

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

ULAŞIM HİZMETLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK
OPTİMİZASYON TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Lütfiye Özge ORAL

Danışman

Prof. Dr. Vahap TECİM

İZMİR- 2015

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Ulaşım Hizmetlerinin Geliştirilmesine Yönelik Optimizasyon Tekniklerinin Kullanılması Üzerine Bir Çalışma” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../.....

Lütfiye Özge ORAL

İmza

ÖZET

Doktora Tezi

Ulaşım Hizmetlerinin Geliştirilmesine Yönelik Optimizasyon Tekniklerinin Kullanılması Üzerine Bir Çalışma

Lütfiye Özge ORAL

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ekonometri Anabilim Dalı

Ekonometri Programı

Metropolitan bölgelerde nüfus gelişimine paralel olarak ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik çalışmalar gerek yerel yönetimler ve gerekse merkezi yönetimler için büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla yerel yöneticiler ve uzmanlar tarafından ulaşım modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Ulaşım modelleme çalışmaları içerisinde tür seçimi aşaması önemli bir yere sahiptir. Gerek bireysel gerekse toplu ulaşım imkanlarının ortaya konulduğu bu aşamada, ulaşım hizmetlerinin nasıl gerçekleştirildiği, karar vericilerin ve şehirde yaşayan bireylerin ulaşım hizmetlerinden beklentilerinin neler olduğu dikkate alınmaktadır. Ulaşımda, yolculukların ve yolculuk edenlerin özellikleri tür seçimini etkileyen faktörler olarak ele alınmaktadır.

Tez kapsamında, kent içi ulaşımında toplu ulaşımın önemi ve entegrasyonu, mevcut durumdaki ve geçmişte yapılan ulaşım planları ve bunların başarısı hakkında bilgilendirme yapma, kentiçi ulaşım hizmetlerini belirlemede ihtiyaç duyulacak parametrelerin tespiti yapılmıştır. Çalışma alanındaki nüfusun günlük yolculukları dikkate alınarak tür seçiminde etkili olan parametreler ortaya konulmuştur. Günlük seyahat davranışlarından hareketle belirlenen bölgelerde yolculuklar simüle edilerek en uygun sonuca ulaştıracak kent içi ulaşım yapısı önerilmiştir.

Ulaşım hizmetlerinin verimliliğini artırmak amacıyla kent içi ulaşımındaki tür seçiminin belirlenmesinde izlenen model ortaya konulmuştur. Çalışma alanı

kapsamında tür seçimini etkileyen faktörler veri madenciliği yöntemlerinden karar ağaçları süreç modeli takip edilerek ortaya konulmuştur. Elde edilen faktörlerle zamana göre ulaşım araçlarının değişimi için çok etmenli trafik simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonun mekansal olarak gösteriminde coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılmıştır. Ayrıca kullanılan tür seçim modeli hakkında da bilgi verilmiştir. Elde edilen sonuçlar farklı günlük yolculuklar, bireysel özellikler gibi farklı etmenler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Bireysel seyahat hareketlerinin ve davranışlarının, ulaşım türü seçimi üzerindeki etkilerinin çok etmenli simülasyon yardımıyla karar vericiler için belirlenmesinin faydalı olduğu sonucu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım, Tür Seçimi, Karar Ağaçları, Çok Etmenli Simülasyon, Karar Verme, CBS

ABSTRACT
Doctoral Thesis
Doctor of Philosophy (PhD)
A Study For The Development of Transportation Services by Using
Optimization Techniques
Lütfiye Özge ORAL

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Econometrics
Econometrics Program

Studies about development and improvement of transportation systems are great importance for both local authorities and central government in conjunction with growth of population in Metropolitan Areas. As a result, transport modelling studies are performed. Mode choice step in transportation modelling has an important position. Both individual and public transport opportunities as set out at this step, how to perform transportation services and what are the expectations of decision makers and individual living in the city from transportation services are taken into account. Travels and characteristics of travelers are considered as factors affecting the mode choice in transportation.

Importance and integration of public transportation in urban transportation, current and past transportation plans and their achievements, and determining of parameters that will be needed in urban transport services are the subjects that are insisted on this study. The parameters which influence on the mode choice were put forward with daily trip information of population. Trips were simulated with daily trip behaviors in determinated regions. By this way, optimal results for urban transportation structure can be achieved.

