



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK MÜHENDİSLİĞİ**

**ULAŞIM PLANLAMASINDA BAŞLANGIÇ – SON MATRİSİ TAHMİNİNDE
İLK GİRDİ MATRİSİNİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İSMAİL TENĞİRŞEK
205115033**

**DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAVUZ DELİCE
ORTAK DANIŞMAN: PROF. DR. HALİT ÖZEN**

**YALOVA
MART 2023**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK MÜHENDİSLİĞİ

ULAŞIM PLANLAMASINDA BAŞLANGIÇ – SON MATRİSİ TAHMİNİNDE
İLK GİRDİ MATRİSİNİN ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSMAİL TENGİRSEK
205115033

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAVUZ DELİCE
ORTAK DANIŞMAN: PROF. DR. HALİT ÖZEN

YALOVA

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/ Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım “**Ulaşım Planlamasında Başlangıç – Son Matrisi Tahmininde İlk Girdi Matrisinin Etkisi**” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

İsmail TENGİRŞEK

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, her anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Yavuz DELİCE' ye, engin bilgisiyle desteğini her zaman yanımda hissettiğim Prof. Dr. Halit ÖZEN hocama ve bana sınırsız güvenen ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim çok değerli aileme teşekkür ederim.

Mart – 2023

İsmail TENGİRŞEK



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. B-S Matrisinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler	4
2.1.1. Entropi modelleri	4
2.1.2. İstatistiksel modeller	5
2.1.3. Yapay sinir ağı modelleri	5
2.1.4. Bulanık mantık modelleri	6
2.2. Çözümleme Yöntemleri	7
3. ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ	8
3.1. Ulaştırma Alt Sistemleri	9
4. ULAŞIM AĞLARI	10
5. ULAŞIM MODELLERİ	13
5.1. Mikroskobik Model	15
5.1.1. Araç takip sistemleri	15
5.1.2. Şerit değiştirme modelleri	16
5.1.3. Boşluk kabul modelleri	17
5.2. Mezoskopik Model	19
5.3. Makroskopik Model (Ulaşım Talep Modelleri)	19
5.3.1. Araştırma	24
5.3.1.1. B-S matrislerinin önemi	24
5.3.2. Analiz ve modelleme	25
5.3.3. Değerlendirme	27
6. YÖNTEM VE VERİLER	28
6.1. Yöntemler	30
6.2. Çalışmada Kullanılan Ulaşım Ağı ve Veriler	31

7. DEĞERLENDİRME	33
7.1. İlk Girdi Matrisinin Etkisinin Değerlendirilmesi	33
7.2. Çözümleme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi	40
8. SONUÇ VE ÖNERLER	45
ÖZGEÇMİŞ	48



SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

S_i^E	: Tahmin değeri
S_i^G	: Gözlem değeri
N	: Link sayısı
T_{ij}	: İ den j ye talep miktarı
P_{ij}	: İ den j ye giden a linkinin kullanımı olasılığı

KISALTMALAR

B-S	: Başlangıç Son Matrisi
RMSE	: Root Mean Square Error
TDM	: Traffic Demand Model
OD	: Origin-Destination
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
IOT	: Internet of Things



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 B-S matrisi	25
Tablo 3.2 Ya hep ya hiç ataması	26
Tablo 4.1 Çalışmada kullanılan B-S matrisi	32
Tablo 5.1 İlk girdi matrisi olarak birim matris kullanıldığında elde edilen tahmin matrisi.....	34
Tablo 5.2 İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen en küçük sayım değerine sahip birim matris olarak alındığında elde edilen tahmin matrisi.....	36
Tablo 5.3 İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen sayım değerlerinin ortalamasına sahip birim matris alındığında elde edilen tahmin matrisi.....	38
Tablo 5.4 İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen sayım değerlerinin ortalamasına sahip birim matris alındığında elde edilen tahmin matrisi.....	39



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Günümüzde kullanılan ulaştırma alt sistemleri	9
Şekil 4.1 Ulaşım ağlarının yapısal bileşenleri.....	11
Şekil 4.2 Ulaşım ağları	12
Şekil 5.1 Ulaşım düzeyler	14
Şekil 5.2 Simülasyon modeller	15
Şekil 5.3 Araç takip sistemi (Nurul Nasuha Nor Azlan, 2017).....	16
Şekil 5.4 Şerit değiştirme sistemi (Nurul Nasuha Nor Azlan, 2017)	17
Şekil 5.5 Boşluk kabul modelleri (Nurul Nasuha Nor Azlan, 2017)	18
Şekil 5.6 Anlık verileri göre kısa yolların belirlenmesi	22
Şekil 5.7 Mezoskopik modelde aşamalar.....	23
Şekil 5.8 Yolculukların ulaşım ağına atanması.....	27
Şekil 6.1 Akış şeması	29
Şekil 7.1 Ulaşım ağı	33
Şekil 7.2 Tüm elemanları 1 olan girdi matrisinin değerlendirilmesi	35
Şekil 7.3 Altı iterasyon sonucunda değerlerin yakınsadığını gösterir grafik	36
Şekil 7.4 Tüm elemanları en küçük gözlem değeri olan girdi matrisinin değerlendirilmesi.....	37
Şekil 7.5 Tüm elemanları gözlem değerlerinin ortalaması olan girdi matrisinin değerlendirilmesi.....	38
Şekil 7.6 Elemanları gözlem matrisinin göreceli katsayı matrisinin değerlendirilmesi.....	39
Şekil 7.7 L-BFGS-B yönteminin değerlendirilmesi	41
Şekil 7.8 CG yönteminin değerlendirilmesi.....	42
Şekil 7.9 TRUST-CNSTR yönteminin değerlendirilmesi	42
Şekil 7.10 SLSQP yönteminin değerlendirilmesi	43
Şekil 7-11 TNC yönteminin değerlendirilmesi	43
Şekil 7-12 Yöntemlerin karşılaştırılması	44

ULAŞIM PLANLAMASINDA BAŞLANGIÇ – SON MATRİSİ TAHMİNİNDE İLK GİRDİ MATRİSİNİN ETKİSİ

ÖZET

Ulaştırma Talep Modelleri (TDM) geleneksel olarak yolculuk oluşturma, yolculuk dağıtımı, model ayırma ve yolculuk ataması olan 4 adımlı model kullanılarak oluşturulur. Ulaşım planlamasında yolculuk dağılımının basamağı, yolcu veya eşyanın planlama alanındaki bölgeler arasındaki dağılımını gösteren Çıkış ve Varış Noktası matrisi (B-S) ile açıklanır. B-S matrisleri, ulaşım ağına atanan model ayırma ve açmaya tabi olan herhangi bir ulaşım talep modelinin temel girdisidir. Anlaşılacağı üzere 4 adımlı modelin en önemli girdisi B-S matrisleridir ve modelin kalibrasyonu sırasında baz yıl matrislerinin kesinlik düzeyine bağlı olarak modelin işleyişine yönelik tahminlerdeki doğruluk düzeyi artmaktadır. Temel yıl B-S matrisleri; Hane halkı anketleri, yol kenarı anketleri, araç takip sistemleri (AVL), mobil cihaz yolcu takibi (GPRS veya istasyon bazlı) gibi veri kaynaklarından da bilgiler kullanılarak elde edilmektedir. Bu yöntemlere ek olarak, ulaşım ağındaki araç veya yolcu sayılarından B-S matrisleri tahmin edilebilir.

Bu çalışmada Ulaştırma Modelleri oluşturulurken birçok analiz için temel girdi olarak kabul edilmiş B-S matrislerinin yol kenarı ve trafik sayımları ile tahmin edilmesine ilişkin olarak ilk girdi matrisinin ve tahmin yönteminde kullanılan çözümleme araçlarının etkisi değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde ilk girdi matrisinin B-S matrisine yakınsaklığının çok büyük önem arz ettiği ve çözümleme araçlarında ise L-BFGS-B yönteminin en iyi sonuçları verdiği ve sonrasında CG, trust-constr, SLSQP ve TNC yöntemlerinin geldiği sonuçları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: B-S matrisi, İlk girdi matrisi, Ulaşım talep modeli, Ulaştırma



INITIAL MATRIX EFFECTS ON ESTIMATION OF ORIGIN DESTINATION MATRIX IN TRANSPORT PLANNING

ABSTRACT

Transportation Demand Models (TDM) are traditionally constructed using the 4-step model which is trip generation, trip distribution, modal split and trip assignment. The step of trip distribution in transportation planning is explained by the Origin and Destination matrix (O-D) that shows the distribution of passengers or goods between zones of the planning area. O-D matrices are the essential input of any transportation demand model, subjected to modal split and trip assigned to the transportation network. As it can be understood the most important input of the 4-step model is O-D matrices, and the accuracy level in the predictions for the operation of the model increases depending on the precision level of the base year matrices during the calibration of the model. Base year O-D matrices; It is also obtained by using information from data sources such as household surveys, roadside surveys, vehicle tracking systems (AVL), mobile device passenger tracking (GPRS or station based). In addition to these methods, O-D matrices can be estimated from the vehicle or passenger counts on the transportation network.

In this study, the effect of the first input matrix and the analysis tools used in the estimation method on the estimation of O-D matrices, which are accepted as the basic input for many analyzes while creating the Transportation Models, with roadside and traffic counts are evaluated. As a result of the studies, it has been obtained that the convergence of the first input matrix to the O-D matrix is of great importance and the L-BFGS-B method gives the best results in the analysis tools, followed by the CG, trust-constr, SLSQP and TNC methods.

Keywords: O-D Matrix, Initial matrix, Transportation demand model, Transportation



1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerin yaşadığı büyük sorunlardan birisi trafik problemidir. Bu problemi hafifletmeye ve çözümüne yönelik merkezi ve yerel otoriteler işletme ve planlama konusunda çeşitli çözümler uygulamışlardır. Trafik probleminin çözümü ve planlı bir şehirleşmenin temelinde kente ait ulaşım planlama modelinin oluşturulmasından geçer. Ulaşım planlamasında yolculukların sayısal dağılımı B-S yolculuk matrisiyle açıklanır. B-S matrisleri yolculuk dağılımını belirlemek için kullanılır ve talep analizi içinde çok önemli bir yere sahiptir. Bir proje kapsamında ulaşım modeline ihtiyaç duyulduğunda temel amaç B-S matrisini tahmin etmek olacaktır. Birincil B-S matrisi hesaplandıktan sonra zaman içinde çeşitli parametrelerin etkisiyle ulaşım ağında veya modelin kullandığı diğer parametrelerde değişiklik olması muhtemeldir. Her bölge çifti arasındaki trafik, model parametreleri ve trafik hacimlerinin ölçümlerinin yeniden belirlenmesi için B-S matrisinin önceki bir tahmini kolaylıkla değiştirilip yeni değerler elde edilebilmektedir (Bell, 1983). Modeller daha sonra, mevcut bağlantı hacimleri ve yolculuk matrisi hakkında önceki bilgilerle tutarlı en olası B-S matrisini tahmin etmek için trafik sayımlarını kullanır. Bir proje kapsamında ulaşım modeline ihtiyaç duyulduğunda temel amaç B-S matrisini tahmin etmek olacaktır. Birincil B-S matrisi hesaplandıktan sonra zaman içinde çeşitli parametrelerin etkisiyle ulaşım ağında veya modelin kullandığı diğer parametrelerde değişiklik olması muhtemeldir. Modeller daha sonra, mevcut bağlantı hacimleri ve yolculuk matrisi hakkında önceki bilgilerle tutarlı en olası B-S matrisini tahmin etmek için trafik sayımlarını kullanır (C. Xie, 2010). Bu matris, çalışılan bölgenin farklı zonları arasındaki yolcu sayısının ya da yük miktarlarının dağılımını göstermektedir. Yolculuk dağılımının bilinmesi yapılacak planlama çalışmalarının esasını oluşturmaktadır. Bu şekilde elde edilecek olan yolculuk talebi dağılımı bilgisi, ulaşım sistemindeki eksikleri ve yetersizlikleri belirlemeye yardımcı olmakla birlikte, gelecek için yapılacak yatırımlar konusunda da karar vermeye katkıda bulunacaktır. Bir proje kapsamında ulaşım modeline ihtiyaç duyulduğunda asıl amaç B-S matrisin hesaplanması olacaktır. Birincil B-S matrisi hesaplandıktan sonra zaman içerisinde çeşitli parametrelerin etkisiyle ulaşım ağında veya modelin kullandığı diğer parametrelerde değişiklikler meydana gelmesi muhtemeldir. Modeli etkileyen yeni parametrelere göre B-S matrisinin hızlıca yeniden hesaplanıp model oluşturulurken

yapılan bütün adımları tekrar yapılmadan model hızlı bir şekilde yeniden oluşturulmaktadır. Ayrıca değişen parametrelere göz önüne alınarak yeni dağılımlar hesaplanıp talep miktarları da hızlıca hesaplamak mümkündür.

Günümüzde nüfus değerleri ve arazi kullanımında yaşanan hızlı değişimler B-S matrislerinin geçerliliğini kısa sürede yitirmesine neden olmaktadır. Mevcut yöntemlerle B-S matrisi tahmin edilmesi işi, çalışmayı yapanlar için yüksek maliyetli olmakla birlikte, yolcular için de zaman kaybına neden olması ve de anketlerle elde edilen verilerin doğruluğundan emin olunamaması, B-S matrisini daha güvenilir verilere dayanan, daha düşük maliyetli, daha hızlı tahmin etmeyi sağlayacak yeni yöntemlerin geliştirilmesinin gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. Tüm bu gerekçeler dikkate alındığında, trafik sayım değerleri ve araziden elde edilecek diğer bilgiler kullanılarak B-S matrisinin elde edilebilmesi çok önemli bir avantaj olacaktır. Trafik sayımları ve araziden alınan verilerin gerçekte yolculuk dağılımı ve trafik atamasının bir sonucu olduğu düşünülürse, sayım yapılan yol bağlarındaki her bir başlangıç bitiş çiftinin toplamı hakkında doğrudan bilgi edinilmiş olunacaktır. Trafik sayımlarının veri kaynağı olarak kullanılması, diğer veri toplama yöntemlerine göre hem daha düşük maliyetli hem de her zaman uygulanabilir olması sebebiyle, oldukça avantajlı görülmektedir. Trafik sayımlarının gelişmiş otomatik sistemlerle yapılması, tahmin edilecek B-S matrisinin güvenilirliğini daha fazla arttıracaktır. Günümüzde artık bu konu ile ilgilenen kurumlar ve bilim insanları “Akıllı Ulaşım Sistemleri” (AUS) üzerine odaklanmıştır. Planlamada, işletmede ve AUS’ un çalıştırılmasında doğru ve hızlı B-S yolculuk matrisi üretim tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Her alanda olduğu gibi bu alanda da yeni yöntemler ve gelişmeler olacağı aşıkardır. AUS’ un giderek gelişmesi ve buna bağlı olarak elde edilen verilerin büyük hacimli olması yapay zekâ ve büyük veri gibi yeni nesil çözümlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Akıllı küçük cihazlarla (IOT) elde edilen verilerin yeni nesil sistemlerle işlenmesiyle elde edilen sonuçların gerçeğe daha yakın olacağından hiç şüphe yoktur.

B-S matrisinin elde edilmesine yönelik birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerdeki amaç, eldeki kısmi verileri kullanarak gerçeğe en yakın B-S matrisini elde etmektir. Kullanılan bu yöntemlerden hangisinin ne şartlarda stabil çalıştığı ve gerçeğe en yakın sonucu verdiği başka bir önem konusudur. Bu nedenle tahmini B-S matrisinin güvenilirliği büyük ölçüde optimum trafik sayma konumlarına bağlıdır.

Trafik sayımları, veri toplamada insan gücü gereksiniminden tasarruf ederek mümkün olduğu kadar fazla trafik bilgisi sağlamalıdır. Trafik sayım konum noktalarını seçmek için literatürde çeşitli kurallar önerilmiştir. Trafik sayımının yapıldığı noktaları belirlemek bu sonucun güvenilirliği açısından hayati önem taşımaktadır. Bugüne kadar geliştirilen çeşitli metodolojilerde, çeşitli optimizasyon algoritmaları ile O-D matrisinin güvenilirliği ve doğruluğu hakkında da bilgi edinilmektedir (Rao, 2011).

