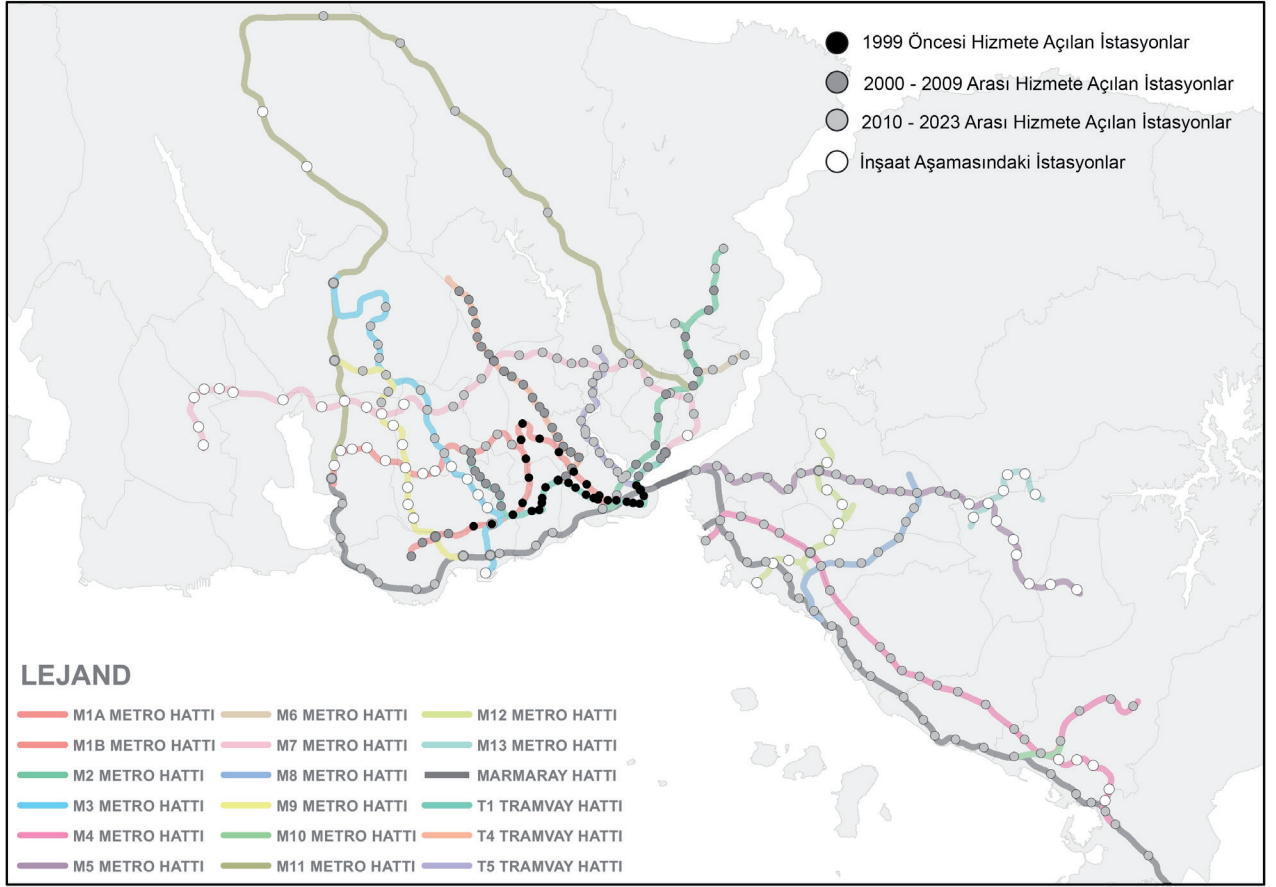
İstanbul'da ilk olarak, (Yenikapı-Atatürk Havalimanı arasında hizmet veren) M1 metro hattının Aksaray-Kartaltepe (Kocatepe) arasındaki kesimi hizmete girmiştir. Günümüzde Kabataş-Bağcılar arasında hizmet veren T1 tramvayı ise Tarihi Yarımada'da kısa bir kesitte hayata geçmiştir. Dikkat edileceği üzere her bir hat tamamlanan kesimleri itibarıyla hizmete girmiş, kalan kısmı tamamlandıkça peyderpey hizmete girmiştir. Günümüzde **Resim 1**'de verildiği üzere (yeniden hayata geçen) modern raylı sistemler İstanbul'un birçok köşesine uzanmaktadır:

İstanbul'un ilk metro hattı olan M1 hattı (Açılış: 03.09.1989) zaman içerisinde Atatürk Havalimanına kadar uzamıştır (20.12.2002). Otogar istasyonundan sonra hattın ikiye ayrılarak Kirazlı'ya kadar olan kesim M1B hattı olarak hizmete girmiştir (14.06.2013); mevcut havalimanına kadar olan hat ise M1A ismini almıştır. Günümüzde M1A hattı, 2007 yılından sonra öncelikle D100 karayolunun Avrupa kesiminde hayata geçirilen hızlı otobüs toplu taşıma hattı (metrobüs) ile en fazla transfer noktasına sahip raylı sistem hattı olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk döneminde sadece Tarihi Yarımada içinde kalan T1 tramvay hattı 1992 yılında Sirkeci ile Topkapı arasında yolcu taşımaya başlamıştır (11). T1 hattı, 1996 yılında surların dışına çıkarak Zeytinburnu'na erişmiştir. İstanbul'un kuzey yönüne olan ve İstanbul (Tarihi Yarımada) ile Beyoğlu'nu, sonrasında Büyükdere Caddesi'nin üzerinden geçtiği güzergahı takip ederek daha kuzeydeki kesimlere erişim sağlayan M2 metro hattı, 2000 yılında Taksim - 4. Levent arasında hizmete girmiştir.

M2 hattı, 2009 yılında kuzey ve güney uç noktalarından uzayarak Atatürk Oto Sanayi (kuzey) ile Şişhane (güney) arasında hizmet vermeye başlamıştır. 2011 yılında kuzeydeki hedef noktası olan Hacıosman istasyonuna kadar uzamıştır. Tarihi Yarımada'ya uzama ise 2014 yılında tamamlanmıştır. Böylece M2 hattı, merkezi iş alanının 19. yüzyıldan günümüze kadar olan gelişiminin güzergâhını takip ederek, geleneksel merkez ile modern merkezi birbirine bağlamaktadır. M1, T1 ve M2 hatlarının tarihi merkez ve yeni merkez içinde kalan kesimleri, gün içindeki

10. Tekeli (2009)'un giriş kısmı bu konuyu Tekeli'nin kişisel tarihi ile işlemektedir.

11. 13.06.1992 Aksaray-Beyazıt, 10.07.1992 Beyazıt-Sirkeci, 29.12.1992 Aksaray-Topkapı.



Resim 1. 2023 yılı İstanbul raylı sistemler ağı haritası (Kaynak: Yazar).

zirve saatlerinin temel bileşeni olan ev-iş ve ev-okul yolculukları dışında, gün içine dağılmış rekreasyon ve iş takibi amaçlı yolculuklara, hafta içi ve hafta sonu farklı faaliyetlere hizmet vermektedir. Bu nedenle söz konusu üç hattın merkezi alanlar içinde kalan kesimleri yolcu/yolculuk çeşitliliği açısından diğer hatlara göre zenginlik göstermektedir.

M2 hattının Büyükdere Caddesi üzerinde iki adet kısa bağlantısı söz konusudur. Birincisi Seyrantepe depo alanı yakınındaki stadyuma erişim sağlayan Seyrantepe istasyonudur; ikincisi ise 19 Nisan 2015 tarihinde hizmete giren Levent-Boğaziçi Üniversitesi arasındaki M6 hattıdır. M2 hattı Boğaza paralel güzergâhı takip etmesi nedeniyle düşük kottaki Boğaz kıyısıyla üç yerde bağlantı kurmaktadır. Birincisi, (Şişhane istasyonu yürüme mesafesinde) Beyoğlu'ndan Karaköy'e bağlanan dünyanın ilk yeraltı trenlerinden (1875) Tünel (F2); ikincisi, 2006 yılından bu yana Taksim istasyonundan Kabataş'a bağlantı sağlayan Taksim-Kabataş föniküleri (F1); üçüncüsü ise M2-M6 devamında Boğaziçi Üniversitesi ile Aşiyan arasındaki föniküler (F4; Açılış: 28 Ekim 2022) olarak hizmet vermektedir. M2 hattına Seyrantepe istasyonu üzerinden bağlanan F3 föniküleri ise Seyrantepe istasyonunu batı yönüyle buluşturmuştur.

2006 yılında hizmete giren T2 hattıyla T1 hattının son durağı Zeytinburnu'ndan Bağcılar'a kadar uzanan kesim, raylı sistemi Avrupa yakasının iç kesimlerine kadar uzatmıştır. T2 hattının araç ve istasyon altyapısının yeniden düzenlenmesi ile her iki hattın birleşmesi 3 Şubat 2011 tarihinde gerçekleşerek günümüze kadar hizmet vermekte olan 19,3 km'lik tramvay hattını ortaya çıkıştır. Tarihi Yarımada içindeki kesiminde

yayalaştırılmış alanın içinden de geçen tramvay hattı, Boğaz denizyolu taşımacılığını da önemli ölçüde desteklemektedir. (Kadıköy sahili ile Moda arasında 2003'den bu yana dairesel hat üzerinde hizmet vermekte olan T3 tramvayı, nostaljik tramvay ve son kilometre bağlantı hattı olarak çalışmaktadır. Bu nedenle mevcut yazıda raylı sistem ağı dışında bırakılmıştır.) İstanbul'un Avrupa yakasındaki T4 tramvay hattı da M2 gibi kuzey yönelimli bir hattır. İlk olarak Edirnekapı Şehitliği ile Mescid-i Selam arasında 2007 yılında hizmete giren hat, Edirnekapı sonrasında 2009 yılında D-100 karayolunu üstten geçip, Tarihi Yarımada surları takip ederek Topkapı Park içine kadar uzamıştır.