In order to improve the efficiency of transportation services, a model was adopted for determining the mode choice in urban transport. The factors affecting the mode choice were discovered with decision trees which is the one of the methods of data mining by following knowledge process model. The change

of transportation mode according to time was determined with multi-agent traffic simulation. This simulation has been a spatial representation with geographical information systems. In addition, there was an information about selected mode choice model.

Effects of individual behavior and movements on mode choice has been demonstrated to be useful for decision makers with the help of multiagent simulation.

Keywords: Transportation, Mode Choice, Decision Trees, Multi-Agent Simulation, GIS

**ULAŞIM HİZMETLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK
OPTİMİZASYON TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI ÜZERİNE BİR
ÇALIŞMA**

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
KISALTMALAR.....	xi
TABLOLAR LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
EKLER LİSTESİ	xv
 GİRİŞ.....	 1

BİRİNCİ BÖLÜM

ULAŞIM TALEBİNDE TÜR SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ

1.1. ULAŞIM KAVRAMI.....	3
1.2. ULAŞIM ÇALIŞMALARI KAPSAMINDA TOPLU ULAŞIM.....	7
1.2.1. Dünya'daki Ulaşım Çalışmalarının incelenmesi.....	7
1.2.2. Türkiye'deki Toplu Ulaşım Çalışmalarının İncelenmesi.....	8
1.3. ULAŞIM MODELLEMESİ.....	16
1.4. ULAŞIMDA TÜREL AYRIM MODELLERİ	18
1.4.1. Bireysel (Tekilcil) Tür Seçim Modelleri.....	25
1.4.1.1. Rastlantısal Fayda Teorisi.....	26
1.4.1.2. Lojit Modeller	28
1.4.1.2.1. İki Terimli Lojit Model.....	28

1.4.1.2.2.Çok Terimli Lojit Model	29
1.4.1.2.3.İç içe Geçmiş (Nested) Lojit Model	30
1.4.1.3. Tür Seçim modellerinin Tahminlenmesi.....	31
1.4.1.4. Probit Modeller	32
1.4.1.5. Genelleştirilmiş Uç Değer Modelleri	32
1.4.2. Birleştirilmiş Ulaşım Talep Modelleri	32
1.4.3. Tür Seçim Modellerinin Karşılaştırılması.....	33

İKİNCİ BÖLÜM

VERİ MADENCİLİĞİ VE ULAŞIM

2.1. VERİ MADENCİLİĞİ TANIMI	35
2.2. VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ.....	38
2.2.1. Sınıflandırma.....	39
2.2.2. Kümeleme	40
2.2.3. Sıralı (Ardışık) Örüntü Keşfi.....	41
2.2.4. Regresyon.....	42
2.3. SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİNDEN KARAR AĞAÇLARI	42
2.4. VERİ MADENCİLİĞİNDE KULLANILAN YAZILIMLARI	48
2.5. VERİ MADENCİLİĞİNDE STANDART SÜREÇ MODELİ.....	50
2.6. ULAŞIMDA VERİ MADENCİLİĞİ	57

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYON İLE ULAŞIM TALEPLERİNİN MODELLENMESİ

3.1. SİMÜLASYON	59
3.2. ULAŞIMDA SİMÜLASYON	60

3.2.1. Trafik Simülasyon Modelleri	61
3.2.2. Ulaşım Odaklı Simülasyon Sistemleri Örnekleri	65
3.3. ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYON	66
3.3.1. Etmen Tanımı Ve Özellikleri	66
3.3.2. Çok Etmenli Simülasyon.....	68
3.3.3. Çok Etmenli Simülasyon Uygulamaları.....	71
3.3.4. Çok Etmenli Simülasyon Yazılımları	72
3.3.5. Çok Etmenli Trafik Simülasyon Yazılımı olarak MATSIM'in Yapısı ...	74
3.4. TOPLU ULAŞIM TÜRÜ SEÇİMİNDE ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYON	82