Bu çalışmanın temel amacı, B-S matrislerin çeşitli çalışmalarla elde edilen elde edilen mevcut matrisler kullanılarak değişen şartlara göre B-S matrisinin tahmin edilmesinde ilk girdi matrisinin etkisinin araştırılması ve çeşitli çözümleme metotları kullanılarak gerçeğe en yakın değerlere sahip matrisi elde etmektir. Çözümleme işlemleri yapılırken Python programlama dili kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Ulaşım modeli oluşturma aşlında B-S matrislerinin elde edilmesinden ibarettir. B-S matrislerinin elde edilmesinde birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerin bazıları gerçek verilerin sayılmasıyla elde edilmektedir. Bu yöntemler doğru sonuçlar vermesine rağmen uzun zaman alması ve maliyetli olması nedeniyle bu alanda çalışanları alternatif çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Alternatif yöntemlerden kasıt istatistiksel tahmin yöntemleri kullanılarak gerçek verilere en yakın B-S matrisinin hesaplanmasıdır. Ancak tahmin işin içine girdiğinde doğruluk oranı önem kazanmaktadır.

2.1. B-S Matrisinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

Bu zamana kadar B-S matrisinin hesaplanmasında birçok yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlerden bazıları ilkel matrisleri, bazıları link ağırlıklı matrisleri bazıları ise gözlenen link akımlarını kullanarak tahmin yapmaktadır. Bu alanda hazırlanmış birçok makale mevcuttur. Bu makalelerden kullanılan yöntemleri entropi modelleri, istatistiksel modeller, sinir ağı modelleri, bulanık mantık modelleri ana başlıkları altında toplamak mümkündür.

2.1.1. Entropi modelleri

Entropi, kelime anlamı olarak bir sistemdeki belirsizliğin veya düzensizliğin ölçüsüdür. Matematiksel olarak simgesi T 'dir. Maksimum entropi ve maksimum olasılık yaklaşımı şeklinde iki yöntem mevcuttur. Maksimum entropi yöntemi ilkel matrise ihtiyaç duymaktadır. Bu yöntem ulaştırma modellerine uyarlandığında ise amaç, tahmin edilen (B-S) matrisinin, ilkel matris ve gözlem değerlerine göre elde edilen link akımları arasındaki sapmaların minimize edilmesidir. Maksimum olasılık yaklaşımında ise ilkel matrise ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu yöntemde ise ilkel matris yerine bütün elemanları aynı değere sahip bir matris kullanılır. Bu yöntemde linklerin kullanım oranlarına göre hesaplamalar yapılarak link akımları tahmin edilmektedir. Bu link akım değerlerine göre de B-S matrisi tahmin edilmektedir (Wilson, 1969). Modellerin olası belirsizlik derecesini dikkate alarak ulaşım altyapısını iyileştirmek için destek sunar ve modern bilgi işlem sistemlerinde yazılımda uygulandığında iyi sonuçlar elde edilmektedir (Sudakov, 2021).

2.1.2. İstatistiksel modeller

Birçok alanda olduğu gibi ulaştırma alanında da istatistiksel yöntemler çokça kullanılmaktadır. Doğru İstatistiksel yöntemler kullanılarak kurulan bir modeller ile gerçeğe çok yakın değerler elde etmek mümkündür. Ulaştırma alanında yolculuk matrisi, istatistiksel teknikler ve geçmişe ait bilgiler kullanılarak tahmin edilmeye çalışılır ve Bayes tahmin yöntemleri ya da en küçük kareler gibi farklı teknikler kullanılarak sonuca ulaşılır. Ayrıca yolculuk matrisi tahmin yöntemleri, klasik metotlar (yani yerçekimi kanunu, entropi maksimizasyonu, hata minimizasyonu vb.), kısıtlar (orantılı atama vb.) ve veri tipleri (üretimleri/cazibe merkezleri, trafik sayımları, seyahat süreleri vb.) göz önüne alınarak trafik sayımına dayalı tahmin problemleri, maksimum entropi ilkesi, en küçük kareler ilkesi ve maksimum olasılık ilkesi dahil olmak üzere birkaç farklı optimizasyon ilkesi ile geniş çapta araştırılmış ve formüle edilmiştir (Van Zuylen, 1980).

2.1.3. Yapay sinir ağı modelleri

Yapay sinir ağları örneklerle ilgili bilgiler toplamakta, genellemeler yapmakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaştırılınca öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir. Yapay sinir ağları bu öğrenebilme ve genelleme özellikleri nedeniyle günümüzde birçok bilim alanında geniş uygulama olanağı bulmakta ve karmaşık problemleri başarı ile çözebilme yeteneğini ortaya koymaktadır.

Remya K P ve Samson Mathew (Remya K P, 2013) Trafik sayımlarını, OD matrislerini tahmin etmek veya eski verileri güncellemek için kullanılabilecek yolculuk faaliyetleriyle ilgili bilgileri içerdiğini, trafik hacimlerinin daha az maliyetle hesaplanabileceğini ve otomatik trafik sayaçları kullanıldığında çok az iş gücü gerekeceğini ifade etmiştir. Bazı çalışmalarda trafik sayımlarından B-S matrisi tahmin etmek için sinir ağı yaklaşımını kullanılmıştır. Birçok ulaşım sisteminin oldukça dinamik, büyük ölçekli, karmaşık ve belirsiz doğası göz önüne alındığında, Sinir Ağı Modelleri son zamanlarda çok sayıda ulaşım probleminin çözümünde etkili bir araç olarak kabul edilmektedir (Gong, 1998).

2.1.4. Bulanık mantık modelleri

B-S matrisini tahmin etmenin geleneksel yöntemleri, her 1-2 yılda bir yapılan ev görüşmesi anketi, yol kenarı görüşmesi ve plaka yöntemi gibi büyük ölçekli örnekleme anketleri yoluyla yapılır. Ancak mali kısıtlamalar söz konusu olduğunda bu anketleri yürütmek imkânsız hale gelir. Bazı durumlarda anket verileri toplanıp işlendiğinde ise elde edilen B-S verileri geçersiz hale gelebilir. Trafik sayımları ve/veya talep sayımları gibi toplu verileri kullanarak başlangıç-varış matrislerini tahmin etmek için etkili ve teorik olarak tutarlı metodolojiler önerilmiştir. Trafik sayımlarından elde edilen bilgilerin kullanımı, ucuz, kolay ve toplanabilecek hızlı veriler oldukları için caziptir. Genellikle, bu klasik metodolojilerin gerektirdiği temel bilgiler, B-S matrisinin ilk tahmini ve dikkate alınan ağına bağlantılarında gözlemlenen bir dizi trafik sayısıdır. B-S matrisi tahmini için son zamanlarda kullanılan diğer bir yaklaşımda, bulanık mantık modelleridir. Bilindiği gibi talebin veya yükün yol ağına atanmasında genellikle ya hep ya hiç yaklaşımı kullanılmaktadır. Bulanık mantıkta aksine belirsizlikler ve net olmayan diğer bilgiler de göz önüne alınarak belirsizlik sistemin içine eklenir. Bu yöntemle oluşturulmuş modellerin bazı otoyol ağına test edildiği ve olumlu sonuçlar elde edildiği bilinmektedir. Son zamanlarda, Bulanık Mantık ve Olasılık Teorisinin ulaşım problemini çözmek için en çok kullanılan matematiksel araçlar olduğu Bulanık Kümenin teorik çerçevesinde geliştirilen yeni paradigmalara büyük önem verilmektedir (Ebrahim Nabizade Gangeraj, 2017).

Yukarıda yöntemlerin testleri ve B-S matrisinin nasıl elde edildiğine yönelik çalışmalar birçok makalede ele alınmıştır. Fakat bu yöntemlerin beraber analiz edilmesine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır. Performans, hız, kolaylık gibi parametreler ele alınarak hangi yöntemin hangi şartlar altında nasıl sonuçlar verdiğinin değerlendirmesi de ayrı bir önem konusudur. Ulaşım planlaması ve trafik kontrolü alanındaki birçok doğrusal olmayan gerçek hayattan problem bulanık mantık sistemleri ile çözülmüştür. Bulanık mantık, kullanıcının karar vermesinin çok karmaşık olduğu ve matematiksel bir model geliştirmenin çok zor olduğu durumları modellemek için kullanılır. Son zamanlarda, Bulanık Mantık ve Olasılık Teorisinin ulaşım problemini çözmek için en çok kullanılan matematiksel araçlar olduğu Bulanık Kümenin teorik çerçevesinde geliştirilen yeni paradigmalara büyük önem verilmektedir.

Çok az yazar, B-S matris tahmini hakkındaki objektif bilgilerle birlikte bu bilgiyi de dikkate alarak araştırma yapmıştır. Caggiani ve diğ. (Caggiani, 2013) Bulanık küme tabanlı bir atama yöntemiyle talepleri tahmin ederek geliştirmeyi önerir.

Bu makalede, istatistiksel yöntemlere dayanan ve Python programlama dili kütüphaneleri içerisinde yer alan çözümleme yöntemleri kullanılarak B-S matris tahmini yapıp çözümleme yöntemleri karşılaştırılmış ve çözümleme yöntemi göz ardı edilerek ilk girdi matrisinin B-S matris tahminine etkisi incelenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2.2. Çözümleme Yöntemleri

Günümüzde bünyesinde matematik ve istatistiksel kütüphaneler ve yöntemler içeren birçok yazılım bulmak mümkündür. Ancak Python dili kullanımının çok sade olması, acık kaynak kodlu olması ve en önemlisi de bünyesindeki kütüphanelerin yeterli ve kullanışlı olması gibi avantajlarla son zamanlarda kullanım oranı olarak kendini zirveye taşımıştır. Bünyesindeki kütüphanelerin çok geniş bir geliştirici kitlesinin olması kullanım oranını arttıran diğer bir etkidir. B-S Matrislerinin tahmin edilmesi temelde bir optimizasyon problemidir. Optimizasyon, belirli kısıtlar doğrultusunda amaçlanan çözümü minimize ya da maksimize eden işlemleri ifade eder. Bu problemde çözümleme aracı olarak Python programlama dili ve SciPy kütüphanesi kullanılmıştır. SciPy, Python' un Numpy uzantısına dayanan matematiksel algoritmalar ve kolaylık işlevlerinin bir koleksiyonudur. Ayrıca, Optimizasyon işlemlerinde bir fonksiyonu belirli sınırlamalar dahilinde maksimize/minimize etmeyi sağlayan güçlü bir araçtır ve içerisinde birçok çözümleme metodu bulunmaktadır.

3. ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ

Ulaşım sistemleri modern toplumda yaygın olsa da insanlar bir şeyler ters gidene kadar onları hafife alma eğilimindedir. Ulaşım sistemlerini teknolojik ve ekonomik karmaşıklıkları ve toplum üzerindeki önemli etkileri açısından anlamak, geniş ve büyüleyici bir çalışma alanıdır. Ulaştırma sistemi, çevresini önemli boyutlarda etkileyen ve denge sorunları yaratan sistemlerden birisidir.

Ulaştırma sistemleri sosyal ve ekonomik olarak çok önemli bir yere sahiptir. Ülkelerin gelişmişlik seviyesi kullandıkları ulaşım sistemlerine bakılarak bile anlaşılmaktadır. Refah seviyesi yüksel ülkelerde daha gelişmiş ulaşım sistemleri görmek mümkündür. İnsanların ve yüklerin bir yerden başka bir yere istenilen koşullar altında hızlı ve güvenilir bir şekilde iletilmesi hem sosyal hem de ekonomik anlamda ülkelere katkı sağlamaktadır. Çevre dostu sistemlerin kurulması hem dünyamızın yeşil kalmasına hem de yaşanabilir bir ortam oluşmasına katkısı da göz ardı edilmemesi gerek diğer bir konudur. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak kurulan bir ulaşım altyapısı enerji tasarrufuna katkı sağlayacaktır.

Gelişen ve değişen teknolojilerin etkisiyle ulaşım alanında da yeni gelişmeler meydana gelmiştir. Ulaştırma alanında yaşanan bu teknolojik yenilikler ve yaşanan ulaşım sorunlarının artık geleneksel yollar ile çözülememesi AUS' u ortaya çıkarmıştır. Yeni teknolojilerin kullanılmasıyla akıllı ulaşım sistemleri günümüzde üzerinde çalışma yapılan ve en çok araştırılan konular arasındadır. Kentleşmenin ve çevre kirliliğini azaltmanın yeterli olmadığı durumlarda günümüz şehirlerinde sürdürülebilir AUS uygulamaları uygun bir yöntemdir.

Ulaştırma, insan ve yüklerin bir yerden başka bir yere istenilen koşullarda iletiminin sağlanması işidir.

Ulaştırma bilimi ise,

- Hangi miktar ve özelliklerdeki insan ve yüklerin, hangi zaman ve koşullarda nereden nereye ulaşmak ya da ulaştırılmak istendiğinin (ulaşım talebinin) belirlenmesi esaslarının,
- Ulaştırmada genel olarak analiz ve tahmin esaslarının,
- Ulaştırma ile diğer sosyo-ekonomik alanlar arasındaki etkileşimin,

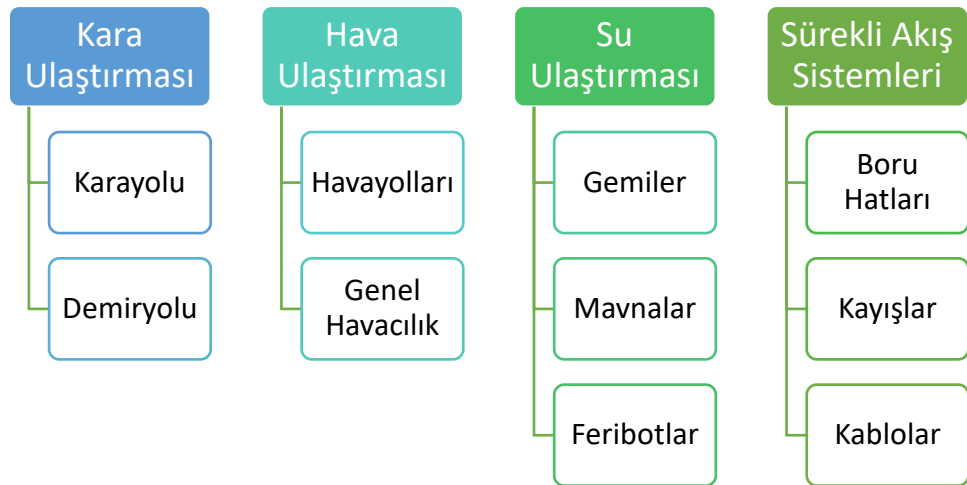
- Ulaştırma alanındaki teknolojileri ve bunların kullanımının araştırılmasını amaçlar.

İnsan ve yüklerin bir yerden başka bir yere istenilen koşullarda iletiminin sağlanması için, belirli kısıtlar altında görevleri ve karşılıklı etkileşimleri organize edilen elemanların kümesi, Ulaştırma Sistemi' ni oluşturur.

3.1. Ulaştırma Alt Sistemleri

Ulaştırma Sistemi, her biri kendine özgü ağ, taşıt filosu ve işletme elemanlarına sahip olan farklı türlerdeki elemanlardan (alt sistemlerden) oluşur. Her bir alt sistem, diğerlerinden bağımsız olarak taşıma yapabildiği gibi, insan ve yük taşımacılığında bu alt sistemlerin amaca en uygun olanlarından oluşturulan birkaçı kullanılabilir (kombine, aktarmalı taşımacılık). Şekil 3.1'de, günümüzde kullanılan taşıma alt sistemleri ile, bunlarda kullanılan ağ ve taşıt filosu özellikleri konusunda karar verici nitelikteki hareket ilkeleri belirtilmiştir

Yolcu ve yük taşıma gereksinimleri, seyahat uzunluğu ve sıklığı ile taşıma miktarları bakımından çeşitlilik gösterdiği için; taşıma sistemi de benzer şekilde, hizmet düzeyi, örgüt yapısı, işletme ölçeği ve taşıma türleri bakımından çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitlilik taşıma sisteminin sınıflandırılmasında görülebilmektedir. (Rodney Tolley, 1995)



Şekil 3.1 Günümüzde kullanılan taşıma alt sistemleri (Rodney Tolley, 1995)

4. ULAŞIM AĞLARI

Ulaşım sistemleri, genellikle yapıları ve gidiş güzergahlarına göre farklı şekillerde ağlar kullanılarak temsil edilir. Her bölgenin spesifik özelliklerine göre şekillenen ulaşım ağları, büyük oranda mekânsal ağlardır, çünkü genellikle diğer faktörler tarafından kısıtlanan ve mekânsal verilerin daha az rol oynadığı sosyal etkileşimler, kurumsal organizasyon ve biyolojik sistemler gibi mekânsal olmayan verilerin yerine tasarımları fiziksel olarak kısıtlanmıştır.