Anadolu yakasındaki ilk hat ise Kadıköy'den başlayarak Acıbadem istasyonu ile birlikte D100 karayolunu takip eden M4 hattıdır. D100 karayolunun Avrupa yakasındaki kesimindeki toplu taşıma türü metrobüs iken Anadolu yakasındaki toplu taşıma türü metro hattıdır. Avrupa yakasında lastik tekerlekli metrobüsün olmasının bir nedeni Haliç topoğrafyasındaki istikrarsızlıktır.

Kadıköy çıkışlı M4 hattının diğer ucu kademeli olarak doğruya doğru ilerlemiştir. 17 Ağustos 2011 tarihinde Kadıköy-Kartal arasında hizmet vermeye başlayan M4 hattı, 10 Ekim 2016 tarihinde Kartaltepe'ye, 2 Ekim 2022 tarihinde ise D100 karayolu güzergâhından ayrılarak Sabiha Gökçen Havalimanına erişmiştir. M4 hattının raylı sistem ile ilk transfer noktası, 29 Ekim 2013'de Marmaray'ın Boğaz geçişinin hizmete girmesi ile aynı zamanda Ayrılık Çeşmesi istasyonu ile hizmete girmiştir. Marmaray'ın 12 Mart 2019 tarihinde Gebze-Halkalı arasında hizmete girmesiyle bu transfer istasyonunun önemi daha da artmıştır. 2 Ekim 2022'de Sabiha Gökçen Havalimanına kadar uzayan M4 hattı raylı sistem ağına ayrıcalıklı konuma yükselmiştir.

2023 itibariyle Kirazlı-Kayaşehir arasında hizmet veren M3 hattı, 14 Haziran 2013 tarihinde raylı sistem ağına eklenerek Avrupa yakasında kuzey bağlantısı sağlayan üçüncü hat olarak hizmete girmiştir. Güneyde M1B hattının sonlandığı Kirazlı istasyonundan başlayarak Başakşehir Metrokent istasyonunda sonlanan hattın şehir hastanesini de kapsayan Kayaşehir uzantısı 8 Nisan 2023 tarihinde işletmeye girmiştir. Üsküdar sahilinde ilk durağını yapan M5 hattı, Anadolu yakasında doğu yönüne uzanan üçüncü hat olarak karşımıza çıkmaktadır. Üsküdar, Ümraniye, Çekmeköy ve Sultanbeyli ilçelerini bağlayacak hattın Yamanevler'e kadar olan etabı 15 Aralık 2017, Çekmeköy'e kadar olan etabı ise 21 Ekim 2018 tarihinde hizmete girmiştir.

Avrupa yakasında metrobüs, Marmaray, M1 ve T1 sonrasındaki beşinci doğu-batı yönelimli toplu taşıma hattı olan M7 hattı ise E-80 TEM otoyolu güneyinde kalan kentsel alanlara hizmet vermektedir. 28 Ekim 2020 tarihinde Mecidiyeköy-Mahmutbey arasında hizmete giren hat, pandemi dönemi sonrasında 2 Ocak 2023'de Fulya ve Yıldız istasyonlarıyla Boğaz kıyısına doğru uzamıştır. M7, gelecekteki Beşiktaş ve Kabataş istasyonlarıyla Beyoğlu yakasından Boğaz kıyısına aktarmasız erişim sağlayan ilk metro hattı olacaktır.

Anadolu yakasında batı-doğu yönelimli üç hattın sonra ilk güney-kuzey bağlantısı Bostancı ile Parseller arasındaki M8 metro hattıdır. 06 Ocak 2023 tarihinde hizmete giren M8 hattı, batı-doğu yönelimli üç hat (Marmaray, M4, M5) ile transfer yapabilmektedir. Hâlihazırda Kirazlı ile Kayaşehir Merkez arasında hizmet veren M3 ile Bahariye-Olimpiyat arasında hizmet veren M9 hatlarının güneye doğru uzanan kesimlerinin tamamlanmasıyla

Avrupa yakasında Marmara kıyısından (Bakırköy ile Ataköy) iç kesimlere güney-kuzey bağlantıları da tamamlanmış olacaktır. M10 metro hattı, Sabiha Gökçen Havalimanında sonlanan M4 hattı ile Pendik merkezi bağlayacak bir bağlantı hattı olarak da görülebilir. M4'ün D100 altından İçmeler'e kadar olan uzantısı ise Tavşantepe sonrasındaki çatal hat olarak ele alınabilir. Sonuç olarak M4 hattı, Bostancı sonrasında Pendik ve İçmeler'de Marmaray ile transfer olanağı sağlamış olacaktır.

Avrupa yakasında Gayrettepe'den kuzeybatı yönünde İstanbul Havalimanı'na eriştikten sonra güneybatı yönünde Halkalı'da sonlanan M11 hattı, havalimanı yanı sıra Kemerburgaz ve Göktürk gibi kuzey yerleşmelerini de şehir merkezi ile bağlama amacı taşımaktadır. M11'in İstanbul Havalimanı sonrasındaki kesiminde ise mevcut hatların batı yönünde planlanan uzatmaları ile kesişmesi söz konusudur. Böylece havalimanına olan erişim önemli ölçüde iyileşecektir. M12 metro hattı, Anadolu yakasında Göztepe'den iç kesimlere doğru ikinci güney-kuzey bağlantısı olacaktır. İstanbul metropoliten alanının doğudaki son sınırında yer alan Bahçeşehir'e Halkalı'dan olan raylı sistem bağlantısı ise B2 hattı olarak (Marmaray olarak bildiğimiz banliyö hattı B1'dir.) gün içinde sadece iki karşılıklı sefer yapmaktadır.

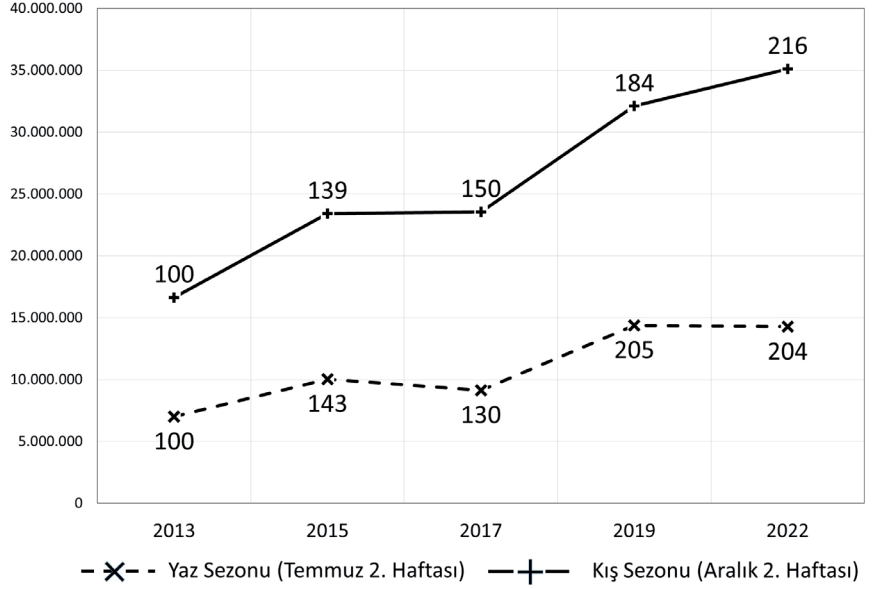
Son otuz yılda İstanbul'da görülen; raylı toplu taşımanın 2000 yılı öncesinde Avrupa yakasında yoğunlaşırken, zaman içerisinde İstanbul geneline yayılmakta olduğudur (**Resim 1**). 2010'lu yıllar öncesinde daha çok bağımsız hatlar olarak çalışan raylı sistem hatlarının son on yıl içerisinde transfer istasyonlarıyla giderek ağ oluşumuna doğru evrildiği de görülmektedir. Yeni hatların ortaya çıkışı ile raylı sistem ağındaki yolculuk güzergâhlarında da değişiklikler olacaktır.

2017 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) bina bazlı verisine göre 2023 yılına kadar hizmete girmiş raylı sistem istasyonlarının bir kilometre yarıçapında 6.536.489 kişi yaşıyordu. 2023 sonrasında hizmete girecek istasyonları da hesaba kattığımızda (2017 - ADNKS verilerine göre) 8.585.440 kişi en az bir raylı sistem istasyonuna erişim sağlamaktadır (İstanbul'un 2017 nüfusunun %57'si). Diğer bir deyişle raylı sistem ağı, İstanbul'un nüfus artışından daha hızlı bir şekilde büyüyerek kapsama alanını genişletmektedir.