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ULAŞIM TÜR SEÇİMİ BELİRLENMESİ İÇİN ÖNERİLEN MODEL

4.1. ÖNERİ MODELİN ŞEMASI	84
4.2. ÇALIŞMA ALANININ BELİRLENMESİ	86
4.3. ÇALIŞMA ALANI KAPSAMINDAKİ VERİLERİN YAPISININ ORTAYA KONULMASI.....	87
4.4. VERİ MADENCİLİĞİYLE FAKTÖRLERİN ORTAYA KONULMASINDA SÜREÇ MODELİNİN UYGULANMMASI.....	89
4.4.1. İşletmenin / Problemin Anlaşılması	89
4.4.2. Verinin Anlaşılması.....	90
4.4.3. Verinin Hazırlanması	91
4.4.3.1. Verinin Seçimi	91
4.4.3.2. Verinin Temizlenmesi	91
4.4.3.3. Verinin filtrelenmesi	92
4.4.3.4. Verinin Dönüşümü	93
4.4.3.5. Verinin Yapılandırılması.....	94

4.4.4. Modelleme.....	96
4.4.5. Değerlendirme.....	99
4.4.6. Dağıtım.....	100
4.5. ÇALIşMA ALANINA İLİşKİN GELECEğE İLİşKİN MEKANSAL ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYONUN YAPILMASI	101
4.6. ÇALIşMANIN SONUÇLARININ ORTAYA KONULMASI.....	107
SONUÇ	111
KAYNAKÇA.....	115
EKLER.....	125

KISALTMALAR

ALBATROS	A learning Based Transportation Oriented Simulation System (Öğrenmeye dayalı ulaşım odaklı simülasyon sistemi)
BKS	Bilgi Keşfi Süreci
BM	Beklenti Maksimizasyonu
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAR	Class Association Rules (Sınıf Birliktelik Kuralı)
CART	Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları
CATS	Chicago Ulaşım Çalışmaları
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CRISP-DM	Cross-Industry Standard Process for Data Mining (Veri Madenciliği için Sektörler arası Standart Süreci)
ÇES	Çok Etmenli Simülasyon
GIS-T	Geographical Information System in Transportation (Ulaşım Coğrafi Bilgi Sistemleri)
ILUMASS	Integrated Land Use Modelling and Transportation System Simulation (Entegre Arazi Kullanımı Modelleme ve Ulaşım Sistemi Simülasyonu)
İBŞB	İzmir Büyükşehir Belediyesi
KA	Karar Ağacı
MATSim	Multi Agent Transportation Simulation (Çok Etmenli Ulaşım Simülasyonu)
s.	Sayfa No
SAMBA	Spatial Analysis and Modelling Based on Activities
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi)
TRESIS	Transportation and Environment Strategy Impact Simulator
xml	Extensible Markup Language (Genişletilebilir İşaretleme Dili)

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Şehir Alt Sistemlerinin Değişim Hızlarına Göre Gruplanması	3
Tablo 2: Dünyadaki Ulaşım Çalışmalarından Örnekler	7
Tablo 3: Kentlerimize Ait Ulaşım Planlama Çalışmalarının Kapsamı	10
Tablo 4: İzmir Kentiçi Ulaşım Planlama Çalışmalarına Ait Bazı Sonuçlar.....	12
Tablo 5: İzmir Kentiçi Ulaşım Planlama Çalışmaları Kapsamında Yapılan Analizler.....	13
Tablo 6: 2007 yılı İzmir Merkez Kentteki Günlük Toplam Yolculuklar.....	14
Tablo 7: İzmir Ulaşım Planı Kapsamında Mevcut Trafik Sorunları.....	15
Tablo 8: Bireysel Tür Seçim Modellerinin Karşılaştırılması.....	34
Tablo 9: Karar Ağacında Kullanılan Algoritmalar	46
Tablo 10: Açık Kaynak Kodlu Veri Madenciliği Yazılımlarının Karşılaştırılması ...	49
Tablo 11: Veri Madenciliği Süreci Adımları	50
Tablo 12: BKS Modellerinin Karşılaştırılması	53
Tablo 13: Açık Kaynak Kodlu ÇES Yazılımları.....	72
Tablo 14: MATSim’de Kullanılabilen Dosya Tipleri	76
Tablo 15: 2007 Hanehalkı Anketine göre İzmir İlçelerinin Yolculuk Bilgisi Dağılımı	88
Tablo 16: Çalışma Kapsamında Dikkate Alınan Değişkenler	91
Tablo 17: Verinin Dönüştürülmesi	94
Tablo 18: Rapidminer Değişken Tanımlaması	95
Tablo 19: Ulaşım Tür Seçimini En çok Etkileyen Faktörler.....	99
Tablo 20: Buca İlçesi ve İzmir Merkez İlçeleri İçin Tür Seçimini Etkileyen Faktörler	101
Tablo 21: XML Girdi Dosyalarının İçerikleri.....	102
Tablo 22: Plan Skorları Hesaplama için Değerler.....	104