Ağ terimi, düğümler olarak tanımlanan ulaşım sistemi içindeki yolların çerçevesini ifade eder. Rota, karayolları ve demiryolları gibi somut rotalara veya hava ve deniz koridorları gibi daha az somut rotalara atıfta bulunabilen daha büyük bir ağın parçası olan iki düğüm arasındaki tek bir bağlantıdır.

Ulaşım ağları, tercih edilen bölgenin derinlemesine analiz edilmesinden sonra bölgenin özelliklerine göre şekil alır. Bazı durumlarda birbirine benzeyen ulaşım ağları elde edilmesi mümkünken bazı durumlarda da benzersiz yeni bir ulaşım ağı elde etmek mümkündür. Benzer ulaşım ağlarının elde edilmesi bölgelerin fiziksel, ekonomik ve sosyal olarak birbirine benzerlik gösterdiği anlamına gelir ve mümkün olduğu kadar çok lokasyonu birbirine bağlama hedefi ile maliyet ve altyapı geliştirme kısıtlamaları da göz önüne alınarak oluşturulurlar. Herhangi bir bölgenin bölgesel yapısı, tüm ekonomik etkileşimlerini içeren bir ağ olarak ifade edilir. Ağların uygulanması genellikle fırsatlar ortaya çıktıkça, yatırımlar yapıldıkça ve koşullar değiştikçe sürekli meydana gelen iyileştirme çalışmaları neticesinde şekillenir, Ağların oluşturulması, bir bölgeye hareket katmak, canlandırmak, belirli bir ticaret koridorunu veya teknolojik gelişmeleri güçlendirmek, belirli bir bölgeyi diğerlerine göre daha avantajlı hale getirmek gibi çeşitli strateji ve çalışmaların sonucudur.

Bir ulaşım ağı, karayolları, demiryolu ve kanallar sabit bir yolu veya havayolu, toplu taşıma, tren gibi planlanmış bir hizmeti ifade eder. Hareketli noktalar arasındaki çeşitli bağlantı türlerini kapsayacak şekilde genişleterek veya başka yollarla değişiklik yapılabilir. Bundan dolayı da bazı ağ topolojilerinde konumları birbirine bağlamak için çok sayıda seçenek sunulur ve ağ sisteminin karmaşık bir yapı haline dönüşür. Bu karmaşıklık genellikle ekonomik gelişme ile ilişkilendirilir.

Herhangi bir alanda oluşturulan bir ağ incelendiğinde (mesela kimyasal bağla, internet ağları gibi) bileşenleri birbirine bağlayan veya başlangıç ve bitiş noktalarını ifade eden bazı bileşenler vardır. Bir ulaşım ağının oluşturulabilmesi için de gerekli bazı bileşenler var. Ulaşım ağlarının ana yapısal bileşenlerinin tanımları aşağıda verilmiş ve Şekil 4.1’ de şekilsel olarak gösterilmiştir:

Düğüm: Bir ulaşım ağına erişimi olan herhangi bir yer.

Bağlantı: İki düğümün birbirine bağlanmasını sağlayan fiziksel ulaşım altyapıları.

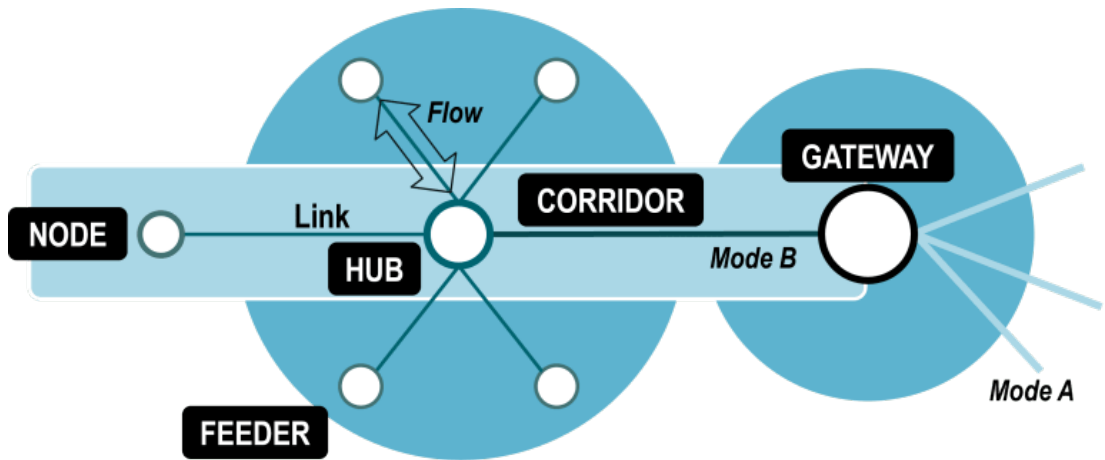
Akış: Bir bağlantı üzerinde iki düğüm arasında dolaşan trafik miktarı ve bir düğümden geçen trafik miktarı.

Geçit: Genellikle ayrı ağlar (düğümler) olan ve çeşitli akışlar için zorunlu bir geçiş görevi gören iki farklı dolaşım sistemini birbirine bağlayan bir düğümdür. Yolcuların veya yükün bir ağdan diğerine aktarılmasını sağlar.

Merkez: Önemli miktarda trafiği yöneten ve aynı taşıma ağının veya ağın farklı ölçeklerindeki (ör. bölgesel ve uluslararası) ögelerini birbirine bağlayan bir düğüm.

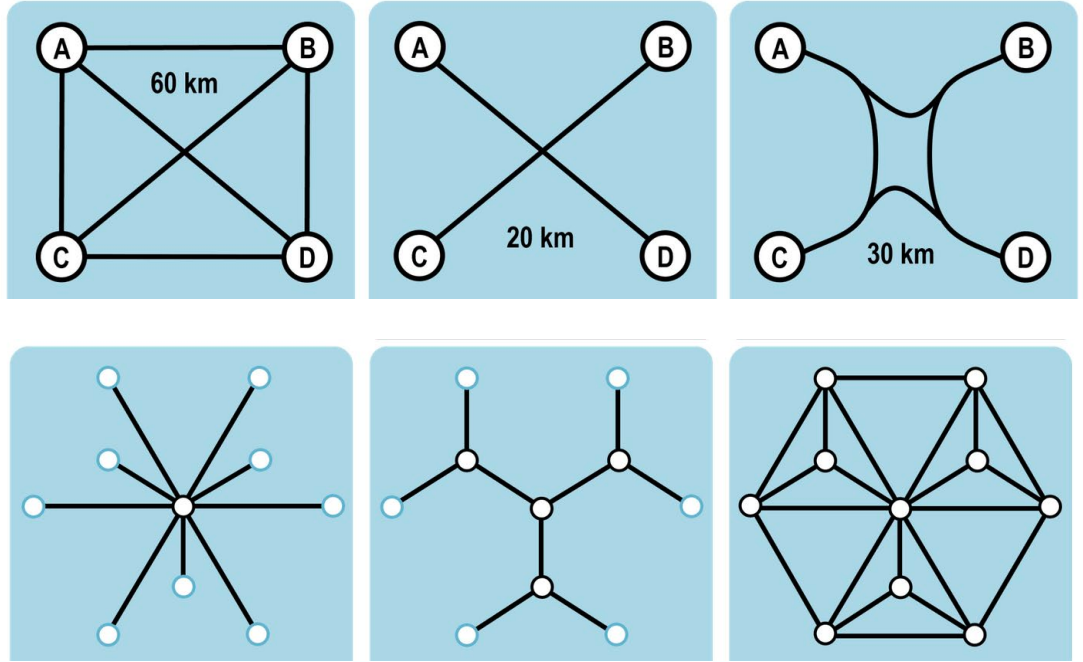
Besleyici: Bir merkeze bağlı bir düğüm. Bir koridor boyunca akışların yönünü düzenler ve bir dağıtım noktası olarak düşünülebilir.

Koridor: Yolcu veya yükün akışlarını destekleyen bir dizi düğüm ve bağlantı. Genellikle bir iletişim eksenini boyunca yoğunlaşırlar, doğrusal bir yönlendirmeye sahiptirler ve bir ağ geçidine bağlanırlar.



Şekil 4.2 Ulaşım ağlarının yapısal bileşenleri (Rodrigue, 2020)

Ulaştırmada, dğğömler, bağlantılar, akışlar, merkezler veya koridorlar gibi temel unsurlar kullanarak ulaşım ağlarıyla bağlantılı çeşitli ulaşım yapılarının tanımlanması yapılır. Birçok ağ gibi ulaşım ağları da genellikle bir dizi konum ve bu konumlar arasındaki bağlantıları temsil eden bir dizi bağlantı olarak somutlaştırılır. Bir ağın dñzenlenmesi ve bağlana bilirliği, her bir taşıma ağının belirli bir topolojiye sahip olduğu topoloji olarak bilinir. Bñyle bir yapının en temel unsurları ağ geometrisi ve bağlantı dñzeyidir. Taşıma ağları, onları tanımlayan bir dizi topolojik özniteliğe bağlı olarak belirli kategorilerde sınıflandırılabilir. Bu nedenle, ulaşım ağlarının hem coğrafi konumları hem de modsal ve yapısal özellikleri ile ilgili temel bir topoloji oluşturmak mümkündür. şekil 4.2’ de farklı desenlerde tasarlanmış ulaşım ağı örnekleri gösterilmiştir.



şekil 4.3 Ulaşım ağları (Rodrigue, 2020)

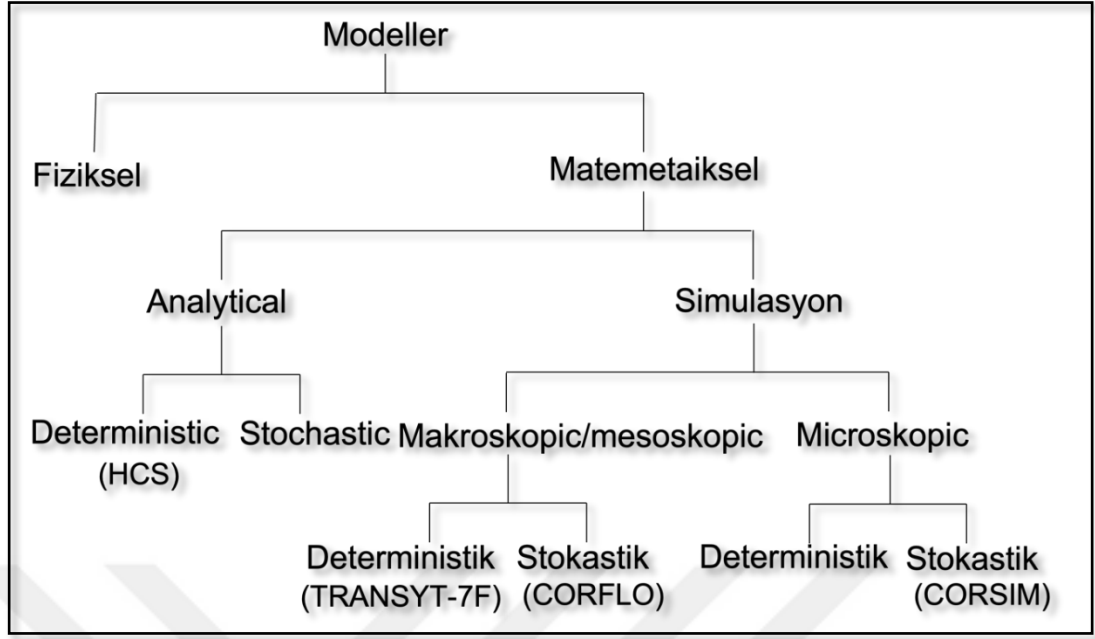
5. ULAŞIM MODELLERİ

Bir model genellikle, belirli yapısal özelliklerde ve ilişkilerde incelenen nesnelere benzeyen bir sistem veya üzerinde öğrenmek veya üzerinde çalışmak için gerçek bir sistemin simülasyonu olarak tanımlanır. Modelleme, simülasyon sistemlerinin geliştirilmesini ifade eder. Modeller:

- Sanatçılara (ressam, heykeltıraş gibi) modellik yapan artistler
- Giyim gibi eşyaların sunumunun yapılması
- Büyük objelerin küçük boyutlu sunumları
- Bir sistemin, bilinen özelliklerinden hareketle geleceğe yönelik tahminini yapmak amacı ile şematik olarak tanımlanması olarak sınıflandırılabilir.

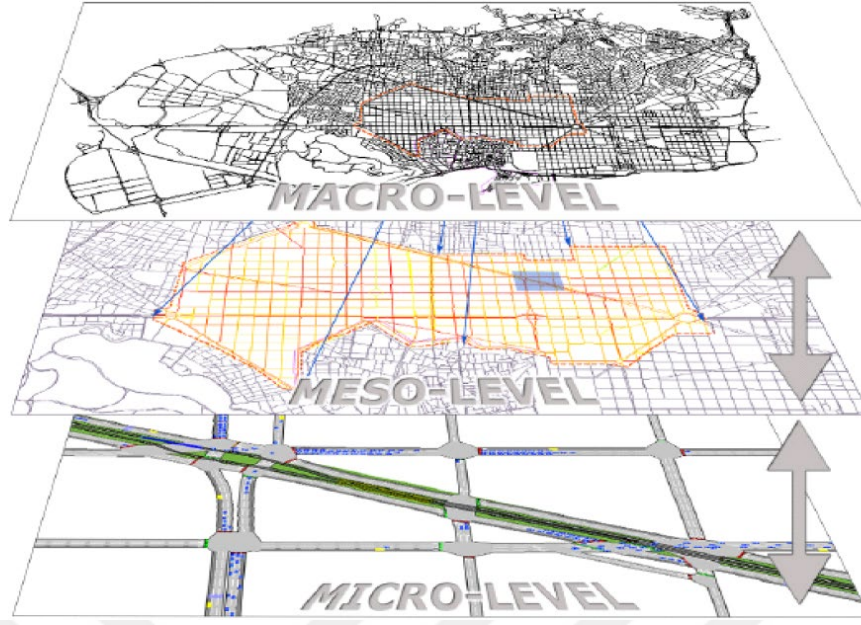
Ulaşım modelleri yukarıda verilen model tiplerinden en sonda açıklanan matematiksel olarak trafik veya yolcuların hareketinin tahmin edilmesine dayanmaktadır. Bu kapsamda, bir ulaşım modelinin temel amacı, yolculukları anlamlı matematiksel denklemlerle temsil etmektir. Bunun bir diğer açıklaması, yolcu davranışını ulaşım sistemi performansına dayalı olarak modellemektir.

Ulaşım modellerinin türleri Şekil 5.1 'de gösterilmiştir. Şekle göre ulaşım modelleri Fiziksel ve matematiksel olmak üzere 2 ana gruba ayrılmıştır. Matematiksel modeller de Analitik ve simülasyon olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Bu çalışmanın ilgi alanına giren simülasyon modeller ise makroskobik/mezoskobik ve mikroskobik olarak iki gruba ayrılmaktadır.



Şekil 5.4 Ulaşım düzeyler (Oregon Department of Transportation, 2020)

Ulaşım modelleri genel anlamıyla mikroskobik, mezoskobik, mikroskobik olmak üzere 3 ana başlıkta toplanmaktadır. Şekil 5.2’ de ulaşım düzeyleri verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere yukarıdan aşağıya makro düzeyden mikro düzeye doğru geçiş görülmektedir. Çalışma alanının ölçeğinin küçülmesiyle birlikte düzeyler makro düzeyden mikro düzeye geçiş yapmaktadır.



Şekil 5.5 Simülasyon modeller (Oregon Department of Transportation, 2020)

5.1. Mikroskobik Model

Mikroskobik modellerde, sürücü davranışları esas alınarak (taşıt izleme, şerit değiştirme, hız seçimi gibi) her bir taşıtın benzetim modeli yapılmaktadır. Mikroskobik modeller, araba takip, şerit değiştirme ve boşluk kabul teorilerine dayalı olarak bireysel araçların hareketini simüle eder. Bu modeller aracılığı ile ulaşım ağı üzerinde yapılan değişikliklerin diğer modellere göre çok daha fazla detaylı olarak karmaşık geometrik konfigürasyonların, tıkanıklığın sistem düzeyinde etkileri incelenmektedir. Ancak, bu modellerin, kalibrasyon süreçleri çok pahalı ve uzun zaman gerektirmektedir.