VERİ

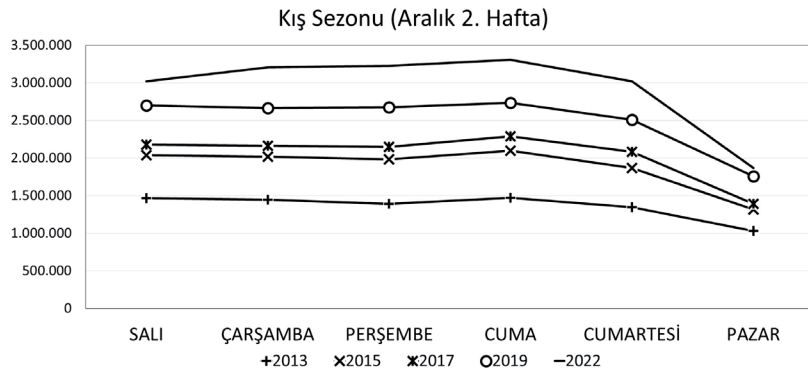
Çalışmada kullanılan veri 2013 yılından 2022 yılına kadar geçen süre içerisinde (pandemi dönemine rastlayan 2021 yılını atlayarak) iki yıllık aralıklarla, yaz ve kış dönemlerinde, birer haftalık, istasyon bazlı günlük yolculuk sayılarından (elektronik kart okumaları) oluşmaktadır (**12**). Aradan geçen on yılda raylı sistemlerin taşıdığı yolcu sayısı neredeyse iki katına çıkmıştır (**Resim 2**). 2013 yılının Aralık ayının ikinci haftası yolcu sayısını 100 olarak kabul ettiğimizde 2022 Aralık ayının ikinci haftasına yolcu sayısı 216'ya çıkmıştır. Temmuz ayının ikinci haftasını esas aldığımızda aynı dönemde 100 olan yolcu sayısı 204'e çıkmıştır. Buradan hareketle raylı sisteme ait her istasyon ya da durak yolcu sayısının iki kat artacağını varsaymak yanlış olur. Arada geçen zamanda büyük değişiklikler olmuş, raylı sistemlerin İstanbul'daki büyümesine ve genişlemesiyle birlikte yolculuk tabanı da değişmiştir. Bu durumda uzun mesafe toplu taşıma talebinin yüksek olduğu mahallerde ya da menzil erişimi yükselen istasyonlarda yolcu sayısındaki artışın daha fazla olacağını beklemek daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

12. İBB Belbim ve Ulaşım Dairesi Yolcu istatistikleri 2013: 08-14 Temmuz, 09-15 Aralık; 2015: 13-19 Temmuz, 14-20 Aralık; 2017: 10-16 Temmuz, 11-17 Aralık; 2019: 08-14 Temmuz, 09-15 Aralık; 2022: 11-17 Temmuz, 12-18 Aralık

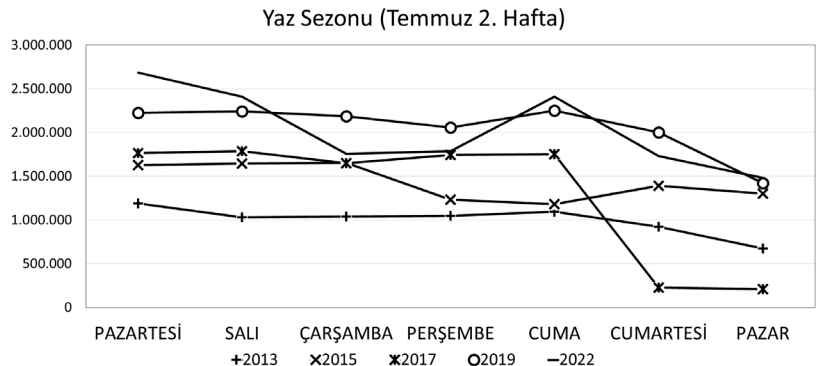


Resim 2. İstanbul'da 2013-2022 yılları arasında raylı sistem haftalık yolcu sayıları.

Haftanın günlerine göre veriye baktığımızda okul ve iş yolculuklarının düzenli olduğu kış sezonunda (Aralık 2. hafta) yıllara göre artış açıkça görülmektedir (**Resim 3**). Kış sezonunda hafta sonu Pazar günü, tüm haftanın en düşük seviyesine Cumartesi gününden sonra erişildiği sezona özgü yolculuk düzeni ortaya çıkmaktadır. Yaz sezonu, iş ve okul yolculuklarında meydana gelen düzensizliğin ve hafta sonu rekreasyon olanaklarının ortaya çıktığı bir dönemdir.

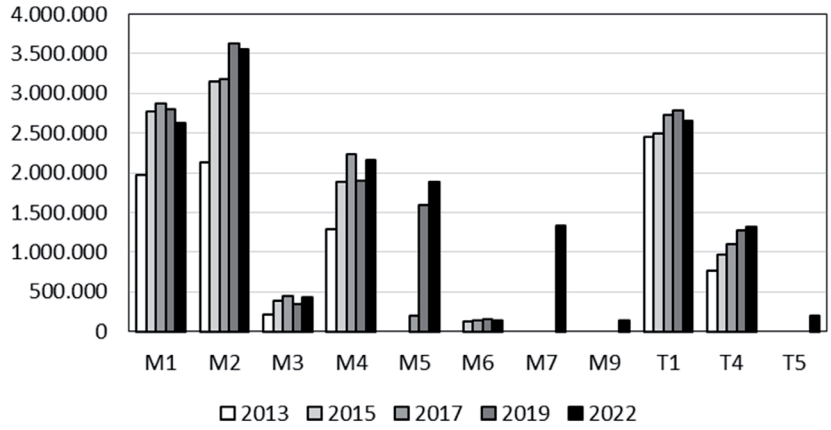


(a) Kış Sezonu

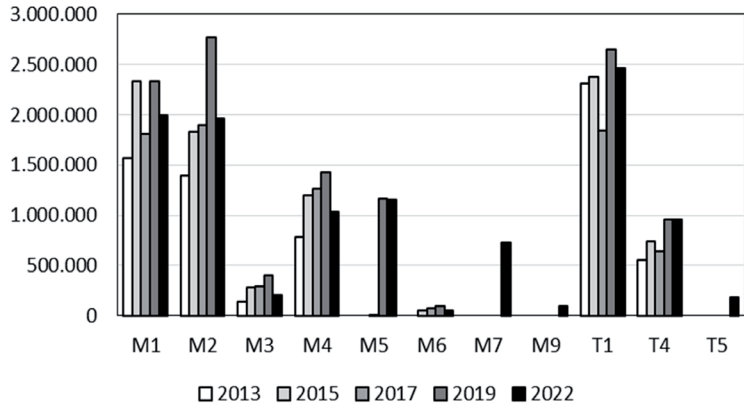


(b) Yaz Sezonu

Resim 3. İstanbul'da 2013-2022 arasında raylı sistem yolcu sayıları yaz/kış, haftanın günleri.



(a) Kış sezonu (Aralık 2. Hafta)



(b) Yaz Sezonu (Temmuz 2. Hafta)

Resim 4. İstanbul'da 2013-2022 arası raylı sistem hatlarında haftalık yolcu sayısı.

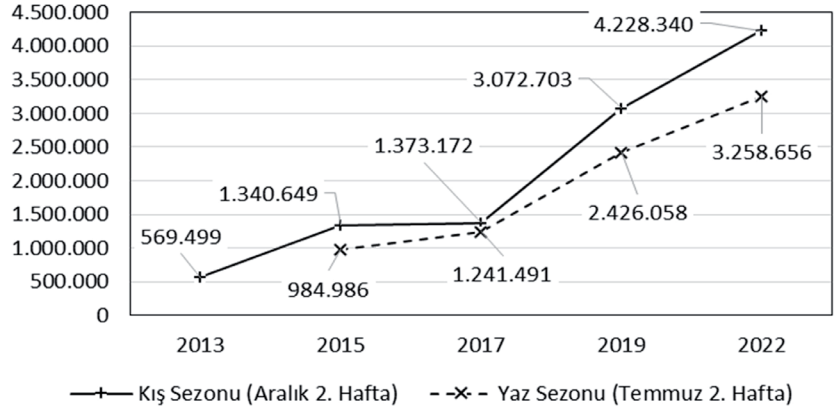
Nitekim yıllara göre grafikler incelendiğinde de kış (Aralık) ve yaz (Temmuz) sezonları arasındaki farklılık, her iki sezonun birbirinden çok farklı yolculuk yapılarına sahip olduğunu göstermektedir. Genel olarak kış sezonunda hafta içi günleri aynı düzeylerde kalırken, yaz sezonunda özellikle 2015 ve 2022 yıllarında hafta içi değişkenliği artmaktadır. 2015 yılı dışında yaz sezonunda Pazar günü, en düşük raylı sistem kullanım seviyesine düşmekle beraber kış sezonuna nazaran belirsizliğin arttığını da ileri sürebiliriz. Kış ve yaz sezonları arasındaki değişim metro ve hafif raylı hatlarına, Avrupa ve Anadolu yakalarına göre de farklılaşmaktadır (Resim 4).

2013 yılından bu yana, önce İstanbul'un, Boğaz'ın iki yakasını birleştiren Marmaray, 2019 yılına metropoliten alanın Marmara kıyısındaki bütününe genişleyerek raylı sistem içindeki en büyük mekânsal büyümeyi gerçekleştirmiştir (13). Bu büyüme yolculuk sayılarına doğrudan yansımıştır (Resim 5).