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Dört Aşamalı Ulaşım Talep Modeli.....	17
Şekil 2: Tür Seçim Sürecinde Etkili Olan Faktörler ve Yolculuk Yönleri	21
Şekil 3: Tür Seçim Modelleri Sınıflandırılması.....	23
Şekil 4: Toplulaştırılmış Tür Seçim Modelleri	24
Şekil 5: Çok Terimli Türel Ayrım Modelleri.....	29
Şekil 6: Çok Terimli İç İç Geçmiş Modelin Örneği.....	30
Şekil 7: Tür Seçim Modelleri.....	33
Şekil 8: Veri Madenciliği Yöntemleri.....	39
Şekil 9: Karar Ağacı Yapısı	43
Şekil 10: CRISP-DM Süreç Modeli Aşamaları	54
Şekil 11: Trafik Simülasyon Modelleri.....	62
Şekil 12: Mikrosimülasyon Modüllerinin Kentsel Değişim Süreçleri.....	64
Şekil 13: Etmen ve Çevre İlişkisi.....	69
Şekil 14: Etmenlerin Roller ve Etkileşimleri	70
Şekil 15: MATSim Simülasyon Adımlar	79
Şekil 16: İterasyonlar Sonucunda Ortalama Skorlar Tablosu	80
Şekil 17: Bireyin Hareketlerinden Oluşan Olayların Gösterimi	81
Şekil 18: Öneri Modelin Yapısı	84
Şekil 19: Modelin Aşamaları Hakkında Ayrıntılı Bilgi	85
Şekil 20: İzmir Merkez İlçelerine Ait Toplu Ulaşım Ağı ve 2007 Nüfus Dağılımı ..	87
Şekil 21: 2009 Yılı İlçe Ayrımına Göre İzmir Merkez İlçelerindeki Yolculuk Sayıları.....	89
Şekil 22: İzmir'e Bağlı Buca İlçesinin Konumu	92
Şekil 23: Buca'daki Bir Günlük Yolculukta Kullanılan Tüm Ulaşım Türleri.....	94
Şekil 24: Veriyi al (Retrieve) Operatörü ve Parametresi	96
Şekil 25: Karar Ağacı Operatörü ve Parametresi	97
Şekil 26: Rapidminer Programında Karar Ağacı Sürecine ait Ekran Görüntüleri	98
Şekil 27: Buca İlçesi İçin Karar Ağacı Yapısı	98
Şekil 28: Yol Ağı Dosyası	103
Şekil 29: Bir Kişinin Günlük Faaliyeti	104
Şekil 30: Simülasyonun Adımları	105

Şekil 31: Simülasyonun Yapısı	106
Şekil 32: Bir Kişinin Günlük Yolculuğu.....	108
Şekil 33: Günlük Faaliyetlerinin Değişimi	109
Şekil 34: İterasyon ve Sonuçların Gösterimi	110

EKLER LİSTESİ

EK 1: Buca İlçesi için Karar Ağacı Yapısı

ek s.1

GİRİŞ

Metropolitan bölgelerde nüfus gelişimine paralel olarak ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik çalışmalar gerek yerel yönetimler ve gerekse merkezi yönetimler için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmalar ulaşım planı, ulaşım etüdleri olarak nitelendirilip şehrin kısa, orta ve uzun vadeli dönemlerde ulaşım hizmetlerinin ne yönde gelişmesi gerektiğini karar vermeye yardımcı olmak üzere tasarlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda, veri güncelliği, yeterli veri olmaması ve veri toplamadaki eksiklikler gibi çalışma alanından kaynaklanan sorunlar nedeniyle problemin çözümünde önemli problemler yaşanmaktadır.