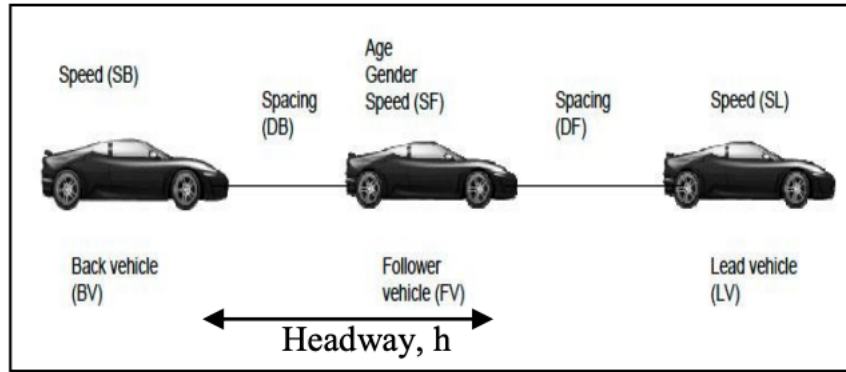
Mikroskobik modelleme, trafik akışındaki araba, otobüs, motosiklet, bisiklet vb. çeşitli araç hareketlerinin özelliklerine dayanmaktadır. Mikroskobik modelleme, akış, yoğunluk, hız, seyahat ve gecikme süresi, uzun kuyruklar, duraklar, kirlilik, yakıt tüketimi gibi veri parametrelerini toplamayı amaçlamıştır. Mikroskobik modelleme yöntemleri, araç takip modelleri, şerit değiştirme modelleri ve boşluk kabul modelleri olmak üzere 3 başlık altında değerlendirilir.

5.1.1. Araç takip sistemleri

Bu algoritmalar, bir sürücünün öndeki bir aracı daha düşük bir hızda tanıyıp takip etmesi konseptine dayanır. Bu modelde, şerit değiştirme durumlar göz ardı edilerek

modelleme yapılmaktadır. Genel olarak, Şekil 5.3’ de hareket halinde bir aracın öndeki araçla olan ilişkisi göstermektedir. Zaman zaman iki araç arasında mesafe, hız ve ivme değişebilmektedir. Takip eden araç öndeki araca ne kadar yakınsa, takip eden aracın öndeki araca tepkisi o kadar hassas olur. Hız arttıkça bu hassasiyet de artar. Bunun nedeni, öndeki araç daha düşük bir hıza sahip olduğunda, takip eden araçların hızı düşürmesidir. Bu tür sistemler bazı durumlarda trafik sıkışıklığının oluşmasına neden olabilmektedir.

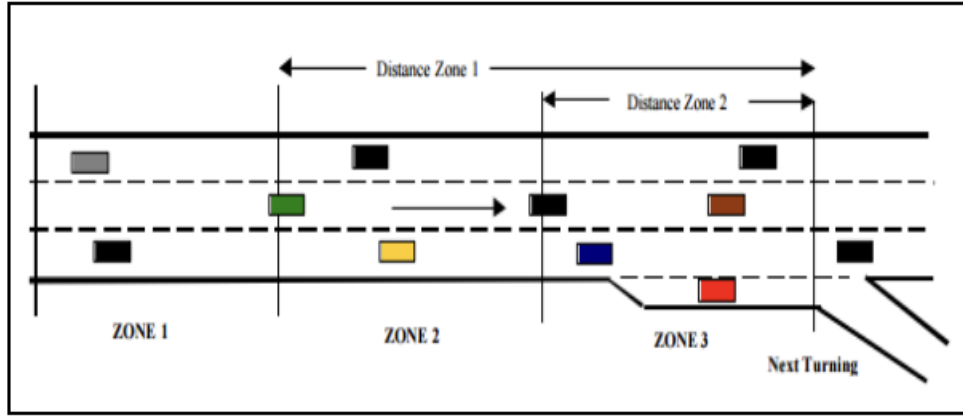
Şekil 5.3’ de, yol mesafesi (h), iki araç arasındaki yatay mesafeyi göstermektedir. İki araç arasındaki mesafe, belirli bir zaman aralığında bir noktada arkadan gelen aracın arka tamponundan öndeki aracın arka tamponuna kadar ölçülen mesafedir. Zaman farkı ise bir noktadan geçen ardışık iki aracın geçiş zamanlarını farkı olarak tanımlanır. Mikroskobik modelleme, tek tek araçların hareketine, süre olarak aralarındaki farka ve konumlarına dayanır.



Şekil 5.6 Araç takip sistemi (Nurul Nasuha Nor Azlan, 2017)

5.1.2. Şerit değiştirme modelleri

Şerit değiştirme modeli, verilen süre içerisinde sürücülerin şerit değiştirme davranışını tahmin etmeye yönelik bir karar sürecidir. Şerit değiştirme işlemi zorunlu şerit değiştirme ve isteğe bağlı şerit değiştirme diye iki şekilde gerçekleşebilir. Bir sürücünün bir sonraki kavşakta sağa dönüş yapma istediğiyle sağ şeride geçmesi isteğe bağlı şerit değiştirmeye, kamyon gibi görüşü kapatan araçları takip eden sürücülerin kamyonu takip etmekten kaçınmak için yan şeride yaptığı şerit değiştirme hareketi ise zorunlu şerit değiştirmeye örnek olarak verilebilir.



Şekil 5.7 Şerit değiştirme sistemi (Nurul Nasuha Nor Azlan, 2017)

Şekil 5.4’ te sürücülerin şerit değiştirme davranışlarının gösterilmiş ve aşamalı olarak hangi bölgelerde nasıl davranacakları aşağıda detaylandırılmıştır:

Zone 1: Dönüş yapacağı kavşağa en uzak mesafedir ve geçeceği şeritteki sürücülerin davranışlarının ölçüldüğü kısımdır. Bu bölmede aşağıdaki maddeler gerçekleşmektedir.

- i. Öndeki araçların hızı ve öndeki araca olan mesafenin göreceli olarak ölçülmesi
- ii. Diğer şeritten gelen araçların hızı ve kendisine olan mesafesinin kontrol edilmesi
- iii. Sürücünün hızını ve şeridini değiştirmesi

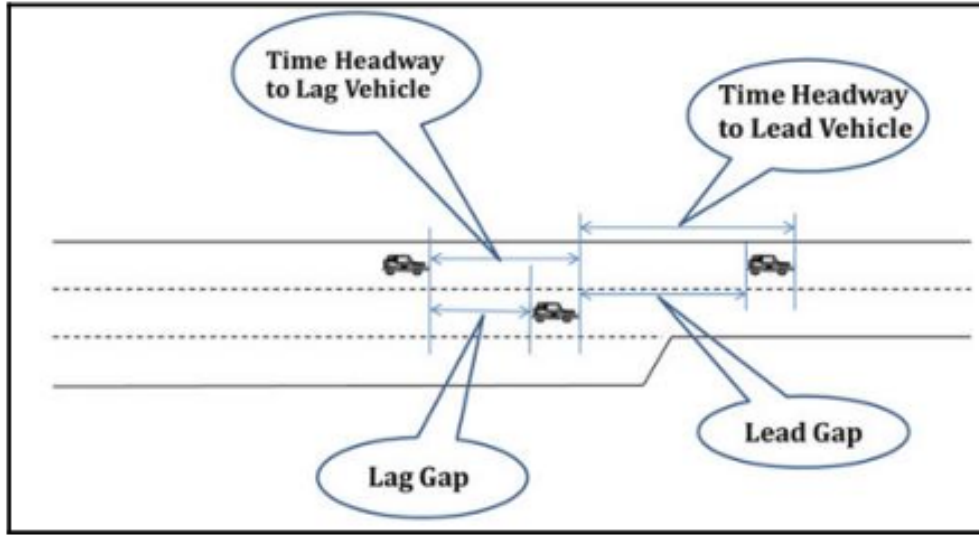
Zone 2: Ara bölge. Araçlar, şerit değiştirme kararını etkileyen dönüş şeridine girmek için boşluk aradığı bölgedir.

Zone 3: Bu, bir sonraki dönüş noktasına olan en kısa mesafedir. Araç bir sonraki dönüş için döneceği yöndeki şeride doğru şerit değiştirme hareketine başladığı bölümdür. Bu alanda araçların şerit değiştirmesi için büyük bir boşluk oluşması için hızını azaltması gerekir.

5.1.3. Boşluk kabul modelleri

Trafikte, bir araç sürücüsünün veya bir yayanın manevra yapmak için yoldaki bir boşluktan faydalanması zorunludur. Bir yayanın karşıdan karşıya geçmesi veya seyir halindeki bir aracın döner kavşağa girerek dönüş alması örnek olarak verilebilir. İki yönlü otoyollarda geçiş manevraları karayolu kapasitesini, güvenliğini ve hizmet seviyesini önemli ölçüde etkilemektedir. Boşluk kabulü, bir noktada geçebilecek trafik

araç sayısını belirlemek için kullanılır. Genellikle, iki yönlü yollarda durma ve yol verme levhası kontrollü kavşaklarda, döner kavşakların giriş akışlarında ve sinyalizasyonlu kavşaklarda ters dönüşlerde küçük hareketlerin analizi için yapılır. Trafikle ilgili değişkenlerin geçiş kararı üzerinde en önemli etkiye sahip olduğu görülürken, geometrik tasarım ve sürücü özelliklerine ilişkin faktörlerin geçiş kararlarında önemli bir etkiye sahip yapılan çalışmalarla ispat edilmiştir (Haneen Farah, 2009). Farklı trafik sistemlerinde kavşak geometrisini, kavşak durumunu ve sürücü davranışını temsil eden parametrelerle modelleme yapılır (Akcelik, 2007). Şekil 5.5’ te boşluk kabul modellemesinde kullanılan tanımlamalar gösterilmiştir. Boşluk, bir şeritte önde giden ve geride kalan araçlar arasındaki zaman mesafesi olarak tanımlanır. Ön boşluk, bir şeritte öndeki araçla olan boşluktur.



Şekil 5.8 Boşluk kabul modelleri (Nurul Nasuha Nor Azlan, 2017)

Boşluk kabul modelleri, bir kavşağı dönüş için kullanmayı veya geçmeyi amaçlayan bir sürücü tarafından kabul edilecek veya reddedilecek boşluğun boyutunu belirlemek için kullanılmıştır. Öncelikle kritik boşluk değeri belirlenir ve kritik boşluktan daha büyük olan tüm boşlukları kabul edilirken bu eşiğin altındaki boşlukları reddedilir. Burada boşluk, ana yoldaki birbirini izleyen iki araç arasındaki süredir. Boşluk kabul modelleri kullanılarak, bir aracın tali yoldaki hizmet süresi, bir yoldaki kuyruk uzunluğunu ve kapasitesi, sürücülerin dönüş mesafeleri ve sürücü davranışları gibi konular simüle edilmektedir.

5.2. Mezoskopik Model

Mezoskobik, karayolu ve sokak sistemlerinin, toplu taşıma araçlarının ve yayaların trafik performansını değerlendirmek amacıyla bireysel araç hareketlerinin saniye veya saniye altı bazında modellenmesidir. Son birkaç yıl, mezoskopik modellerinin karmaşıklığında hızlı bir evrime ve bunların ulaşım mühendisliği ve planlama uygulamalarında kullanımlarında büyük bir genişlemeye tanık oldu. Bu yönergeler, uygulayıcılara mevcut ve gelecekteki alternatif analizlere kapsayıcı bir odaklanma ile trafik analizi problemlerine mezoskopik modellerinin uygun şekilde uygulanması konusunda rehberlik sağlar.

Belirli bir trafik analizi problemine bir mezoskopik modeli geliştirmek ve uygulamak için genel süreç yedi ana görevden oluşur:

- Çalışma Amacının, Kapsamının ve Yaklaşımının Belirlenmesi
- Veri Toplama ve Hazırlama
- Temel Model Geliştirme
- Hata Kontrolü
- Kalibrasyon
- Alternatif Analizi
- Nihai Rapor ve Teknik Dokümantasyon

Mezoskobik modeller mikroskopik ve makroskopik modellerin özelliklerinin bir kombinasyonudur. Mezoskobik modeller, mikroskopik modeller kadar detaylı değil ancak makroskopik modele göre çok detaylı bilgiler sağlamaktadır. Mezoskobik modelleme, analiz edilen ulaşım unsurlarını küçük gruplar halinde tanımlar. Mezoskobik modeller, mikroskopik modelleme ve makroskopik modellemenin bir kombinasyonudur.

5.3. Makroskopik Model (Ulaşım Talep Modelleri)

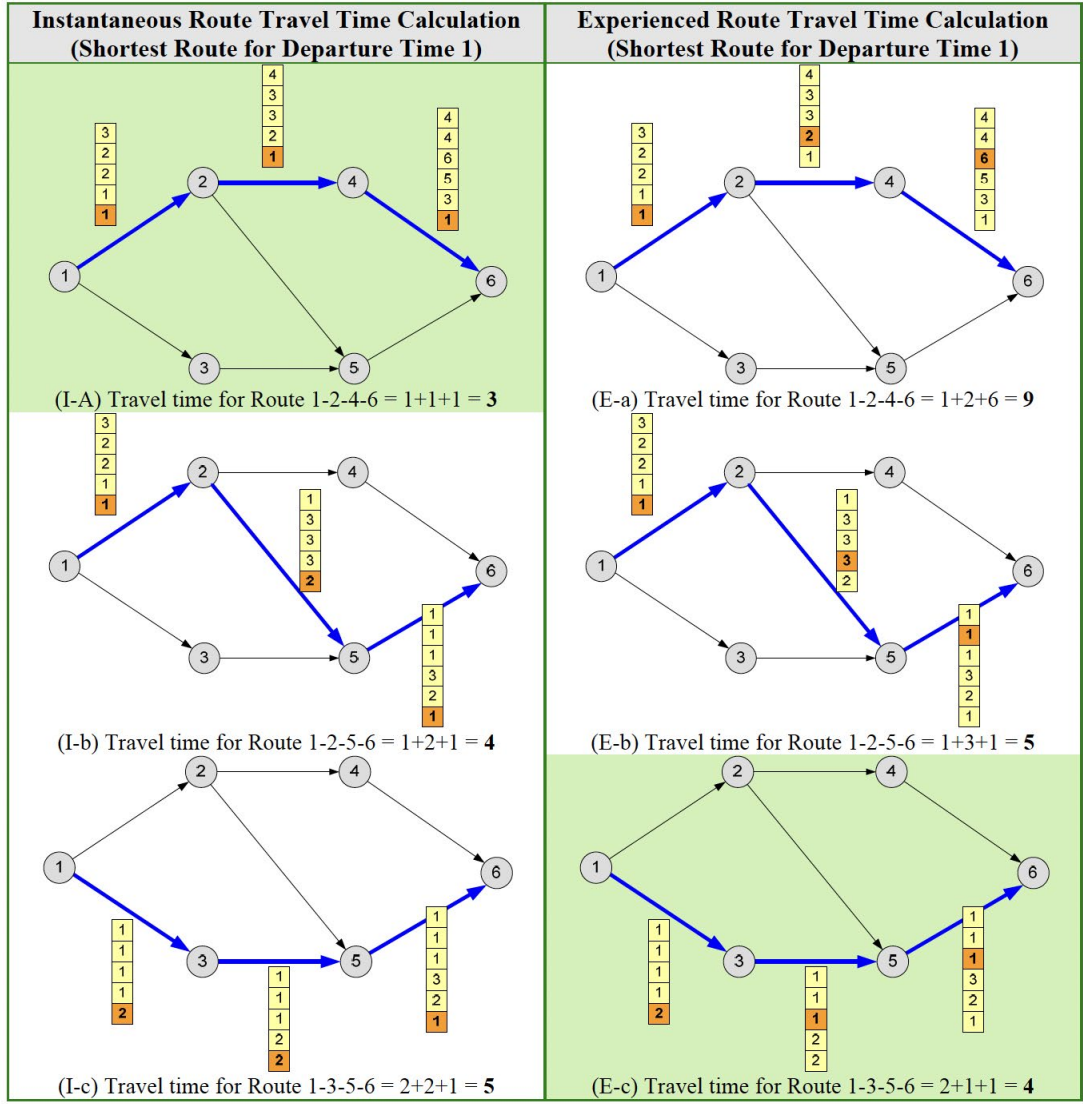
Makroskopik simülasyon modelleri, şerit bazında veya seçilen bir kesit için hız, gecikme veya kuyruk bilgisi vermezken, makroskopik modelde, her bir link üzerindeki kuyruk uzunluğunun belli bir sürede değişimi hakkında bilgi vermektedir.