Kış sezonunu esas aldığımızda 2013 yılı ile 2022 yılları arasında Marmaray 7,42 kat artışla raylı sistem içindeki en yüksek değere sahiptir. Bunun esas nedeni Marmaray güzergâhının 19. yüzyıldan günümüze gelen eski demiryolu ile İstanbul'un bu demiryolunu esas alan Marmara Denizi kıyısı

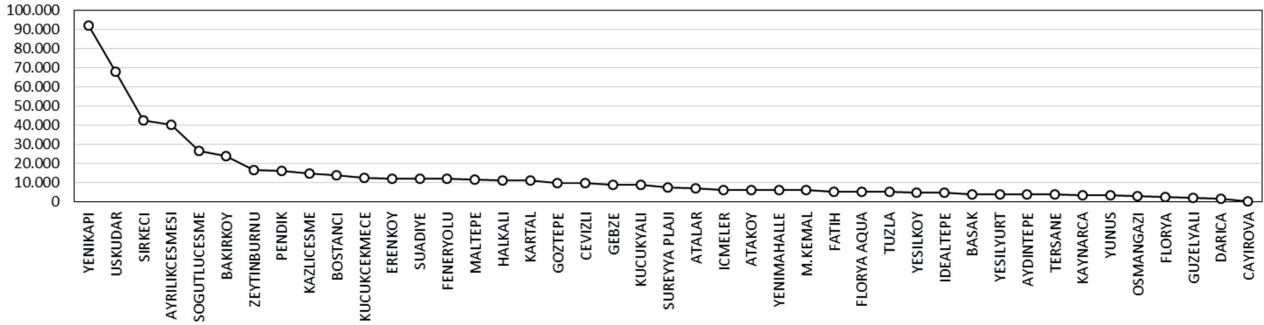
13. Yaklaşık 77 km uzunluğundaki hat üzerinde 43 istasyon mevcuttur. On araçtan oluşan bir setin yolcu taşıma kapasitesi 3.500 civarındadır.

MARMARAY



Resim 5. Marmaray haftalık yolcu sayıları.

Marmaray İstasyonları Yolcu Sayıları (13.12.2022/Salı)



Resim 6. Marmaray istasyonları hafta içi günlük yolcu sayıları.

lineer metropoliten alan gelişimidir (Resim 6). İstanbul'daki raylı sistemler dikkate alındığında gelişmesi 1950 öncesine dayanan yerleşmelere ağırlıklı olarak Marmaray, gelişmesi 1950'ler sonrası olan (özellikle gecekondundan dönüşen) yerleşmelere ise ağırlıklı olarak metro ve hafif raylı sistem hizmet etmektedir (14).

Marmaray'ın hizmet verdiği Marmara kıyısı yerleşmelerinde istasyonların yolcu sayıları merkezi alanlara yaklaştıkça artış göstermektedir (Resim 6). Merkezi kesimde hattın en fazla yolcuya hizmet veren istasyonları farklı hatlarla transfer imkanı olan istasyonlardır. Bunlar içinde iki metro hattı ile transfer olanağına sahip olan Yenikapı istasyonu öne çıkmaktadır. Sirkeci'nin tarihi kent merkezine hizmet vermesine rağmen Üsküdar'ın arkasında kalmasının nedeni, Üsküdar istasyonunun metro ile Sirkeci istasyonunun ise hafif raylı sistem ile transfer imkanına sahip olmasıdır. Birincisinin kapasitesinin daha yüksek olması istasyondaki yolcu sayısını etkilemektedir.

ANALİZLER

İstanbul'un ilk hizmete giren metro hattı olan Avrupa yakasındaki M1 hattı 2013 yılının başında Aksaray ile Atatürk Havalimanı arasındaki 17 istasyon ile toplu taşıma hizmeti vermekte idi. Aynı yıl içinde M1B çatılandırılması ile Otogar istasyonundan sonra beş istasyon (15) ilavesi gelmiş (14.06.2013), yine aynı gün açılan M3 hattı ile de Kirazlı istasyonunda buluşmuştur. 2011

14. Doğal olarak metro ve hafif raylı sistemin kent merkezine hizmet veren kesimleri de mevcuttur.

15. Esenler, Menderes, Üçyüzlü, Bağcılar Meydan, Kirazlı-Bağcılar.

16. 2011 ile 2013 arasında İstanbul'un nüfusu %3,9 oranında büyümüştür.

17. Marmaray, 2013 ve 2019 yılları arasında Ayrılıkçeşme ile Kazlıçeşme arasında kısa etapta hizmet vermiştir.

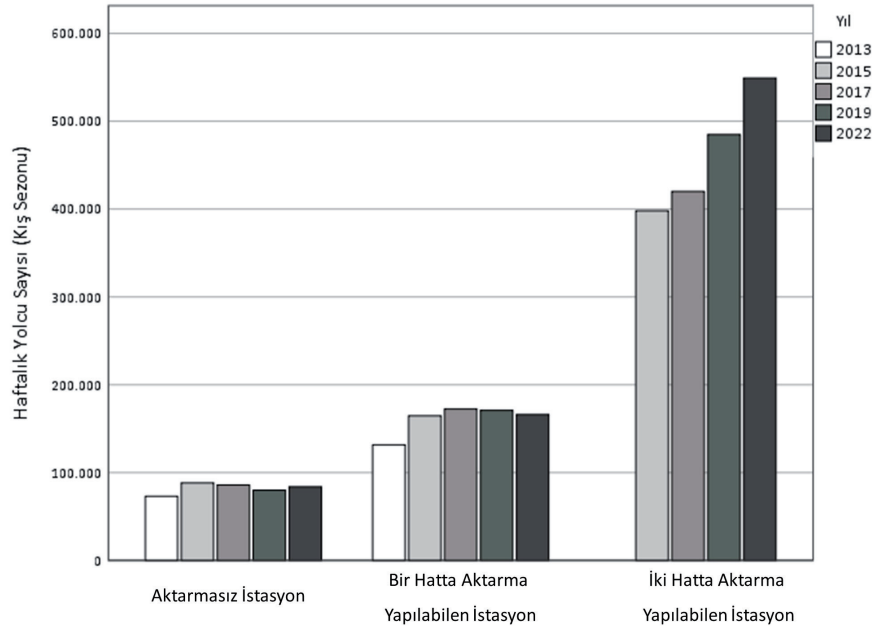
18. M2 ve M6 hatlarını bu çalışmada birlikte değerlendirmektedirim.

yılında (12.12.2011/Salı) M1 hattı 226.313 yolcuya hizmet verirken, 2013 yılındaki büyüme sonucunda yolcu sayısı 277.743 (10.12.2013/Salı) yolcuya erişmiştir (%23,1 artış). Tarihi Yarımada'dan Bağcılar'a kadar kesintisiz tramvay erişimi sağlayan T1 hattında aynı tarihler arasında yolcu sayısı %16,1 oranında, T4 tramvayı %9,4 oranında artmıştır (16). Bu artışların, Avrupa yakasının iç kesimlerini Tarihi Yarımada'ya bağlayan genişleme sonucu meydana geldiği ileri sürülebilir.

2014 yılında açılan Yenikapı transfer istasyonu ile M1 ve M2 metro hatları ile Marmaray (17) transfer olanağına kavuşmuştur. Ayrıca 19.04.2015 tarihinde M2 hattı, Boğaziçi Üniversitesine bağlanan M6 hattı ile Levent istasyonundan Boğaza doğru çatallanmıştır (18). (M2 hattının bir diğer çatal hattı Sanayi Mahallesi'nden Seyrantepe'ye ayrılmaktadır.) Anadolu yakasında, 29 Ekim 2013 yılında Marmaray ile Ayrılık Çeşmesi istasyonu ile transfer olanağına kavuşan M4 hattında ise 2016 yılına kadar herhangi bir başka değişiklik olmamıştır. 2013 ile 2015 arasındaki en büyük değişiklik, Yenikapı ve Ayrılık Çeşmesi transfer istasyonlarıyla raylı sistemlerin, Avrupa ve Anadolu yakalarını (İstanbul, Beyoğlu ve Anadolu) kesintisiz olarak birleştirmiş olmasıdır. Bu bağlantının etkisi tüm raylı sistem üzerinde gözlemlenmiştir.

Örnek olarak günümüzde Kadıköy ile Sabiha Gökçen Havalimanı arasında hizmet veren M4 hattını ele alalım. Hattın Ayrılık Çeşmesi istasyonu, Marmaray'ın Ayrılık Çeşmesi ile Kazlıçeşme arasındaki etabıyla aynı günde açılmıştır (29 Ekim 2013). 2013 Eylül ayında günlük ortalama 138.418 yolcuya hizmet veren M4 hattı bütünü, 2013 Kasım ayında 180.710 ortalama yolcu seviyesine çıkmıştır (%30,55 artış). Bu artışı Ayrılık Çeşmesi istasyonunun açılışına bağlayabiliriz. Yenikapı'da M2 hattı ile transfer olanağının ortaya çıktığı 2014 Şubat ayı sonrasında M4 hattının hizmet verdiği yolcu sayısı 2013 Aralık ortalaması 181.737 iken 2014 Mart ortalaması 195.674'e artmıştır (%7,7 artış). Yenikapı istasyonuna M1 hattının da bağlandığı 2014 Kasım ayı sonrasındaki artış ise %20 civarında gerçekleşmiştir. M4 özelinde görülen bu durum sistem geneline yayılmaktadır. Bu etkileri tamamlayıcı etkiler olarak görmekteyiz.

Bir başka örneği ise TEM otoyolunun hemen altındaki yerleşmeleri doğu-batı yönünde kateden günümüzde Yıldız ile Mahmutbey arasında hizmet veren M7 metrosuna ilişkin verebiliriz. Hattın birinci etabı olan Mecidiyeköy-Mahmutbey arasındaki kesimi 28 Ekim 2020 tarihinde hizmete girmiştir. Hat, İstanbul'un merkezi iş alanına olan erişimi, Tarihi Yarımada'ya uğramadan sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, Mahmutbey'den M3, M1 ve M2 metrolarını kullanarak 46 dakikalık araç içi yolculuk yanı sıra aktarmalar için en az 10 dakika süren yürüme ve bekleme sonucu Mecidiyeköy'e erişim sağlanırken, M7 metrosu aktarmaya gerek olmadan aynı çıkış varış noktaları arasında 31 dakikada erişim sağlamaktadır. (M3 ile M1, M1 ile M2 arasındaki aktarmaların parasal maliyeti de söz konusudur.) M3'ün hizmet verdiği alandan Mecidiyeköy'e erişim amacıyla M7 açıkça daha avantajlı olduğundan, bu alandan M1'e olan aktarmalar normal olarak sonlanacaktır. Nitekim M7 açılışı öncesinde M1 metrosu bir günde (10.12.2019) 417.173 yolcuya hizmet verirken M7 hattı açılışı sonrasında bir günde (13.12.2022) hizmet verdiği yolcu sayısı 375.911'e düşmüştür (%9,9 azalış). Buna karşın M3 metrosunun günlük yolcu sayısı ise 54.727'den 68.243'e çıkmıştır (%24,7 artış). M3 hattından M1'e aktarma yaparak Mecidiyeköy yönüne gidecek olan yolcuların M7 hattına aktarma yaparak M3 ile M7 arasında tamamlayıcılık, M1 ile M7 arasında ise ikame ilişkileri olduğunu ileri sürebiliriz.



Resim 7. Yıllara göre raylı sistem aktarma istasyonlarındaki yolcu sayısı değişimi.

Yukarıdaki örnekler hat geneline ilişkindir. Bu gelişmelerin istasyon özelinde incelenmesi de söz konusudur. İlginç bir örnek M2 hattına ilişkin verilebilir. Zira 2019 ile 2022 yılları arasında M2 hattı genel olarak yolcu kaybetmiş (%-2,1) olmasına karşın M7 ile bağlantı sağlayan Şişli-Mecidiyeköy istasyonunun kuzey girişlerindeki geçişler %82 ise oranında artmıştır. Hattın genelindeki yolcu azalmasına karşın bu örnek transfer istasyonunda artan yolcu sayısına işaret etmektedir (**Resim 7**).

Gerçekten de transfer istasyonları diğer istasyonlardan her zaman daha fazla yolcu taşımakla beraber etkileri tüm istasyonlarda hissedilmektedir. Örneğin, Avrupa yakasında Yenikapı istasyonunda üç hattın entegrasyonu, bağlantı sağlanan tüm hatlar üzerindeki istasyonların özellikleriyle orantılı olarak artış göstermiştir. Çalışmada gelinen noktada, bir istasyonun yolcu sayılarına etkileyen özelliklerinin ortaya çıkarılmasına panel veriye uygun bir model (rastgele etkiler panel veri lineer regresyon modeli/*random effects panel data linear regression*) kullanarak daha kapsamlı bir yaklaşıma ihtiyaç olduğu açıktır. Mevcut çalışmada kullanılan panel veri beş zaman noktasında istasyonlara ilişkin toplanan veridir. Bu zaman noktalarında (2013, 2015, 2017, 2019 ve 2022) hizmette olan her istasyona ait bir haftalık (Aralık ayı, ikinci hafta, kış sezonu) yolcu sayıları (doğal logaritması) bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. Bağımsız değişkenler ise yer ve düğüm etkilerini ortaya çıkarmaya yönelik değişkenlerdir. Değişkenlere ilişkin betimleyici istatistiklerden önce Rastgele Etkiler Regresyon Modelinin temel kurgusunu şu şekilde verebiliriz (Adkins ve Hill, 2011, 458):

$$y_{it} = \beta_1 + \beta' x + (e_{it} + u_i) \quad (1)$$

y = ln(yolcu sayısı).

x = Bağımsız değişkenleri içeren vektör

β = parametre değerlerini içeren vektör

t = gözlem yılları (2013,2015, 2017, 2019, 2022).

i = istasyon (186 adet).

e = Yıl ve istasyon bazlı sapma terimi.

u = istasyon bazlı sapma terimi.

$$v_{it}=(u_i+e_{it}) \quad (2)$$

Sapma teriminin (v) varyansı şu şekildedir:

$$\sigma_v^2 = \text{var}(v_{it}) = \text{var}(u_i + e_{it}) = \sigma_u^2 + \sigma_e^2 \quad (3)$$

Yukarıda verilen model içinde bir istasyonun iki zamandaki ölçümleri arasındaki kovaryans her istasyon için aynı kabul edilmekte $-\text{cov}(v_{it}, v_{is}) = \sigma_u^2$ aynı dönemde iki istasyon arasındaki kovaryans ise sifıra eşitlenmiştir: $\text{cov}(v_{it}, v_{jt}) = 0$. Mevcut kabuller kullanılarak bir istasyonun hizmet verdiği yolcu sayısının iki zaman dilimi arasındaki korelasyonu ise şu şekilde hesaplanır:

$$\rho = \text{corr}(v_{it}, v_{is}) = \frac{\text{cov}(v_{it}, v_{is})}{\sqrt{\text{var}(v_{it})\text{var}(v_{is})}} = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_e^2} \quad (4)$$

Yukarıda sunulan modelde iki tip yer değişkeni kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi istasyonun 1 km yarıçap içinde yaşayan nüfustur. Elimizde 2017 ve 2022'ye ait ADNKS verileri mevcuttur. 2017 ve 2022 yılları için nüfus verisi olmasına rağmen diğer yılları eksik bıraktığımızda model anlamsız sonuçlar üretmektedir. Bunun yerine model tahmininde tüm istasyonlar ve yıllar için orta yıl olan 2017 yılı nüfusu kullanılmıştır. İkinci yer verisi için işyeri sayısı kullanılmaktadır. Özellikle kentin içindeki yerlerde küçük işletmelerin olduğu varsayılırsa işyeri sayısının da nüfus benzeri ele alınabileceği düşünülebilir. Her iki yer verisinin doğal logaritması modele girmiştir. Gerek bağımlı değişken olan yolcu sayılarının gerekse de yer özelliklerini temsil eden söz konusu iki bağımsız değişkenin (istasyon civarı nüfusu ile işyeri sayısı) logaritma ile modele dahil edilmesi parametre anlamlılıklarını da önemli ölçüde iyileştirirken, diğer yandan da belirli bir seviyenin ötesinde etkilerin üst sınırına yaklaşacağı iç kabulünü de ortaya koymaktadır. Öte yandan yer değişkenlerinin tahmin edilen katsayıların esneklik değerleri olarak da değerlendirilebilir. Diğer bir deyişle, yer değişkenlerinin yukarıda verilen model aracılığıyla tahmin edilen katsayıları yer değişkeninde meydana gelen %1 artışa karşı yolcu sayılarında meydana gelecek yüzde artışa işaret etmektedir. İstanbul'un Boğaz ile bölünmüş iki yakadan oluşmuş olması nedeniyle her iki yakanın özellikleri bağlamında toplu taşıma düzeylerinde de farklılıklar vardır. Bu hipotezin model içindeki temsilcisi istasyonun bulunduğu yakayı (Avrupa) ifade eden bir ikili değişkendir. Avrupa yakasının nüfus ve işyeri açısından Anadolu yakasına üstün olduğunu biliyoruz. Buradan hareketle bu değişkenin de diğer değişkenlerin etkileri kontrol edildiğinde dahi etkisini sürdürüleceğini ileri sürebiliriz.

Düğüm değişkenleri ise istasyonun bulunduğu hattın yanı sıra, hat üzerindeki konumu, hattın işletmesi ile transfer özelliklerini içermektedir. En basit düğüm özelliği bir istasyonun merkezi alanlar esas alınarak, merkezden uzaklığını veren, istasyon sırasındır. Avrupa'da Tarihi Yarımada/deniz kıyısı, Anadolu'da ise Boğaz/deniz kıyısı esas alınarak

istasyonlarının sıralarının istasyonların kullanımı ile yakın ilişki içinde olduğu düşünülmektedir. Keza istasyonlara ilişkin yolcu değerleri de bunu desteklemektedir. İkinci en önemli düşün özelliği ise transfer olanağıdır. Bu olanak birçok açıdan incelenebilir. Çünkü transferler kolaylık sağlasa da zorluklar da içerir. Bir istasyondan diğer bir istasyona yürümeyi içeren faaliyet olarak transferin kapalı alanda ya da açık alanda yapılması, mesafesi gibi unsurlar transfer istasyonunun yolcu seviyeleri (başarısı) ile yakından ilişkilidir. Ancak yukarıda verilen kimi bilgiler ışığında değerlendirme yaptığımızda transferlerin hatlar arasındaki tamamlayıcılık özelliğini birçok istasyon özelinde ortaya çıkardığı da gerçektir. Mevcut çalışmanın toplulaştırılmış veriye dayalı olması nedeniyle, transferlere ilişkin daha detaylı değişkenlere sapsmadan transfer olanağının olup olmadığına dair değişken kullanılmıştır. Çalışmada iki tür transfer birbirinden ayrılmıştır: raylı sistem içinde yapılan transferler ve metrobüse olan transferler. Raylı sistem içinde yapılan transferde ise bir hattın istasyonun kaç tane hatta transfer sağladığı yönünde değer kullanılmıştır. Çalışmanın son on yılı içerdiği göz önüne alındığında ve raylı sistemin giderek büyüdüğü ve mekânsal olarak yayıldığı bir ortamda yıllar içinde transferlerde artış olacağı da açıktır. Raylı sistemler içinde 2013 yılında düşük seviyelerde olan transfer olanakları 2015 yılından sonra hızla iyileşme göstermiştir. Metrobüs transferleri ilk hizmete girdiği dönemlerde M1 ve M2 hattıyla gerçekleşmiş, daha sonra Anadolu ve Avrupa yakasındaki diğer raylı sistem istasyonları da bu olanağa kavuşmuştur.