- Taşıtların belirli periyotlar içinde sisteme katıldığı ve ulaşım ağı üzerinde belirli bir süre boyunca hareketlerine ilişkin simülasyon modellenmesidir.
- Taşıtların güzergahlarının dinamik olarak bulunduğu süreye bağlı olarak değiştirilir.
- Makroskobik modellerin kullanılmasındaki en önemli fayda; güzergâh tercihi, seyahate başlama zamanının ve türel seçimin belirlenmesinde tıkanıklığın mekânsal ve zamansal olarak dikkate alınmasıdır.

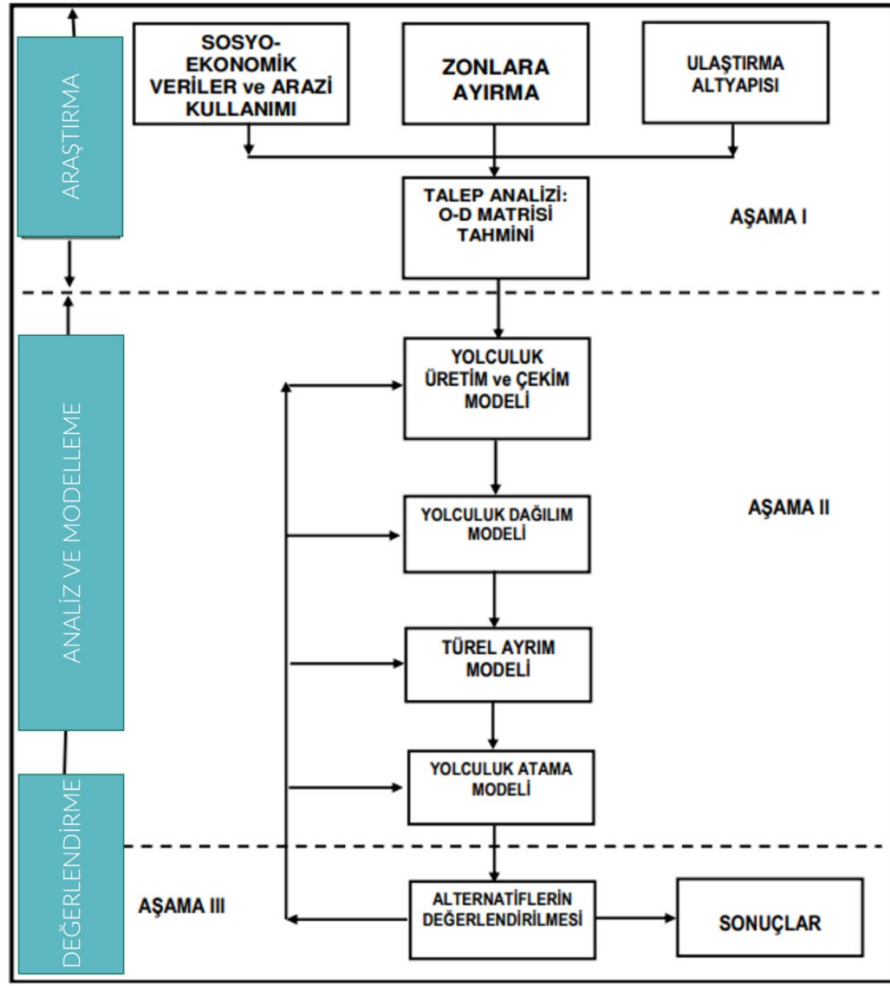
Seyahat tahmin modelleri, bir bölgenin ulaşım sisteminin performansı üzerindeki demografi, arazi kullanımı veya ulaşım tesislerinde gelecekteki değişikliklerin etkisini değerlendirmek için ulaşım planlamasında kullanılır. Gezgin davranışı, modelleme adımlarının dizileri aracılığıyla bu tahmin modellerine dahil edilir. Örneğin, geleneksel dört adımlı modellemede, toplu gezi tabanlı modellerde eşit gezgin grupları tarafından yapılan seyahat seçimleriyle sonuçlanır. Örneğin, bir hane halkının sahip olacağı kişisel araç sayısı seçimi, genellikle hane halkının erişilebilirliğine ilişkin toplu ölçümlere tabi olarak tahmin edilir. Bir hane halkı ne kadar az erişilebilirse, otomobil sahibi olma olasılığı o kadar yüksektir. O halde bir erişilebilirlik ölçüsü, konuttan iş yerlerine veya alışveriş yerlerine seyahat süresi ve maliyetinin bir temsilidir. Aynı şekilde, konut, işyeri ve isteğe bağlı faaliyet yerleri dahil olmak üzere yapılan diğer seçimlerde ve ayrıca seyahat ederken hangi ulaşım hizmetlerinin kullanılacağına ve hangi rotaların izleneceğine karar vermede zaman ve maliyet açıkça önemli faktörlerdir. Seyahat tahmini perspektifinden, seyahatin süresi ve maliyeti kritik faktörlerdir. Bu önlemler, politika kararlarını etkilemek amacıyla bölgesel ölçekte etkilerin nicelleştirilmesinde de kritik öneme sahiptir. Ağ analizi (atama) prosedürleri kullanılarak belirlenen seyahat süresi ve maliyet ölçümleri, zamanla değişmeyen ilgili değişkenleri kullanır. Bu prosedürlerin, seyahat seçimleri üzerindeki etkilerin açıklanması ve ulaşım sistemlerini yönetmek için politikaların nasıl geliştirileceğine, ulaşım sistemi iyileştirmelerinin nasıl finanse edileceğine ve ilgili çevresel etkilerin nasıl ölçüleceğine karar verirken etkileri değerlendirmek için kullanılan ölçütler olarak yetersiz olduğu giderek daha açık hale gelmiştir.

Trafik mühendisleri, çeşitli ulaşım modları için ulaşım tesislerinin mevcut ve gelecekteki performansını analiz etmek ve değerlendirmek için trafik analiz araçlarına giderek daha fazla güvenmektedir. Trafik ve ulaşım analizlerinin farklı yönlerini

destekleyen çeşitli analitik prosedürler ve metodolojiler mevcuttur. Günümüzde çoğu trafik analisti, ilgili ulaşım sistemlerinin performansını değerlendirmek için ya analitik-belirleyici araçlara ya da simülasyon modellerine güvenmektedir. Bu modeller genellikle çeşitli geometrik tasarım konfigürasyonlarını analiz etmek, yerleştirilmiş bireysel kavşakları değerlendirmek ve optimize etmek ve arabalar, toplu taşıma, demiryolu ve yayalar dahil olmak üzere çoklu ulaşım modlarının etkileşimlerini analiz etmek için kullanılır. Bazı modeller rota tabanlıdır, yani araçlar kalkışta bir rota seçer ve simülasyon sırasında yolculuk boyunca daha fazla güncelleme yaparak veya güncelleme yapmadan bu rotayı takip eder. Makro modelde sadece statik tek matris girdi olarak kullanılır, seyahat süreleri matrisin periyoduna bağlı olarak tek boyutlu hesaplanmaktadır. Ancak Mezoskopik modelde birden fazla matris dinamik olarak kullanıldığı için her bir periyot için seyahat süresi hesaplanmaktadır. Şekil 5.6 da matris seçim aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Anlık verileri göre kısa yolların belirlenmesi (Chiu, 2011)



Şekil 5.10 Mezoskopik modelde aşamalar (Tsekeris, 2011)

Ulaşım talep modelleri, makroskobik simülasyon modeli olarak ele alınır. Şekil 5.7’ de Ulaşım talep modellerinin aşamaları gösterilmiştir. Genel olarak 3 aşamada ele alınmaktadır. Modelleme yapılmadan önce çalışma yapılan bölge hakkında genel bilgilerin toplandığı araştırma aşaması, her türlü analizin yapıların genel bilgilerin toplandığı ve buna göre bölgenin gruplandığı aşamadır. Klasik 4 aşamalı model olarak bilinin yolculukların oluşumu, yolculukların dağılımı, yolculukların türel ayrımı ve yolculukların ulaşım ağına atanması aşamalarını içerir. Son aşama ise değerlendirme aşamasıdır. Bu aşamada ise elde edilen tüm sonuçlar değerlendirilerek sonuçlar analiz edilir.

5.3.1. Araştırma

Aslında bu aşamayı planlama aşaması olarak görebiliriz. Çalışma yapılacak bölge hakkında genel bilgilerin elde edildiği, bölgeye ait sabit verilerin (sosyal ve ekonomik durumu, ulaşım alt yapısı, toplu ulaşım bilgileri vb.) toplandığı ve bu verilere göre alt bölgelere (zonlar) ayrıldığı aşamadır. Bu bilgiler elde edildikten sonra bölge analiz edilir ve gerekli kümeleme işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamada, çeşitli yöntemlerle bölge ve bölgede yaşayanların davranışları hakkında genel bilgi toplanır. Bu yöntemleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- 1- Anket Yöntemi (Doğrudan sorarak ya da posta yolu ile)
 - a. Yol Anketleri
 - b. İşyeri Anketleri
 - c. Ev Anketleri
- 2- Trafik Sayımlar
- 3- Plaka Okuma Yöntemi
- 4- Etiket Yapıştırma Yöntemi

Aslında bu yöntemlerin amacı, Bölgeye ait Başlangıç-Son (B-S) Matrislerinin oluşturulmasından ibarettir. Eğer bir bölgenin B-S matrisi elde edilmişse o bölge hakkında çok büyük bir bilgiye sahibiz demektir. Çünkü ulaşım modellerinde B-S matrislerinin önemi çok büyüktür.

5.3.1.1. B-S matrislerinin önemi

B-S matrisleri, ulaşım planlamalarında yolculukların sayısal dağılımını ifade etmektedir. Yani yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilerin sayısal ifadelerle dönüştürülmesidir. Sayısal ifadeye dönüşmesi demek bu sayısal ifadeler kullanılarak bazı matematiksel işlemler yapılabileceğini ifade eder. Bu matrislerle ulaşım sistemindeki eksiklikleri ve yetersiz kısımları tespit etmek mümkündür. Gelecekte yapılacak yatırımlar konusunda karar vermeye katkı sağlar. Ayrıca ulaşım ağında bir değişiklik meydana geldiğinde mevcut taleplerde ne gibi değişiklikler olduğunu görmemizi sağlar. Tablo 5.1' de örnek bir B-S matrisi gösterilmiştir.

B-S matrisi, herhangi bir modellemede sistemi analizi için temel bir ön koşuldur. Ancak, BS anketlerinin uygulanması pahalı ve zor olduğundan, bunu elde etmek her zaman kolay değildir. Bu nedenle, bilgi teknolojisinin dünyadaki bazı toplu taşıma

sistemlerine dahil edilmesi, pasif veri toplama için mükemmel bir fırsattır (Marcela A.Munizaga, 2012).

Tablo 5.1 B-S matrisi

Bölgeler	A	B	C	D
A	0	100	50	50
B	50	0	100	150
C	100	50	0	200
D	200	150	50	0

Araştırma aşaması, plan aşaması olduğu için çok büyük öneme sahiptir. Bu aşamada yapılacak bir hata veya eksiklik tüm aşamaları etkilemektedir. Bunda dolayı bu asama hassasiyetle ele alınmalı ve eksiksiz bir şekilde tamamlanmalıdır.

5.3.2. Analiz ve modelleme

Araştırma aşamasında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bilgiler bu aşamada analiz edilerek modelleme yapılmaktadır. Modelleme genel olarak 4 aşamadan oluşur. Bu aşamalar;

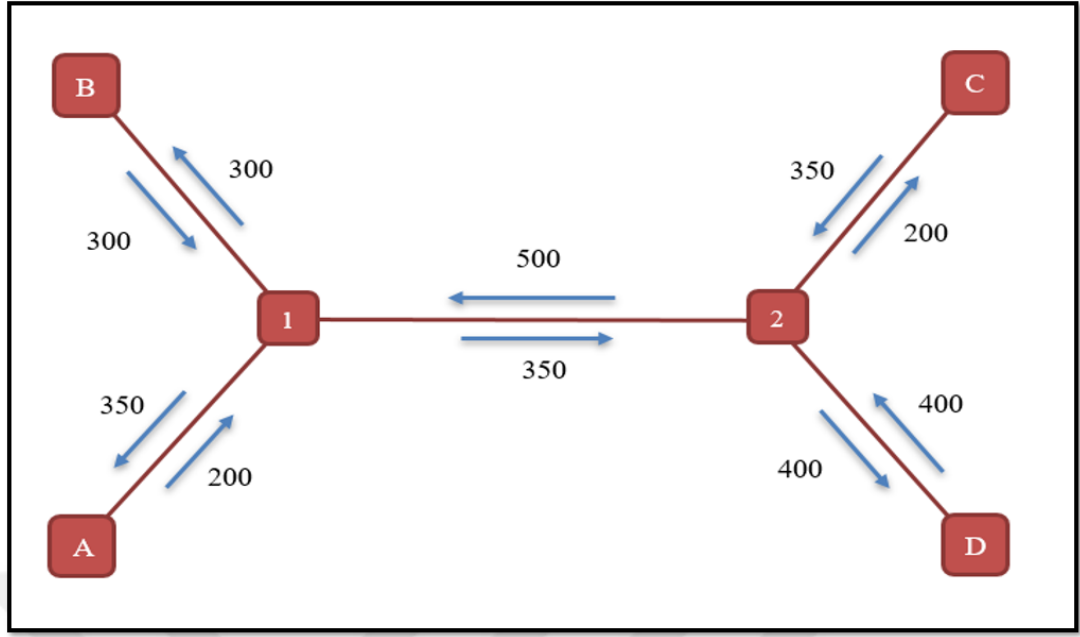
- Yolculukların oluşumu,
- Yolculukların dağıtımı,
- Yolculukların türel ayrımı,
- Yolculukların ulaşım ağına atanması,

Olarak sıralamak mümkündür. Modelleme yapılmadan önce yolculukların oluşumları incelenir. Bölgeler arasın yolculuklar belirlenir. Hangi bölgeden hangi bölgeye ne kadar yolculuk olduğu, bunların bölgelere göre dağıtılması, hangi ulaşım araçlarının kullanıldığı gibi parametrelerle türel ayrımları yapılarak yolculukların ulaşım ağına ataması yapılmaktadır. Bu atama işlemi yolların kullanım oranlarına göre yapılabildiği gibi kullanılıp kullanılmamasına göre de yapılabilmektedir. Yani tüm yolculuklardan ne kadarı belirli bir yolu kullanıyorsa ona göre bir oran belirlenip atama yapılabilir

veya yolculuklarda yolun kullanılıp kullanılmaması göz önün alınarak atama yapılabilir. Bu yöntem ya hep ya hiç ataması adı verilir. Bir yol kullanılıyorsa ona 1 değeri verilir kullanılmıyorsa ona 0 değeri verilir. Bu yöntem kullanılarak kullanılan yolların belirlendiği liste Tablo 5.2’ de verilmiş ve bu belirlenen verilere göre Tablo 5.1’ de verilen B-S matrisinin ulaşım ağına atanmış hali Şekil 5.8’ da gösterilmiştir.