Genelinde doğu-batı yönelimli hatların olduğu İstanbul'da güney-kuzey yönelimli hatların ayrıcalık oluşturacağı düşünülmektedir. Bu amaçla güney-kuzey hatlarına ait istasyonlar ikili değişkenlerle diğer istasyonlardan ayrıştırılmıştır. Hatların işletmesine ait iki değişken kullanılabilir. Bunlardan birincisi hattın bütününde değil de talebin yüksek olduğu bir kesimde hizmet verilmesidir. İstanbul raylı sistemleri dikkate alındığında iki hat bu nitelikte hizmet vermektedir. Birincisi Boğaz geçişi de içeren ve 80 km gibi bir mesafeyi kat eden Marmaray hattıdır. Marmaray, gün içerisinde iki uç noktası (Halkalı ile Gebze) yanı sıra Ataköy (Halkalı yönünden sekizinci istasyon) ve Pendik (Gebze yönünden on ikinci istasyon) arasında da banliyö (ağır raylı) toplu taşıma hizmeti vermektedir. Bu hattın uç kesimleri (doğuda Kocaeli ilinde kalan Gebze ve Darca dahil) genel olarak İstanbul metropoliten alanının kıyısında kalmaktadır. Gerek işletme gerekse araç filosunun yetersizlikleri nedeniyle uç kesimlere, iç kesimlere nazaran daha az hizmet verilmektedir. Marmaray'a benzer bir diğer işletme T1 hattı üzerinden Eminönü ile Cevizlibağ arasındaki kesimde verilmektedir. Her iki işletme şekli de iç hat olarak bağımsız değişkenler arasında dahil edilmiştir.

Hattın işletmesine ait ikinci değişken ise raylı sistemin kapasitesi ile saatteki frekansı arası dikkate alınarak verilebilir. Ancak her iki değişken de bu zamana kadar işletmeciler tarafından değiştirilmiştir. Bunun birinci nedeni hatların büyümesiyle araç filosu arasındaki dengesizlik oluşturmalarıdır. Yatırımların birbirini takip edememesi ve ekonomik kaynaklar bu alanı sınırlamaktadır. Bu nedenle son on yıl içerisinde servis ve işletme kalitesi/düzeyinde değişiklikler olmuştur. Bu değişiklikleri çalışmamız kapsamında tespit edebilme olanağı olmadığı için raylı sistemi kapasite ve işletmeleri açısından kabaca ayırabilen tasnif kullanılmıştır. Buradan hareketle hafif raylı hatlara 0 değeri verilmiş, yarı metro özellikleri göstermesi nedeniyle M1'e hattına 1 değeri, metrolara 2 ve banliyö hattına 3 değeri atanmıştır. Bu şekilde raylı sistem hatları arasındaki farklılıkları global olarak yakalayabilen bir değişken elde

edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait betimleyici istatistikler **Tablo 1**'de sunulmaktadır. Sadece yolcu sayısı, nüfus ve işyeri sayısına ilişkin değişkenlerin sürekli değişken olarak kullanıldığı modelde diğer değişkenler kesiklidir (ikili ya da tam sayı). Yolcu sayısı değişkenin gözlem sayısının fazla olması İstanbul ili sınırları dışındaki Marmaray istasyonlarından kaynaklanmaktadır. Gebze'den Tuzla'ya kadar olan Marmaray istasyonları model sonuçlarına dahil edilememiştir. Tüm raylı sistem istasyonların %22'si Marmaray istasyonudur; Ataköy ile Pendik arasındaki Marmaray iç hattında ise tüm istasyonların %10'u bulunmaktadır. İstasyonların %64'ü Avrupa yakasında yer alırken, %25'i ise güney-kuzey hatlarında yer almaktadır. Raylı sistem istasyonlarının bir kilometre yarıçapında ortalama 40 bin civarında nüfus, 2.500 civarında işyeri bulunmaktadır. Nüfusun en yoğun olduğu koridor T1 hafif raylı sistem hattı üzerinde bulunmaktadır, işyerleri ise T1, T4 tramvay hatları, Marmaray banliyö hattı, M1A ve M1B ile M2 metro hatları tarafından hizmet verilen Tarihi Yarımada'da yoğunlaşmaktadır.

Tablo 1'de betimlenen veri seti kullanılarak parametre tahmini yapılan modelde 186 istasyona ait toplam 745 gözlem noktası kullanılmıştır. **Tablo 1** raylı sistemlere ait tüm veri setini içermektedir. Modele ise sadece İstanbul il sınırlarında olan istasyonlar dahil edilmiştir. İstasyonların farklı tarihlerde hizmete girmiş olması nedeniyle kimi istasyonların beşten daha az zaman noktasında verisi söz konusudur. Sonuç olarak modele giren veri noktası azalmıştır.

Tablo 2 model parametre tahminleri yanı sıra model performansını göstermektedir. Model, sabit sonrasında eklenen 11 değişkenin anlamlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir (Bkz. Wald Testi). Bir istasyonun zamana bağlı sapma değerleri arasındaki korelasyon değeri (yukarıda denklem 4) 0,766 gibi yüksek bir değere sahiptir. Diğer bir deyişle, istasyonun kendine has özelliklerini zaman içerisinde devam ettirdiğini göstermektedir.

Makroform yer özellikleri yerine kullanılan güney-kuzey hattı ve Avrupa yakası hattı olma özelliklerinin modelde anlamlı sonuçlar üretmediği görülmektedir (her iki değişkene ait t-istatistikleri, sırasıyla, -1,49 ve 0,68 olarak bulunmuştur). Varsa da çok az ve sabit terim ile diğer yer özellikleri

Tablo 1. Rastgele etkiler panel veri lineer regresyon model değişkenleri betimleyici istatistikleri.

Değişken	Değişken Ölçeği/tipi (Notasyon)	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Maks.
Yolcu Sayısı (ln)	Oran/sürekli	762	11,098	0,890	6,934	1,336
Güney-Kuzey Hattı	Nominal/kesikli (1: Güney-Kuzey Hattı)	970	0,258	0,438	0	1
Avrupa Yakası	Nominal/kesikli (1: Avrupa Yakası)	970	0,644	0,479	0	1
Marmaray	Nominal/kesikli (1: Marmaray)	970	0,222	0,416	0	1
İstasyon Sırası	Sıralı/kesikli (1: Kent merkezi, 29: son istasyon)	778	9,940	6,411	1	29
Raylı Sisteme Transfer Sayısı	Sıralı/kesikli (1: Transfersiz; 2: Transfer hat sayısı)	777	0,160	0,406	0	2
Metrobüs Transferi	Nominal/kesikli (1: Transfer Var)	968	0,061	0,239	0	1
Nüfus (1km yarıçapı, ln)	Oran/sürekli	939	10,616	1,110	3,135	12,304
İşyeri Sayısı (1km yarıçapı, ln)	Oran/sürekli	934	7,794	1,441	0,000	10,914
Marmaray İç Hat (Ataköy-Pendik)	Nominal/kesikli (1: İç hat)	970	0,124	0,329	0	1
Tramvay İç Hat (Eminönü-Cevizlibağ)	Nominal/kesikli (1: İç hat)	970	0,098	0,297	0	1
Hat Tipi	Nominal/kesikli (0: Tramvay, 1: M1, 2: Metro; 3: Marmaray)	970	1,557	1,113	0	3

	Değişken	Katsayı Değeri	t-istatistiği
0	Sabit	7,553	12,35
1	Güney-Kuzey Hattı	-0,193	-1,49
2	Avrupa Yakası	0,092	0,68
3	Marmaray	-0,842	-3,56
4	İstasyon Sırası	-0,001	-0,14
5	Raylı Sisteme Transfer Sayısı	0,910	10,19
6	Metrobüs Transferi	0,714	4,21
7	Nüfus (1km yarıçapı, ln)	0,108	2,29
8	İşyeri Sayısı (1km yarıçapı, ln)	0,229	6,56
9	Marmaray İç Hat (Ataköy-Pendik)	0,410	1,76
10	Tramvay İç Hat (Eminönü-Cevizlibağ)	0,131	0,59
11	Hat Tipi	0,334	3,90
	sigma (u)	0,595	
	sigma (e)	0,333	
	rho	0,762	
	R ²	0,401	
	Wald Testi (bağımsızlık derecesi: 11)	234,18	
	İstasyon Sayısı (Grup)	186	
	Toplan gözlem sayısı (N)	745	

Tablo 2. Model katsayı tahminleri ve performansı.

arasında anlamını kaybettiği de ileri sürülebilir. En önemli yer özellikleri nüfus (ln) ve işyeri sayısı (ln) olarak öne çıkmaktadır. Bağımlı değişken yolcu sayısının da (ln) olması nedeniyle, aralarındaki ilişkiyi ortaya koyan katsayı değerlerinin esneklik değerleri olarak da ele alınabileceği açıktır. Diğer bir deyişle, istasyon çevresindeki nüfusun %1 değişmesi karşısında yolcu sayılarında %0,10 değişiklik görülmesi söz konusudur. İşyeri sayısı açısından da işyeri sayısının %1 artışı yolcu sayısında %0,20 oranında artış sağlamaktadır. Her iki değişkenin de yüksek anlamlılık düzeyleri yer özelliklerinin önemli ölçüde etkisinin olduğunu göstermektedir.

Düğüm özellikleri söz konusu olduğundaysa en temel değişkenimiz transfer olanaklarıdır. Bir istasyonun transfer olanağı arttıkça yolcu sayısı da artmaktadır. Bu hem raylı sistemlerde (0,910) hem de metrobüs aktarmalarında (0,714) yüksek değerleri üretmiştir. Örneğin, ortalama bir istasyonun haftalık yolcu sayısının 66 bin seviyesinde [$\exp(11,098)$] olduğunu düşünürsek, tek raylı sisteme olan transfer 164 bin değerinin [$\exp(11,098+0,910)$] üzerine çıkarmaktadır. Dolayısıyla transferlerin tamamlayıcılık özelliğini önemli ölçüde ileri götürdüğü açıktır.

Marmaray istasyonu değişkeninin negatif olması ilk bakışta yanıltıcı olabilir bu değişkenin hat tipi ile birlikte değerlendirilmesi doğru sonuca yöneltir. Zira hat tipinde Marmaray "3" değeri (Tablo 1) almaktadır. Dolayısıyla Marmaray'ın etkisi pozitif 0,16 seviyesindedir. Bu değer de Marmaray'ın İstanbul metropoliten alanı için ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Özellikle son yirmi yıl içerisinde İstanbul'un mekansal değişim ve dönüşümünün hızı artmıştır. Gerek Avrupa gerekse de Anadolu yakalarındaki kuzeyde görülen kentsel yayılma, sanayi alanları ile iş ve alışveriş merkez ve mekanlarındaki değişim ve çeşitlenme İstanbul'daki

günlük rutinleri ile yolculuk desenlerini değiştirmektedir (Önden ve Çakmak, 2020; Yiğit ve Hayır-Kanat, 2017). Her ne kadar İstanbul'un coğrafyası ve tarihsel gelişmesi toplu taşıma türleri arasındaki transferleri desteklese ve kentin hafızasında bu nitelikte davranış biçimi olsa da toplu taşıma sisteminin işleyişi türler arasındaki aktarmalara, Boğaz kıyısından iç kesimlere, farklı türlerden tek bir türe doğru kaymaktadır (Önden ve Çakmak, 2020). Genişleyerek Boğazı denizaltından aşan (ve zamanla üstten aşacak) raylı sistemler, İstanbul'da ana ulaşım türü olma yoluna girmiştir. Bu esnada diğer toplu taşıma türleri de özelliklerine uygun şekilde raylı sistemi destekleyen dönüşüm sürecindedir ve İstanbul toplu taşıma sistemi yeni bir döneme girmiştir.

Kentsel alanlarda raylı sistemler ağ niteliğine büründükçe farklılaşan güzergahlar da giderek artmaktadır. Bir otobüs içinde neredeyse tüm yolcular aynı varış noktasına doğru yol alırken, raylı sistem aracı içindeki yolcuların varış noktaları birbirinden ayrılmaktadır. Ağsal şebekelerde önemli düğümler, farklı yönlere hareket olanağı sağlayan transfer noktalarıdır. Bu çalışmadaki analizler transfer istasyonlarının raylı sistem yolcu sayısına olumlu etkide bulunduğunu, transfer olanağı sağlayan hatların yolcu tabanını genişlettiğini göstermiştir. Ancak raylı sistem büyüdükçe hatlar arasında tamamlayıcılık ve ikame ilişkilerinin de ortaya çıkacağı da açıktır. Zira daha önce daha uzun güzergah takip edilen çıkış-varış noktaları arası yolculuklar yeni hatların hayata geçmesi ile yeni güzergahlara kaymıştır. Beşiktaş ile Mahmutbey arasındaki hattın (M7) daha güneyindeki metro ve tramvay hatlarına bu yönde bir etkisi olmuştur. Dolayısıyla raylı sistem kullanımının zaman-mekânsal gözlemi de büyük önem taşımaktadır. Kimi zaman bu gözlemsel etkiler modeller aracılığıyla da yakalanamamaktadır.

Çalışmada raylı sistem içinde Marmaray'ın önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Hem kapasite hem de talep açısından İstanbul'daki en önemli güzergâh üzerinde Boğazı aşan tek raylı sistem hattı olarak hizmet vermektedir. Marmaray'ın verimli çalışmasının diğer raylı sistem kullanımına önemli ölçüde etki edeceğini söyleyebiliriz. Marmaray ağır raylı sistem olması nedeniyle yüksek kapasite yanı sıra hızlı servis sunma potansiyeline sahiptir. Buna karşın hattın başından sonuna olan süre uzundur. Bunun farklı servislerle aşarak özellikle yolcu sayılarının cılız olduğu uç noktalardan merkezi alanlara olan yolculuk sürelerinin düşürülmesiyle yolcu sayıları artırılabilir. Bu artışın olumlu etkilerinin sistem bütününe yayılacağı açıktır. Her ne kadar model sonuçlarında güney-kuzey yönelimli hatlar anlamlı sonuçlar üretmemiş olsa da gelecekte büyüyen ağ yapısı içinde bu hatların transfer olanaklarının artırılması ve iyileştirilmesiyle kıyıya dik hatlarda yolcu seviyelerinin ciddi biçimde artacağını ve diğer türler ile entegrasyon kapasitesinin yükseltilmesiyle verimliliğin yükseleceğini ileri sürebiliriz.

Yapmış olduğumuz analizler doğrultusunda, nüfusla paralel yolcu artışı olmadığını, ofis ve üretici hizmetler ile ticari işlevlerin yolcu kapasitesi artışında iki kat fazla etki ettiğini görmekteyiz. 1900'lü yılların başında bu yana İstanbul'un Marmara kıyısındaki tarihsel gelişmesinin odağında yer alan eski banliyö hatları üzerine inşa edilmiş Marmaray'dan kuzey yönüne bağlantılar, deniz yolu, metrobüs ve diğer metro hatlarına entegrasyonun öncelikle geliştirilmesi gerekir. Marmaray'da, mevcut transfer noktalarının kapasite verimliliğinin artırılması ve yeni kırılma noktaları yaratmanın yerinde olabileceği, bu anlamda Anadolu yakasında, Üsküdar, Ayrılık Çeşmesi, Bostancı ve Göztepe; Avrupa yakasında ise Yenikapı, Bakırköy,

Ataköy ve Sefaköy istasyonlarının bu gözle yeniden değerlendirilmesinin gerekli ve yerinde olacağı söylenebilir.

Raylı sistem hatlarına etki eden bir diğer konu hatların erişim sağladığı yolculuk üretimi açısından önemli noktalardır. Bunlardan birisi havalimanlarıdır. Havalimanlarına erişim sağlayan hatların yolcu sayılarında artış söz konusudur. Aynı şekilde erişim sonlandığında da bu düşüş görülmektedir. Verinin toplandığı zaman zarfında Atatürk Havalimanının kapatılması nedeniyle yolculuk talebi havalimanına erişim sağlayan M1A metrosunda düşmüştür.

Düğüm ve yer özelliklerinin kullanıldığı model çalışmasının büyüyen hatlar söz konusu olduğunda düğüm ve yer özelliklerinin de dinamik arka plana sahip olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle mevcut çalışmanın panel veri setiyle gerçekleştirilmiş olmasının bu dinamizmi yakalamaya yönelik en önemli katkısı olduğu ileri sürülebilir. Ancak panel veri setindeki yıllar bazında olabilecek eksiklikler modelin kalitesine etki edebilecektir. Özellikle raylı sistemler söz konusu olduğunda kentin makroform özelliklerinin dikkate alınması önemlidir. Bu çalışmada kullanılan Avrupa yakası değişkeni bir sonuç üretmezken, raylı sistemlerin iç hat denilen şehrin görece merkezi alanlarına yakın alt bölgelerini içeren kesimleri anlamlı sonuçlar üretmiştir.

Çalışmada raylı sistem istasyonlarının düğüm ve yer özelliklerinin, Bertolini ve Spit (1998) ve Bertolini (2008) gibi önemli çalışmalarda ileri sürülen temel unsurlarla paralellik içerdiği düşünülmektedir. Ancak buradaki temel sorulardan birisi raylı sistem yer özelliklerinin yolcu sayılarını artırma amacıyla (stratejik olarak) nasıl kullanılacağıdır. Bu konuda en temel çalışmalardan biri olan Cervero ve Kockelman (1997), bu çalışmada açık kalan noktaları tamamlayacak niteliktedir. Nitekim istasyon alanlarının yer özelliklerini, yoğunluk, çeşitlilik ve tasarım boyutlarıyla ele alan çalışmanın, İstanbul (ve benzer diğer gelişmekte olan şehirler) söz konusu olduğunda en temel katkıyı en son boyutta tasarım konusunda vereceği düşünülmektedir. Zaten gelişmekte olan şehirlerin temel özelliklerinden sayılan yüksek nüfus yoğunluğu ve karma arazi kullanımı raylı sistemleri bir yere kadar destekleyebilmektedir. Eksik olan ise tasarım boyutudur. Tasarımın hem yer özelliklerine hem de düğüm özelliklerine olumlu etkilerini artıracak şekilde öne çıkarılması, raylı sistemlerin geleceği için önemli gözükmektedir. Bu İstanbul gibi dinamik bir arka plana sahip megapoler için özellikle önemlidir.