Tablo 5.2 Ya hep ya hiç ataması

		A_1	1_A	B_1	1_B	1_2	2_1	2_C	C_2	2_D	D_2
A	B	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A	C	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
A	D	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
B	A	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
B	C	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
B	D	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
C	A	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
C	B	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
C	D	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
D	A	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
D	B	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
D	C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1



Şekil 5.11 Yolculukların ulaşım ağına atanması

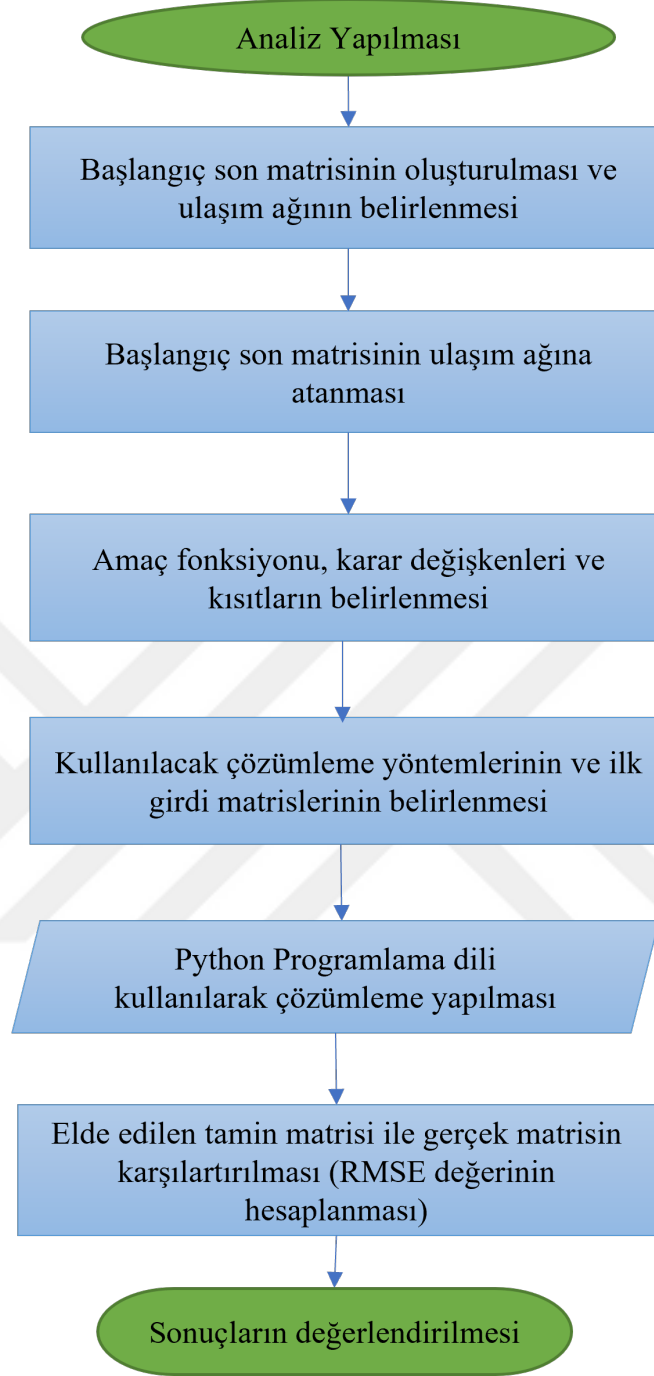
5.3.3. Değerlendirme

Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra yapılan diğer işlemler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilip anlamlı ve amaca uygun sonuçlar elde edilir. Varsa alternatifler bunlar ele alınır ve sonuçların değerlendirilerek farklı olasılıklarda nasıl sonuçlar elde edilebilir araştırması yapılır. B-S matrislerinin önemi de tam olarak burada ortaya çıkmaktadır. Farklı olasılıkları değerlendirmek için elimizde B-S matrisi olması yeterlidir. Mesela ulaşım ağına yeni bir yol eklendiğinde yeni eklenen yolda ne kadar yoğunluk olacak? Mevcut yolların kullanım oranlarında nasıl değişimler olacak? Sorularına hızlıca cevap bulmak mümkündür. Diğer taraftan yeni bir fabrika ya da iş merkezi inşa edildiğinde ulaşım ağındaki yoğunluğun bundan nasıl etkileneceğini, yeni oluşacak talebi karşılayıp karşılamayacağı gibi sonuçları elde etmek mümkündür.

6. YÖNTEM VE VERİLER

Bu çalışmada ve daha önce yapılmış çalışmalarda temel amaç en güvenilir ve doğru matrisi elde etmektir. Güvenirliliği arttırmak için de elde edilen sonuçların gerçeğe yakınsaması için istatistiksel ve matematiksel olarak geliştirilmiş algoritma ve yöntemler mevcuttur.

Çalışmada kullanılan B-S matrisi ile ulaşım ağı rasgele oluşturulmuş ve yapılan çözümlemeler sonunda elde edilen matrislerle bu matris karşılaştırılarak yakınlık değerleri hesaplanmıştır. Bu algoritma ve yöntemlerin birçoğu ulaşım alanında da çokça kullanılmıştır. Ulaşım alanında kullanmadaki temel amaç ta B-S matrislerini elde etmek ve gerçeğe en yakın değerleri elde edebilmek için iyileştirme aşamalarından geçirmektir yani hataları en aza indirmektir. Klasik olarak bu işlem yolculuk yapılan bölgelerin özellikleri (nüfus yoğunluğu, sanayi vb.) göz önüne alınarak yapılmaktadır. Ancak parametrelerin zamanla çok çabuk değişiklik göstermesi veya yeni parametrelerin ortaya çıkması gibi durumlar hesaplamaların kompleks bir yapıya dönüşmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı farklı çözümler arama ve uygulama ihtiyacı ortaya çıkmış ve birçok bilim adamı daha optimum çözümler için farklı çözüm yöntemleri kullanmışlardır. Yapılan işlemleri gösterir şema Şekil 6.1' de gösterilmiştir.



Şekil 6.12 Akış şeması

6.1. Yöntemler

$$\text{Minimum} \quad \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (S_i^E - S_i^G)^2}{N}} \quad \begin{array}{l} S_i^E: \text{Tahmin değerleri} \\ S_i^G: \text{Gözlem değerleri} \\ N: \text{Link sayısı} \end{array} \quad (6.1)$$

Bu çalışmada kullanılan yöntem bir optimizasyon probleminin çözümünde izlenen yöntemlerle aynıdır. Optimizasyon problemlerinde öncelikle karar değişkenlerinin belirlenmesi, bu karar değişkenlerine göre amaç fonksiyonunun belirlenmesi ve bu amacı optimum yapacak değerleri bulmak için sınırların ve kısıtların belirlenmesi gerekir. Belirlenen karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar göz önüne alınarak problem çözümü gerçekleştirilerek optimum sonuç elde edilir.

B-S matrisinin tahmin edilmesi için karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar aşağıda gösterilmiştir.

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{RMSE: } \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (S_i^E - S_i^G)^2}{N}} \quad \begin{array}{l} S_i^E: \text{Tahmin değerleri} \\ S_i^G: \text{Gözlem değerleri} \\ N: \text{Link sayısı} \end{array} \quad (6.2)$$

$$\text{Kısıtlar: } S_a^E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij} * P_{ij}^a \quad a = 1,2 \dots n \quad \forall \in S_a^E \geq 0 \quad (6.3)$$

S_a^E : a linkinin tahmin değeri

T_{ij} : i den j ye talep miktarı

P_{ij} : i den j ye kullanım a linkinin kullanılma olasılığı

Karar Değişkenleri: $\forall \in T_{ij} \quad i = 1,2,3 \dots n \quad j = 1,2,3 \dots n$

Karar değişkenlerinin sayısı $n^2 - n$ adettir. Bunun sebebi bölgelerin kendi içlerinde yapmış oldukları yolculuklar göz önüne alınmamıştır.

P_{ij} Olasılık değerleri hep ya da hiç atamasına göre belirlenip i noktasından j noktasına giderken kullanılan linkler 1, kullanılmayan linkler 0 olarak alınmıştır.

Optimizasyon problemlerinde çözüm için birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerin bazıları lineer bazıları lineer olmayan yöntemlerdir. Bu çalışmada Python programlama dili kullanılarak çözümler yapılmıştır. Python dilinin tercih edilmesindeki amaç, bünyesinde veri analizi konusunda birçok kütüphane barındırması ve bu kütüphaneleri özel amaçlarla yönelik kullanarak paket programların sunduğu olanaklardan daha yöntem üretebiliyor olmasıdır. Yani özel amaçlara yönelik kodlama yapılarak daha belirleyici sonuçlar elde edilebilmektedir.

6.2. Çalışmada Kullanılan Ulaşım Ağı ve Veriler

Bu çalışmada, kullanılan rasgele değerler ile oluşturulmuş B-S matrisi ve ulaşım ağı Şekil 7.1' de verilmiştir. Tablo 6.1'de verilen B-S matris değerleri rasgele oluşturulmuş ve yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen tahmin matrisi ile gerçek matris arası farkları (hataları) veya yakınsaklığını belirlemek için kullanılmıştır. Belirlenen kısıtlara göre uygulanan çözüm yöntemleri ve ilk girdi matrisi elde edilen tahmin matrisinin doğruluk düzeyini etkilemektedir. Çalışmada, çözüm yöntemi ve ilk girdi matrisinin değerleri değiştirilerek tahmin edilen matris ile gerçek matris karşılaştırılarak; Root Mean Square Error (RMSE) değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak B-S Matrisinin tahmininde en uygun parametreler belirlenmiştir.

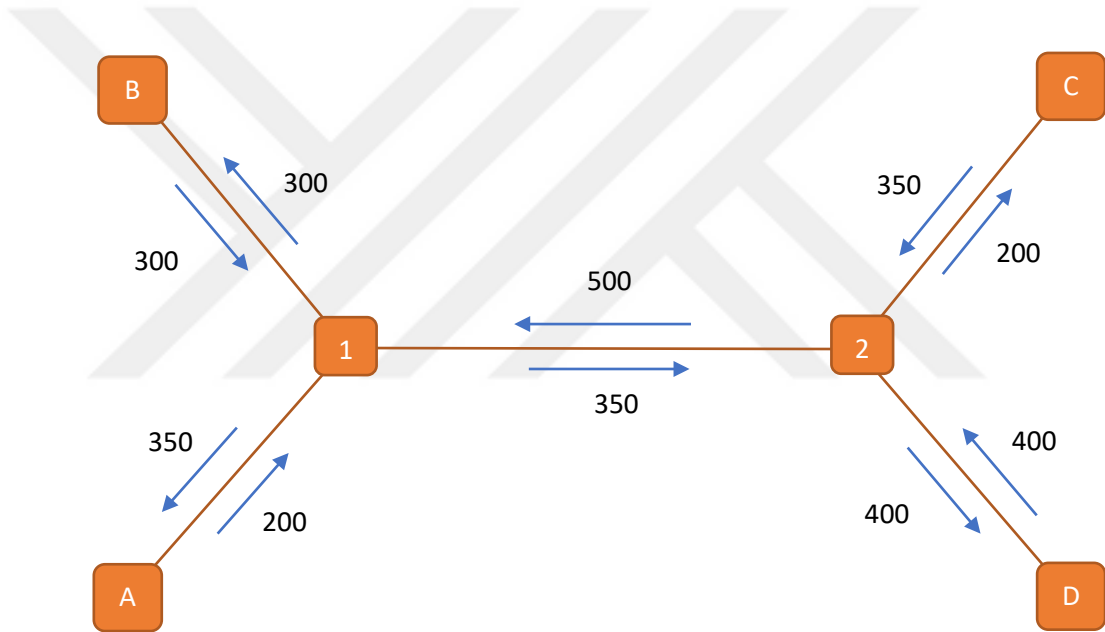
Tablo 6.3 Çalışmada kullanılan B-S matrisi

Bölgeler	A	B	C	D
A	0	100	50	50
B	50	0	100	150
C	100	50	0	200
D	200	150	50	0

B-S matrisi ulaşım ağı üzerine atanmış ve Şekil 7.1'deki değerler elde edilmiştir. Şekil 7.1' de görüldüğü gibi A-1 linki A dan 1 düğüme talep değeri 200, 1 düğüme A ya talep değeri ise 350 olarak görülmektedir. Bu değerler şunu ifade etmektedir. A dan gelen tüm talepler A_1 linkini kullanmaktadır. 1_A linki ise B, C ve D den A noktasına gitmek isteyenlerin talebini gösterir.

7. DEĞERLENDİRME

Daha önceki konularda bahsettiğimiz gibi ilk girdi matrisinin gerçek B-S matrisine yakın değerlerde olması tahmin edilen değerlerin daha tutarlı olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, çözümleme yönteminin de amaca yönelik seçilmesi de sonuçların tutarlı olmasını sağlamaktadır. Bu bölümde tahmin matrisinin gerçeğe yakınsamasını etkileyen konuların değerlendirilmesi yapılmaktadır. Değerlendirmeler yapılırken (6.2) numaralı hata belirleme formüllerinden faydalanılmıştır. (6.2) formülünden elde edilen değer sıfırdan büyük ve sıfıra ne kadar yakın olursa tahmin edilen matris gerçeğe o kadar yakın değerlere sahiptir.



Şekil 7.13 Ulaşım ağı

7.1. İlk Girdi Matrisinin Etkisinin Değerlendirilmesi

B-S Matrisinin tahmin edilmesinde gerçeğe yakın değerler elde etmek için ilk girdi matrisinin önemi büyüktür. İlk girdi matrisinin etkisinin gözlenebilmesi için bir yöntem belirlenip belirlenen yöntemde değişik ilk girdi matrisleri verilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Yöntem olarak da yöntemler arasında en iyi sonucu veren L-BFGS-B yöntemi seçilmiştir.

İl girdi matrisinin değerleri gerçek B-S matris değerlerine ne kadar yakınsa tahmin edilen B-S matrisi de o kadar gerçek değerlere yakınsamaktadır. İlk matris olarak

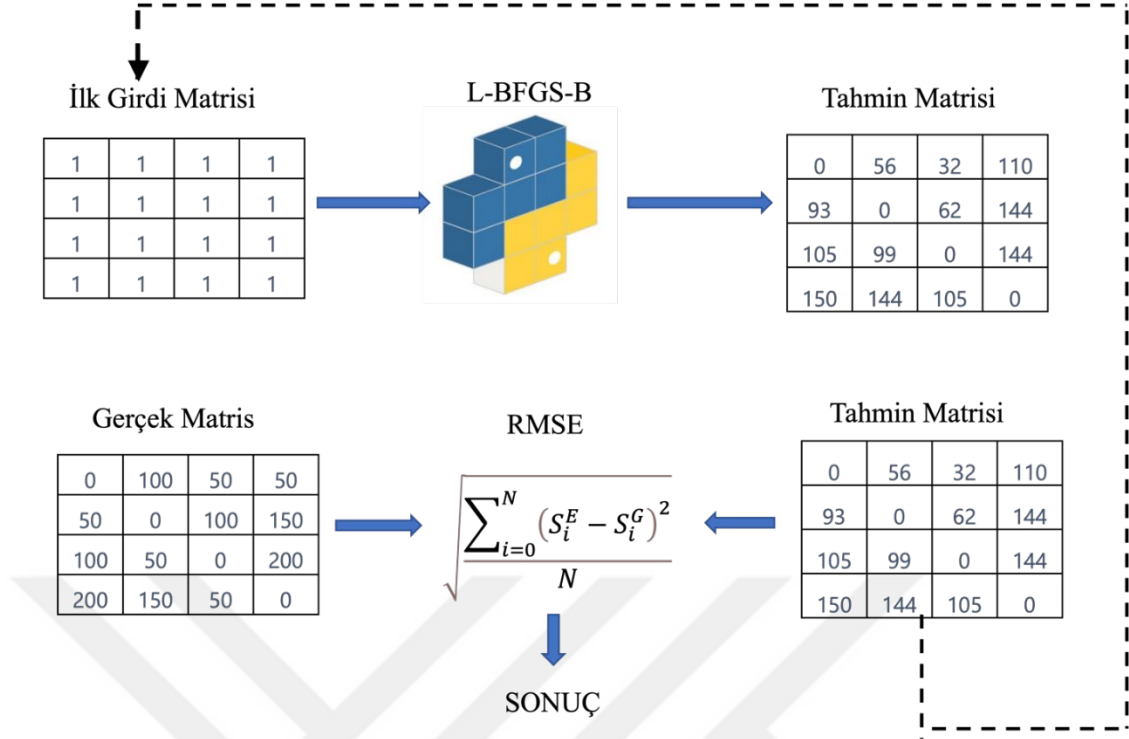
gerçek B-S matrisini verdiğimizde birebir aynı değerler elde edilmektedir. Buda ilk girdi matrisinin gerçek matrise ne kadar yakın değerlere sahipse sonucun o kadar tutarlı olacağını ispatlar niteliktedir.

Genel olarak daha önceki çalışmalarda ilk girdi matrisi olarak tüm elemanları 1 olan sabit matris kullanılmıştır.

İlk girdi matrisi olarak tüm elemanları 1 olan matris verildiğinde Python SciPy kütüphanesi kullanılarak çözümleme yapıldığında elde edilen tahmin matrisi rasgele oluşturulmuş olan matrisle kıyaslanarak rasgele oluşturulan matrise ne kadar yakınsadığı hesaplanmıştır. Bu çalışmada da ilk girdi matrisi olarak tüm elemanları 1 olan sabit matris kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 7.1’ de gösterilmiştir.

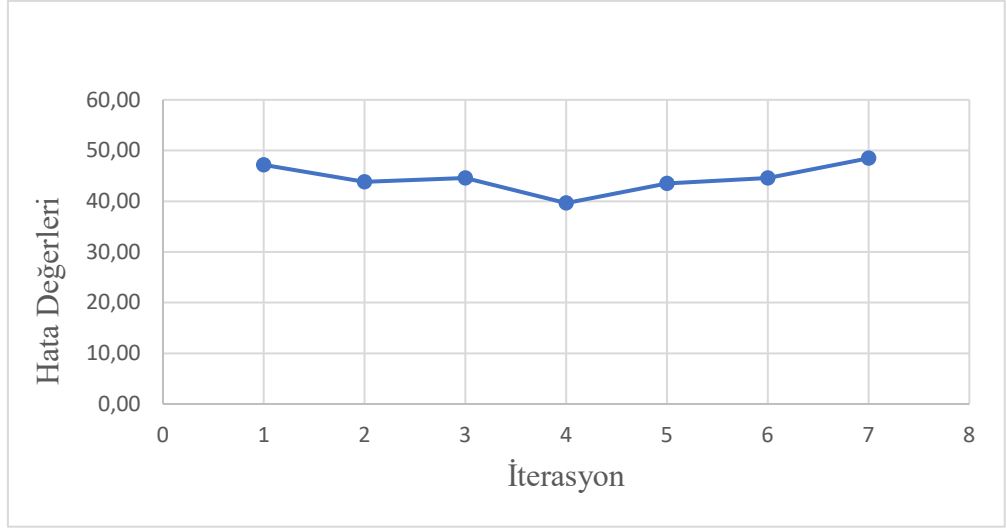
Tablo 7.4 İlk girdi matrisi olarak birim matris kullanıldığında tahmin matrisi

	A	B	C	D
A	0	56	32	110
B	93	0	62	144
C	105	99	0	144
D	150	144	105	0



Şekil 7.14 Tüm elemanları 1 olan girdi matrisinin değerlendirilmesi

İlk girdi matrisi olarak tüm elemanları 1 olan matris kullanıldığında elde edilen tahmin matrisleri tekrar ilk girdi matrisi olarak kabul edilerek optimum değerlere ulaşmaya kadar tahmin hesaplamaları devam ettirilmiştir. Bu işlemler sonucunda görülmüştür ki, her iterasyon sonucunda elde edilen tahmin matrisleri gerçeğe biraz daha yakınsamakta fakat bir seviyeden sonra tekrar değerlerde artış görülmektedir. İterasyon işlemleri yapılırken yöntem olarak SLSQP tercih edilmiştir. Diğer yöntemler iterasyon testlerinde ilk iterasyon sonucu ile aynı sonuçları vermektedir.



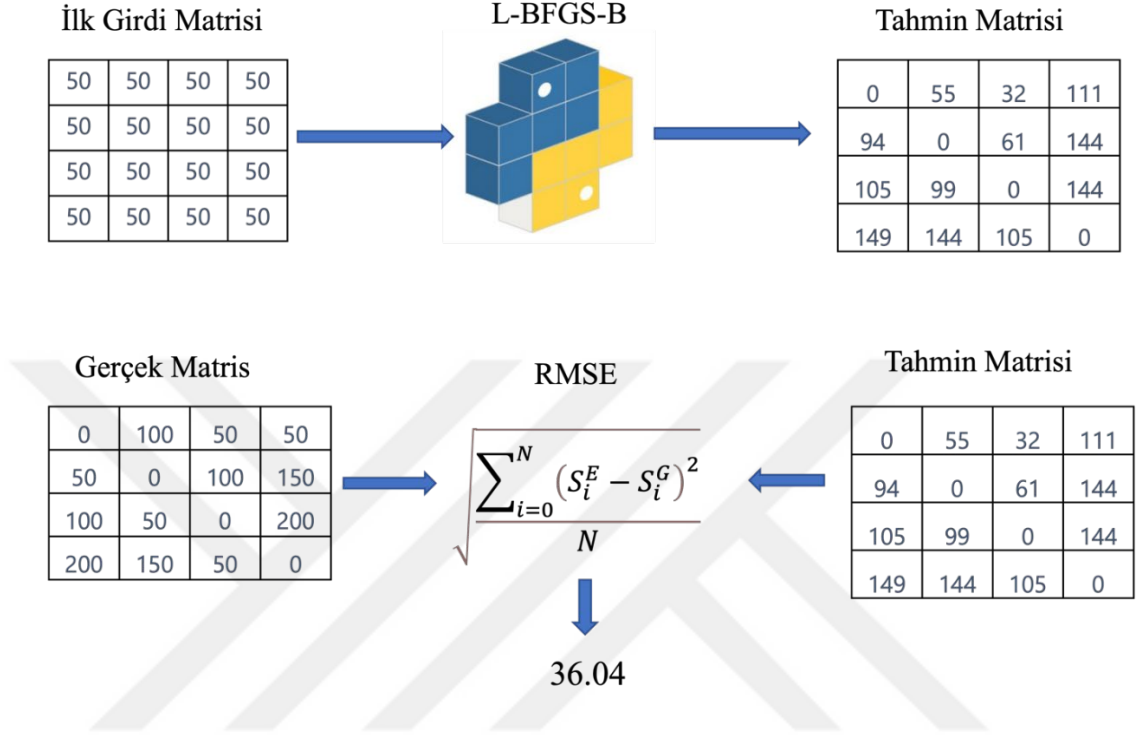
Şekil 7.15 Altı iterasyon sonucunda değerlerin yakınsadığını gösterir grafik

İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen en küçük sayım değerine sahip sabit matris olarak alınmış ve bu matris kullanılarak elde edilen tahmin matrisi değerlendirildiğinde ilk girdi matrisi olarak bir sabit matrisi verildiğinde elde edilen sonuçların daha stabil olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuç matrisi Tablo 7.2’te gösterilmiştir.

Tablo 7.5 İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen en küçük sayım değerine sahip birim matris olarak alındığında elde edilen tahmin matrisi

	A	B	C	D
A	0	55	32	111
B	94	0	61	144
C	105	99	0	144
D	149	144	105	0

Yapılan işlemler şematik olarak Şekil 7.4'te gösterilmiştir. Hata değeri 36.04 olarak hesaplanmıştır.



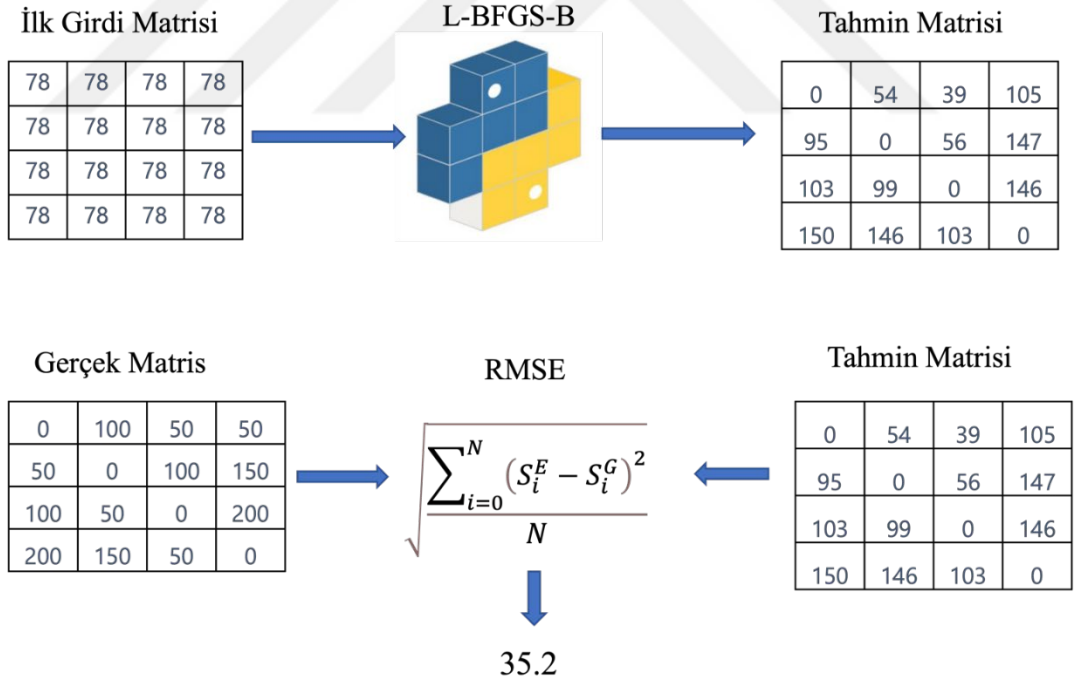
Şekil 7.16 Tüm elemanları en küçük gözlem değeri olan girdi matrisinin değerlendirilmesi

İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen sayım değerlerinin ortalamasına sahip birim matris olarak alınmış ve bu matris kullanılarak elde edilen tahmin matrisi değerlendirildiğinde aynı şekilde ilk girdi matrisi olarak tüm elemanları 1 olan matris verildiğinde elde edilen sonuçların daha stabil olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuç matrisi Tablo 7.3'de gösterilmiştir.

Tablo 7.6 İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen sayım değerlerinin ortalamasına sahip birim matris alındığında elde edilen tahmin matrisi

	A	B	C	D
A	0	54	39	105
B	95	0	56	147
C	103	99	0	146
D	150	146	103	0

Yapılan işlemler şematik olarak Şekil 7.5'te gösterilmiştir. Hata değeri 35.2 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.17 Tüm elemanları gözlem değerlerinin ortalaması olan girdi matrisinin değerlendirilmesi

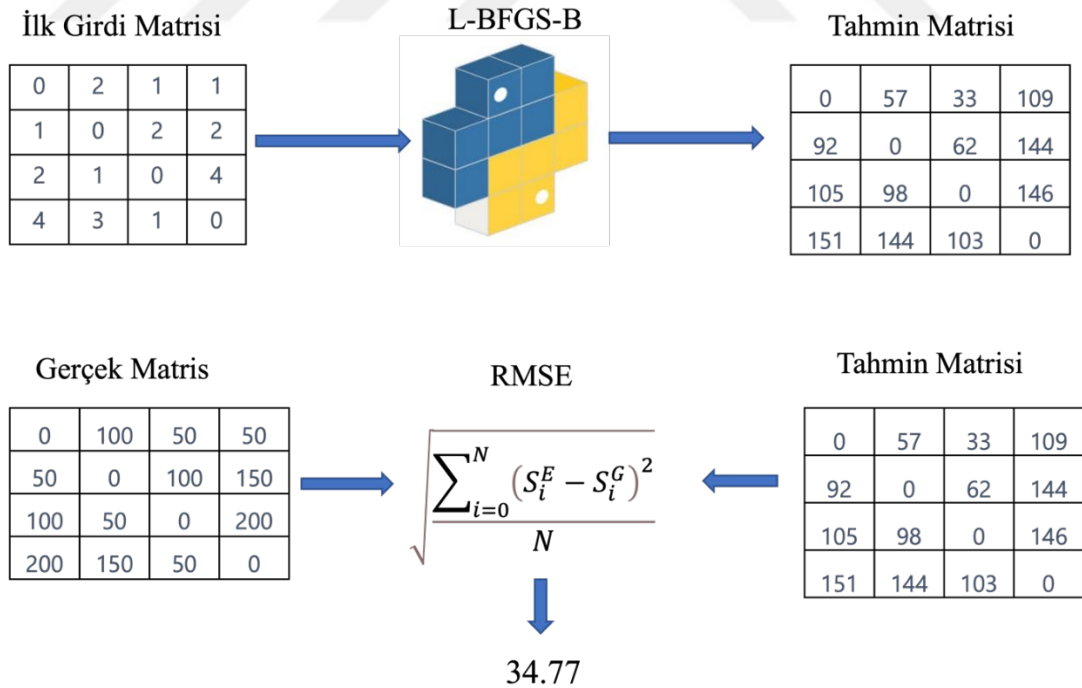
İlk girdi matrisi olarak gerçek matris değerlerinin göreceli oransal değerlerine sahip matris alınmış ve bu matris kullanılarak elde edilen tahmin matrisi

değerlendirildiğinde gerçek değerlere en yakın sonuçların elde edildiği görülmüştür. Elde edilen sonuç matrisi Tablo 7.4'te gösterilmiştir.

Tablo 7.7 İlk girdi matrisi olarak tüm değerleri ele edilen sayım değerlerinin ortalamasına sahip birim matris alındığında elde edilen tahmin matrisi

	A	B	C	D
A	0	57	33	109
B	92	0	62	144
C	105	98	0	146
D	151	144	103	0

Yapılan işlemler şematik olarak Şekil 7.6'de gösterilmiştir. Hesaplanan hata değeri 34.7 olarak hesaplanmıştır.



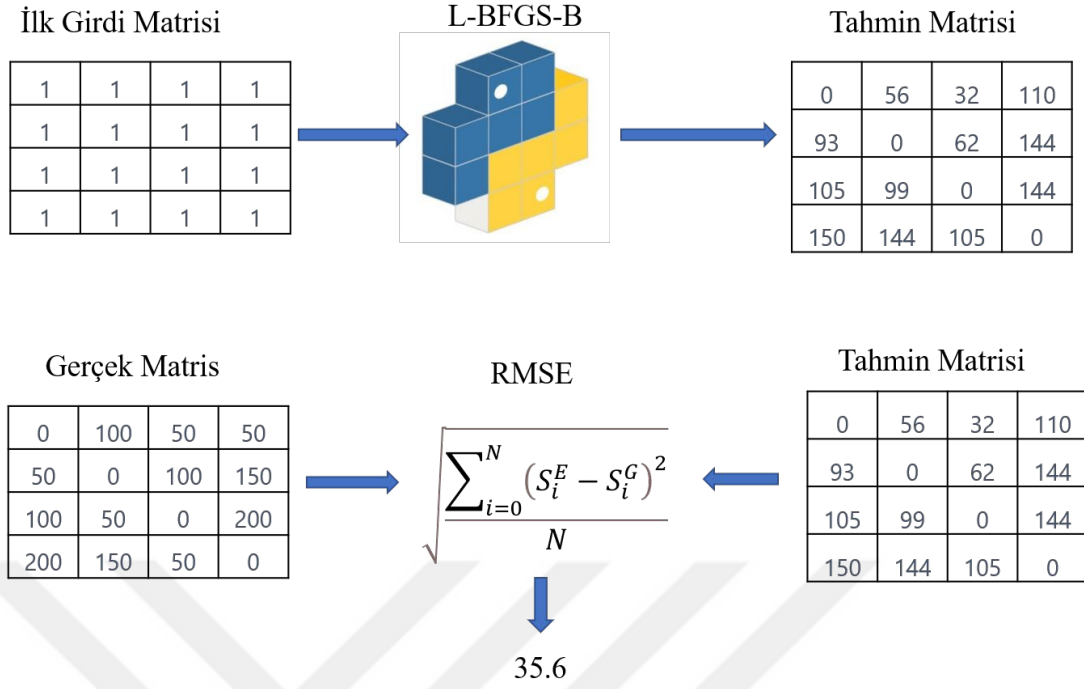
Şekil 7.18 Elemanları gözlem matrisinin göreceli katsayı matrisinin değerlendirilmesi

7.2. Çözümleme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Optimizasyon problemlerinin çözümü için birçok yöntem mevcuttur. Bunların bazıları lineer problemleri çözmek, bazıları lineer olmayan problemler için kullanılmaktadır. Diğer taraftan tipine göre de değişik yöntemler mevcuttur. Mesela bazı yöntemler sadece eşitlik kısıtları olan problemlerde kullanılırken bazıları ise büyüklük küçüklük kısıtları olan problemlerde kullanılmaktadır. Diğer taraftan ilk değerlerin verilip verilmemesine göre de değişik çözümleme yöntemleri kullanılmaktadır.