KAYNAKLAR

- ADKINS, L.C., CHARTER HILL, R. (2011) *Using Stata for Principles of Econometrics*, John Wiley and Sons, New Jersey.
- BERTOLINI, L., SPIT, T. (1998) *Cities on Rails: The Redevelopment of Railway Station Areas*, E & FN Spon, London.
- BERTOLINI, L. (2008) Station Areas as Nodes And Places in Urban Networks: An Analytical Tool and Alternative Development Strategies, *Railway Development: Impacts on Urban Dynamics*, der. F. Bruinsma, E. Pels, H. Priemus, P. Rietveld, B. Van Wee, Physica-Verlag, Heidelberg; 35-57.
- CERVERO, R., KOCKELMAN, K. (1997) Travel Demand and The 3Ds: Density, Diversity, and Design, *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 2(3) 199-219.

- CERVERO, R., SARMIENTO, O. L., JACOBY, E., GOMEZ, L. F., NEIMAN, A. (2009) Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogota. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4) 203-26.
- DONG, L., JONAS, D.V., TAKUYA, M., NIKOLAI, B., JIANQIANG, C. (2022) Metro-related Transfers: A Review of Recent Literature. *Journal of Urban Planning and Development*, 148(3) 1-15.
- LERNER, J. (2014) *Urban Acupuncture: Celebrating Pinpricks of Change that Enrich City Life*, Island Press: Washington D. C.
- LYNCH, K. (1960) *The Image of The City*, M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts.
- MULLEY, C., YEN, B. T.H., ZHANG, M. (2021) Land Value Gains and Value Capture: The Potential for Financing Public Transport Infrastructure, *The Routledge Handbook of Public Transport*, der. C. Mulley, J. D. Nelson and S. Ison , Routledge, New York; 123-37.
- NEWMAN, P., KENTWORTHY, J. (2015) *The End of Automobile Dependence*, Island Press, Washington D.C.
- ÖNDEN, İ., ÇAKMAK, E. (2020) İstanbul'un Arazi Kullanım Değişimi ve Metro Ağı Kapsama Alanlarına Yönelik Mekansal Analizler, *Beykoz Akademi Dergisi*, 8(2) 328-340.
- ÖZGÜR-CEVHER, Ö. (2014) *The Link Between Station Area Design and Transit Usage: The Case of Ankara*, yayımlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- ÖZGÜR-CEVHER, Ö., ALLTINTASI, O., TÜYDEŞ-YAMAN; H., BABALIK; E. (2021) Assessing the link between rail transit usage and multimodal integration, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 48(7) 868-78.
- ŞENBİL, M., YETİŞKUL, E., GÖKÇE, B. (2020) İzmir Kent Bölgesinde İZBAN'ın Mahalle Nüfus Değişimine Etkisi, *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 37(1) 199-224.
- TEKELİ, İ. (2009) *İstanbul ve Ankara için Kent içi Ulaşım Tarihi Yazıları*, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul.
- UITP (2018) *World Metro Figures 2018*. [https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/06/Statistics-Brief-World-metro-figures-2018V3_WEB.pdf] Erişim Tarihi (27.07.2023).
- UITP (2023) *The Global Tram and Light Rail Landscape 2019-2021*. [https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2023/06/Statistics_Brief_LTR-update.pdf] Erişim Tarihi (27.07.2023).
- VOUCHIC, V. R. (2007) *Urban Transit Systems and Technology*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- WOLMAR, C. (2018) *The Story of Crossrail*, Head of Zeus, London
- YİĞİT, A., HAYIR-KANAT, M. (2017) İstanbul Şehrinde Ağırlıklı Nüfus Merkezinin Değişimi ve Nedenleri: 1990-2010 Dönemi, *International Journal of Social Science Research*, 6(2) 114-23.
- ZHAO, J.B., DENG, W., SONG, Y., & ZHU, Y.R. (2013) What influences Metro station ridership in China? Insights from Nanjing, *Cities*, (35) 114-24.

Received: 14.08.2023; Final Text: 04.03.2024

Keywords: Istanbul; rail transit; station locations; rail transit passenger values.

STATIONS AND LINES IN A GROWING RAIL TRANSIT SYSTEM NETWORK: THE CASE OF ISTANBUL

The world is witnessing a new era of urban transit with increasing emphasis on rail transport modes. The reasons behind this surge are various. Not only cities of developing countries but also cities of developed countries entertain new rail transit investments. Turkey's major cities follow suit with great enthusiasm. Istanbul, the biggest city in Turkey, has accomplished great success in expanding its rail network, especially in the last decade. Taking expanding into the center, this study deals with changes in passenger patterns in growing networks with new lines and stations. To do so, a ten-year period from 2013 to 2022 is investigated in four biennial time points, i.e., 2013, 2015, 2017, 2019, and 2022 to bypass pandemic effects on transit usage. In a growing network, passenger levels at stations and line usage change as new lines and/or stations are added. The interrelationships might be complementary or substituting between rail lines, which can be directly detected in station usage. Istanbul shows similar patterns, too. As new routes are made available by expansion and transfer stations are added to the network, rail transit passenger level has increased in the meantime. However, changes in passenger levels across lines and stations show high variation. As shorter routes emerge, longer routes lose passengers (substitutions). As a new transfer station is added between different lines, all lines benefit from this (complementation). The regression model reveals that transfer stations and different services on a single line increase and/or maintain high passenger levels pointing to the effects of complementation mostly. The study proposes a particular focus on transfer stations as an important factor in increasing rail passengers. Transfer stations play a crucial role in passenger demand, especially on routes with high passenger demand, usually between city center and peripheral areas. Together with the oldest rail services in Istanbul, suburban line(s) have been modernized and connected by an undersea tunnel and put into service as Marmaray, a single line. The regression model refers to Marmaray as İstanbul's most significant trunk line. Thus, having transfer points with Marmaray supports a rail line.

BÜYÜYEN RAYLI TOPLU TAŞIMA SİSTEM AĞINDA HATLAR VE İSTASYONLAR: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Dünya, raylı toplu taşıma modlarına verilen önemin arttığı yeni bir kentsel ulaşım çağına tanıklık ediyor. Bu artışın ardındaki nedenler çok çeşitlidir. Sadece gelişmekte olan ülkelerin şehirleri değil, gelişmiş ülkelerin şehirleri de yeni raylı ulaşım yatırımlarına ev sahipliği yapıyor. Türkiye'nin büyük şehirleri de bu süreci heyecanla takip ediyor. Türkiye'nin en büyük şehri olan İstanbul, özellikle son on yılda demiryolu ağını genişletme konusunda büyük başarılar elde etmiştir. Bu çalışma, büyümeyi merkeze alarak, yeni hatlar ve istasyonlarla büyüyen ağlarda yolcu desenindeki değişiklikleri ele almaktadır. Bunu yapmak için, 2013'ten 2022'ye kadar olan on yıllık bir dönem, pandeminin transit kullanımı üzerindeki etkilerini atlamak için iki yılda bir dört zaman noktasında, yani 2013, 2015, 2017, 2019 ve 2022'de incelenmiştir. Büyüyen ağda, yeni hatlar ve/veya istasyonlar eklendikçe istasyonlardaki yolcu seviyeleri ve hat kullanımı değişmektedir. İstasyon kullanımında doğrudan tespit edilebilen karşılıklı ilişkiler, demiryolu hatları arasında tamamlayıcı veya ikame edici olabilir. İstanbul da benzer örüntüler göstermektedir. Hatların genişletilmesi ve aktarma istasyonlarının ağa eklenmesiyle yeni güzergâhlar kullanıma

açıldıkça, demiryolu transit yolcu seviyesi de artmıştır. Ancak, hatlar ve istasyonlar arasında yolcu seviyelerindeki değişimler yüksek farklılıklar göstermektedir. Daha kısa güzergâhlar ortaya çıktıkça, daha uzun güzergâhlar yolcu kaybeder (ikameler). Farklı hatlar arasında yeni bir aktarma istasyonu eklendikçe, tüm hatlar bundan faydalanmaktadır (tamamlama). Regresyon modeli, aktarma istasyonlarının ve tek bir hat üzerindeki farklı hizmetlerin yüksek yolcu seviyelerini artırdığını ve/veya koruduğunu ortaya koymakta ve çoğunlukla tamamlayıcılığın etkilerine işaret etmektedir. Çalışma, demiryolu yolcularının artırılmasında önemli bir faktör olarak aktarma istasyonlarına özellikle odaklanılmasını önermektedir. Aktarma istasyonları, özellikle yolcu talebinin yüksek olduğu güzergâhlarda, genellikle şehir merkezi ile çevre bölgeler arasında, yolcu talebinde önemli bir rol oynamaktadır. İstanbul'daki en eski demiryolu hizmetleri ile birlikte banliyö hatları modernize edilmiş ve bir denizaltı tüneli ile bağlanarak tek bir hat olan Marmaray olarak hizmete girmiştir. Regresyon modeli Marmaray'ı İstanbul'un en önemli ana hattı olarak ifade etmektedir. Dolayısıyla, Marmaray ile aktarma noktalarının olması bir demiryolu hattını desteklemektedir.

BUĞRA GÖKCE; B.CP., MSc., PhD.

Received his bachelor's and master's degrees in city planning from Gazi University, Faculty of Engineering and Architecture (1995 - 2000). Earned his PhD. degree in city planning from Middle East Technical University, Faculty of Architecture (2008). Major research interests include central business areas, site selection of office uses, upper level planning, urban transport, urban design, landscape planning, construction technologies, construction processes. gokcebugra@gmail.com