SciPy kütüphanesinde de bun benzer şekilde değişik tipte problemler için kullanılan çözümleme yöntemleri kullanılmaktadır. Problem çözümlerinde yonteme göre değişik sonuçlar almak mümkündür. Bu çalışmada belirlenen amaç fonksiyonu lineer olmayan bir fonksiyon olduğu için şu yöntemler kullanılmıştır; Nelder-Mead, CG, BFGS, Newton-CG, L-BFGS-B, TNC, COBYLA, SLSQP, trust-constr, trust-ncg, trust-krylov, trust-exact.

Bu yöntemlerden SLSQP, CG, L-BFGS-B, TNC, trust-constr yöntemleri bu bölümde değerlendirilmiştir. Belirlenen amaç fonksiyonu ve kısıtlar kullanılarak Python SciPy kütüphanesi aracılığı ile yapılan çözümlemeler sonucunda elde edilen çözümler yöntem baz alınarak Şekil 7.7,Şekil 7.8,Şekil 7.9,Şekil 7.10 ve Şekil 7.11' de gösterilmiştir.



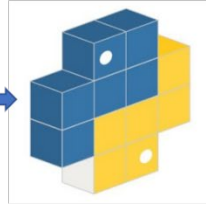
Şekil 7.19 L-BFGS-B yönteminin değerlendirilmesi

L-BFGS-B yöntemi bir önceki bölümde ilk girdi matrisinin değerlendirilmesi aşamasında iteratif olarak tüm elemanları 1 olan matris değerlendirilirken elde edilen ilk iterasyondaki sonuçla aynıdır

İlk Girdi Matrisi

1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

CG



Tahmin Matrisi

1	56	31	112
93	1	62	143
106	99	1	143
149	143	106	1

Gerçek Matris

0	100	50	50
50	0	100	150
100	50	0	200
200	150	50	0

RMSE

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (S_i^E - S_i^G)^2}{N}}$$

36.2

Tahmin Matrisi

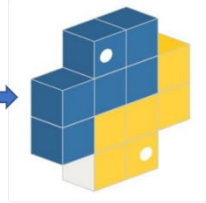
1	56	31	112
93	1	62	143
106	99	1	143
149	143	106	1

Şekil 7.20 CG yönteminin değerlendirilmesi

İlk Girdi Matrisi

1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

TRUST-CNSTR



Tahmin Matrisi

0	148	49	1
1	0	57	241
192	0	0	157
156	150	92	0

Gerçek Matris

0	100	50	50
50	0	100	150
100	50	0	200
200	150	50	0

RMSE

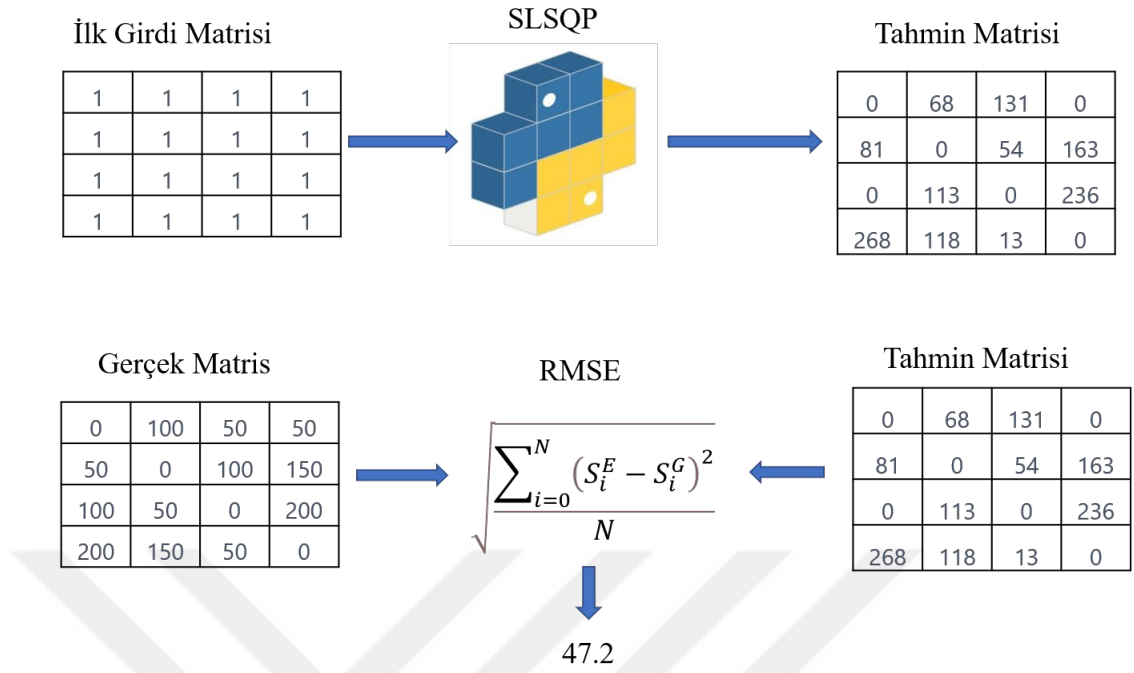
$$\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (S_i^E - S_i^G)^2}{N}}$$

45.9

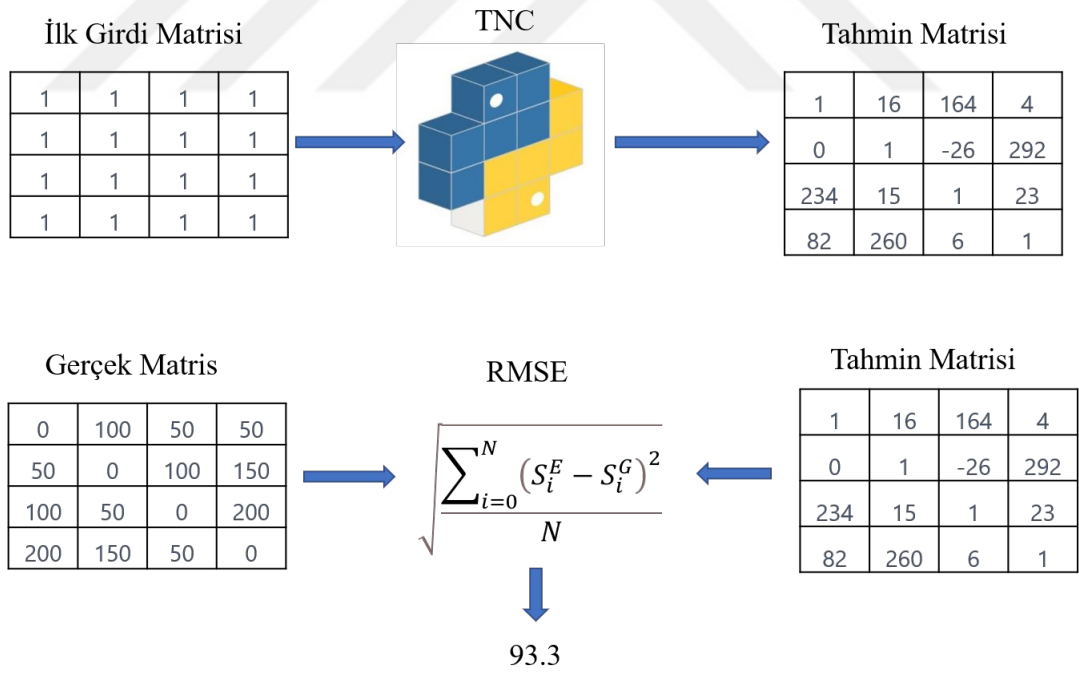
Tahmin Matrisi

0	148	49	1
1	0	57	241
192	0	0	157
156	150	92	0

Şekil 7.21 TRUST-CNSTR yönteminin değerlendirilmesi



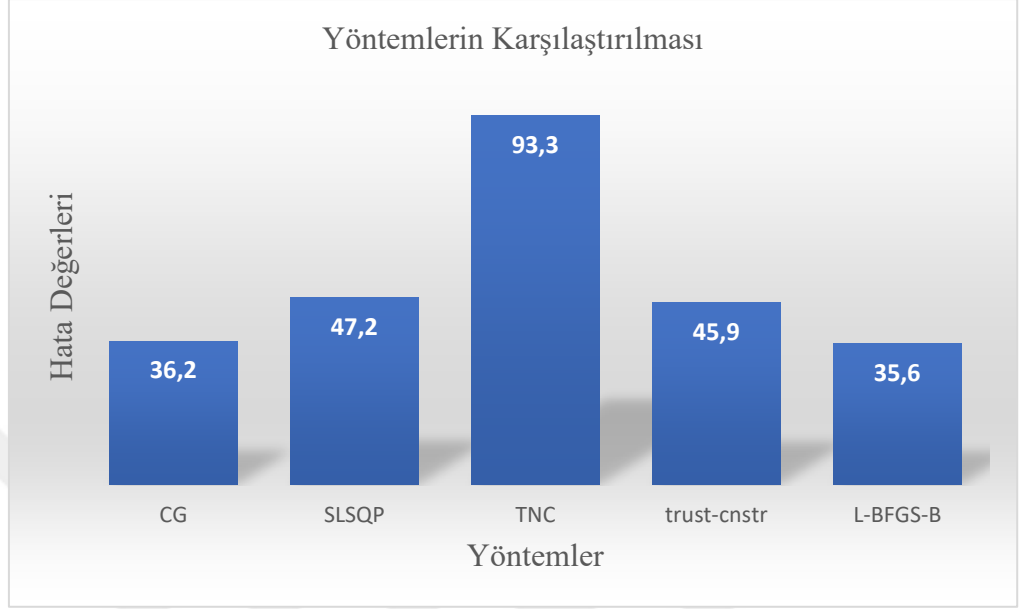
Şekil 7.22 SLSQP yönteminin değerlendirilmesi



Şekil 7.23 TNC yönteminin değerlendirilmesi

Bu yöntemlerden TNC yöntemi karar değişkenlerinin sınırlandırılmasına ihtiyaç duymamaktadır. Bu yüzden tahmin matrisinde negatif değerler çıkmaktadır. Yöntemler arasında gerçek matris değerlerine en yakın sonucu veren yöntem L-BFGS-

B yöntemidir. Yöntemlerin hata değerlerini Şekil 7.12' de gösterilmiştir. Hata Değerleri (6.2) formülü ile hesaplanmıştır.



Şekil 7.24 Yöntemlerin karşılaştırılması

8. SONUÇ VE ÖNERLER

Yöntemler karşılaştırılırken hata değerleri hesaplamak için (6.2) RMSE (Root-Mean Square Error) formülünden faydalanılmıştır. Değişken parametreler göre tahmin matrisleri elde edilmiş ve bu matrisler ile gerçek matris değerleri karşılaştırılmış ve hata değerleri (6.2) formülüne göre hesaplanmıştır. Buna göre:

İlk girdi matrisinin değerleri gerçek matrise ne kadar yakın olursa tahmin matrisi o kadar gerçek değerlere yakınsamaktadır.

İlk girdi matrisi olarak gerçek matris değerlerinin göreceli oransal değerlerine sahip matris alındığında hata değeri minimum olmakta ve gerçek değerlere ey yakın tahmin matrisi elde edilmektedir.

Birim matris ilk girdi matrisi olarak kullanıldığında çıkan tahmin matrisi girdi matrisi olarak kullanılıp yöntem tekrar çalıştırıldığında her iterasyon sonucunda hata değeri düşmekte ve belli iterasyon sonra tekrar artışa geçmektedir. Tepe noktası tespit edilerek optimum değer elde edilerek en uygun tahmin matrisi elde edilebilmektedir.

Değerlendirilen çözümleme yöntemleri karşılaştırıldığında hata değerinin en küçük hesaplandığı yöntem L-BFGS-B yöntemidir.

Amaç fonksiyonu lineer olmadığı için lineer yöntemler değerlendirilmemiştir.

Çözümleme yöntemlerinden TNC yöntemi karar değişkenlerinin sınırlandırılmasına izin vermediği için tahmin matrisinin değerleri negatif çıkabilmektedir. Negatif değerler ise B-S matrisinde olmaması gereken değerlerdir. Bu yüzden bu yöntem bu makale için doğru sonuçlar vermemektedir.

Çalışmada kullanılan ilk girdi matrisinin çeşitlendirilmesi ve yöntemlerin iterasyon sayılarının birkaç seviye daha ilerletip sonuçlarda ne gibi değişimler olabileceği sonraki çalışmalar için anlamlı olabilmektedir.

Çalışmada kullanılan rasgele oluşturulmuş B-S matrisi yerine gerçek verilerden elde edilmiş bir matris kullanılarak hem büyük çaplı verilerde hem de gerçek bir veri üzerinde ne gibi sonuçlar elde edilebileceği sonraki çalışmalar için anlamlı olabilmektedir.

Gelecekte bu alanda yapılacak başka bir çalışmada, elde edilen RMSE değerlerinin anlamlılık dereceleri araştırılarak yeni çalışmalarda kullanılması mümkündür.

KAYNAKLAR

- Akcelik, R. (2007). A review of gap-acceptance capacity models. *Conference Of Australian Institutes Of Transport Research*. Australia.
- Bell, M. (1983). The Estimation of an Origin-Destination Matrix from Traffic Counts. *Transportation Science*, 17, 198-217.
- C. Xie, K. K. (2010). Maximum Entropy Method for Subnetwork Origin-Destination Trip Matrix Estimation. *Transportation Research*, 2196(1).
- Caggiani, L. M. (2013). A Fixed Point Approach to Origin–Destination Matrices Estimation Using Uncertain Data and Fuzzy Programming on Congested Networks. *Transportation Research*, 28.
- Chiu, Y.-C. B. (2011). Dynamic traffic assignment. *Transportation Research Circular*.
- Ebrahim Nabizade Gangeraj, G. a. (2017). Estimation of Origin – Destination Matrix from Traffic Counts Based On Fuzzy Logic. *Civil Engineering Journal*, 3(11).
- Gong, Z. (1998). Estimating the urban OD matrix: A neural network approach. *European Journal of Operational Research*, 106(1), 108-115.
- Haneen Farah, S. B. (2009). A passing gap acceptance model for two-lane rural highways. *Transportmetrica*, 159-172.
- Marcela A.Munizaga, C. P. (2012). Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin–Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, 9-18.
- Nurul Nasuha Nor Azlan, M. M. (2017). Overview Of Application Of Traffic Simulation Model. *MATEC Web of Conferences*. Parit Raja.
- Oregon Department of Transportation. (2020). *Analysis Procedures Manual*. U.S. Department of Transportation.
- Rao, S. B. (2011). Estimation of origin-destination matrix from traffic counts: the state of the art. *European Transport*, 49, 3-23.
- Remya K P, S. M. (2013). OD Matrix Estimation from Link Counts Using Artificial Neural Network. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(5).
- Rodney Tolley, B. J. (1995). A Geographical Approach. *Transport Systems, Policy and Planning*.

- Rodrigue, D. J.-P. (2020). *The Geography of Transport Systems* . New York: Routledge .
- Sudakov, V. (2021). Improving Air Transportation by Using the Fuzzy Origin–Destination Matrix. *Mathematics*, 9, 1236.
- Trolley, R. v. (1995). *Transport Systems, Policy and Planning, A Geographical Approach* . England.
- Tsekeris, h. T. (2011). Demand Forecasting in Transport: Overview and Modeling Advances. *conomic Research-Ekonomska Istraživanja*, 82-94.
- Van Zuylen, H. v. (1980). The most likely trip matrix estimated from traffic counts. *Transportation Research*, B14, 281-293.
- Wilson, A. O. (1969). The Use of Entropy Maximizing Models in the Theory of Trip Distribution, Modal Split and Route Split. *Journal of Transport Economics and Policy*, 2(1), 108-126.

ÖZGEÇMİŞ

İlk öğrenimini Sinop'ta, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2015 yılında girdiği Trakya Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı Bölümünden 2017 yılında mezun oldu. 2018 yılında girdiği İstanbul Kültür Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden 2020 yılında mezun oldu. 2010 yılında girdiği İstanbul Emniyet Müdürlüğünde halen görev yapmaktadır.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Tengirşek İ, Delice Y. (2022). Initial Matrix and Solving Methods Effect on Estimation of OD Matrix. *4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences* (pp. 1455-1460). Konya: Icaens.