Bu tezle mevcut durumda toplu ulaşım hizmetlerinin nasıl gerçekleştirildiği, karar vericilerin ve şehirde yaşayan bireylerin ulaşım hizmetlerinden beklentilerinin neler olduğu dikkate alınarak gelecekte yatırım kararlarının entegre bir şekilde yapılmasına imkan verecek bir örnek sistem oluşturulması hedeflenmektedir.

Tez kapsamında ulaşım hizmetlerinin niteliğini belirlemeye katkısı olan parametreler belirlenerek bu parametrelerdeki değişikliklerin toplu ulaşım hizmetlerinde ne gibi gereksinimlere yol açacağını ortaya konması amaçlanmaktadır.

Mevcut durumdaki ulaşım hizmetleri ve bunları etkileyen parametreler dikkate alınarak öncelikle çalışma alanında ilgili kurumlarca yapılmış olan ulaşım planlarındaki kısa, orta ve uzun vadeli hedefler incelenmiştir. Bu çalışmalarda toplu ulaşım hizmet eden tüm toplu ulaşım araçları dikkate alınıp bunların birbirleriyle olan entegrasyonlarının geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu ulaşım araçlarının teknik ve fiziksel olarak ne gibi gereksinimlere ihtiyaç duydukları ortaya konulduktan sonra yatırım kararlarının nasıl alınması gerektiği hakkında bir sistem önerilmektedir.

Mevcut durumdaki günlük seyahat davranışlarından hareketle belirlenen bölgelerde yolculuklar simüle edilmektedir. Simulasyon sonuçlarından hareketle en uygun sonuca ulaştıracak kentiğin ulaşım yapısına nasıl ulaşılabileceği hakkında bilgiler ortaya konulmaktadır.

Simülasyon yapılırken belirli dönemlerde elde edilen sonuçlardan çeşitli istatistikler elde edilebilecek bir sistem önerilmektedir.

Tez kapsamında;

- Kentiçi ulaşımında toplu ulaşımın önemi ve entegrasyonu,

- Mevcut durumdaki ve geçmişte yapılan ulaşım planları ve bunların başarısı hakkında bilgilendirme yapma,
- Kentiçi ulaşım hizmetlerini belirlemede ihtiyaç duyulacak parametrelerin tespiti,
- Mevcut durum üzerine, simülasyon tekniği kullanılarak parametrelerdeki değişimler tahminlenmektedir.

Kullanılacak parametrelerin belirlenmesinde veri madenciliği, zamana göre ulaşım araçlarının değişiminde çok etmenli simülasyon yöntemi ve mekansal olarak gösteriminde coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılacaktır.

Tezin hipotezinde, bireysel seyahat hareketlerinin ve davranışlarının, ulaşım türü seçimi üzerindeki etkilerinin çok etmenli simülasyon yardımıyla karar vericiler için belirlenmesinin faydalı olduğu ortaya konulmaktadır.

Birinci bölümde ulaşım kavramı, toplu ulaşımın önemi, ulaşım talepleri modellenirken tür seçiminin önemi, tür seçimini etkileyen faktörlerin ortaya konulması ve çalışma alanında yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde, veri madenciliği yöntemleri incelenmiş ve ulaşım alanında kullanılma alanlarına değinilmiştir. Ayrıca bir veri madenciliği çalışması yapılırken bir süreç modelinin takip edilmesinin önemine vurgu yapılmıştır. Üçüncü bölümde etmen bazlı simülasyonun özellikleri ve çok etmenli simülasyonun ulaşımında nasıl kullanılabilceği tartışılmıştır. Dördüncü bölüm ise ilk üç bölümde ele alınan konular çerçevesinde ulaşım hizmetlerinin verimliliğini artırmak amacıyla kent içi ulaşımındaki tür seçiminin belirlenmesinde izlenen model ortaya konmuştur. Çalışma alanı kapsamında tür seçimini etkileyen faktörlerin veri madenciliği yöntemlerinden karar ağacıyla ortaya konulması ve elde edilen faktörlerle çok terimli trafik simülasyonunun yapılması ve bunu yaparken dikkate alınan tür seçim modeli hakkında bilgi verilmiştir. Elde edilen sonuçlar farklı etmenler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ULAŞIM TALEBİNDE TÜR SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ

1.1. ULAŞIM KAVRAMI

Ulaştırma, “insan ya da yükleri, bir yerden başka bir yere, fayda sağlama amacıyla istenilen koşullar altında taşıması” olarak tanımlanmaktadır (İlçalı ve diğerleri, 2009). Ayrıca sosyal ve kültürel faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, etkin ulaşım olanaklarının sağlanmasıyla mümkündür (Oral, 2000). Ulaşım, karayolu, demiryolu, deniz yolu ve hava yolu alt sistemlerinden oluşmaktadır. Bu alt sistemler ekonomiklik, hız ve güvenlik ölçütlerine göre farklı yapılara ve üstünlüklere sahiptirler. Hava yolu ve kara yolu, deniz yolu ve demir yoluna göre daha pahalı ve daha hızlıdır ancak deniz yolu ve demir yolu ise daha güvenlidir. Tüm bu ulaşım alt sistemleri birbirleriyle entegre bir şekilde geliştirilmesi gerekmektedir.

Wegener (2004)’te belirttiği gibi şehirler; ağlar, arazi kullanımı, işyeri, istihdam, konut, yük taşıma, seyahat ve çevreden olmak üzere dokuz farklı alt sistem tanımlanmıştır. Bunlardan sekiz tanesinin değişim hızlarına göre yavaştan hızlıya göre Tablo 1’de sıralamak mümkündür. Ancak bunlardan çevre çok karmaşık yapı göstermektedir. Trafik gürültüsü ve hava kirliliği gibi durumlar günlük aktivitelerden kaynaklanmakta iken, su ve toprak kirliliği uzun zamanda ortaya çıkmaktadır.

Tablo 1: Şehir Alt Sistemlerinin Değişim Hızlarına Göre Gruplanması

Değişim Hızı	Alt Sistemler
Çok Yavaş Değişim	Ağlar, Arazi Kullanımı
Yavaş Değişim	İş Yeri, Konut
Hızlı Değişim	İstihdam, Konut
Her An Değişim	Yük Taşıma, Yolculuk

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Konut, sanayi ya da ticari gibi arazi kullanımları, yaşama, çalışma, alışveriş, eğitim ve serbest zaman gibi birey aktivitelerinin konumlarını belirlemektedir. Birey

aktivitelerinin dağılımı, faaliyetlerin konumları arasındaki mesafenin üstesinden gelmek için mekânsal etkileşimi veya ulaşım sistemindeki yolculukları zorunlu kılmaktadır. Bu yolculuklar dakikalar ya da saatler içerisinde talebi değiştirebilmektedir (Wegener, 2004).

Belirli bir alandaki yolculuk toplam sayısı ve nüfus arasındaki ilişkiye bağlı olarak kişi başına yolculuk sayısı ortaya konulabilmektedir. Nüfus bilgileri ve ilgili alanda yapılan hanelhalkı ve yolculuk anketi çalışmalarından elde edilen yolculuk miktarlarıyla, kişi başına yolculuk sayıları elde edilebilmektedir.

Planlama, bir sistemin oluşturulması, geliştirilmesi ya da bu sistemle ilgili sorunların giderilmesi için, belirli kısıtlar altında hedef ve amaçlara en uygun (optimum) çözümü sağlayan yapısal ve işletmesel çözümlerin, mekan ve zaman içindeki düzenleme işidir. Ulaşım planlaması ise, geliştirilmesi oldukça kapsamlı ve çok disiplinli olup arazi kullanım kararlarına uygun olarak teknik ayrıntılı bir çalışma gerektirmektedir. Geliştirilen ulaşım planlarının uygulanması ise siyasi otoritenin kararıyla gerçekleşir. Bu bağlamda, zaman zaman siyasi kararlar, teknik çözümlerin önüne geçebilmekte ve uygulamayı doğrudan etkilemektedir (İlıcılı ve diğerleri, 2009). Ulaşım planlamasında, kullanılan ulaşım türü seçimi önemli bir unsurdur.

Toplu ulaşımında kar elde etmek öncelikli bir kavram olmamasına rağmen, zarara uğranmak istenmez. Dolayısıyla atıl bir ulaşım sistemi yerine, ulaşım talebini karşılayacak şekilde ulaşım planlarına çalışmaları yapılmalıdır. Ayrıca bireylerin ulaşım ile elde edecekleri faydalar da çeşitlilik gösterebilmektedir.

Yolculuk kavramı, ulaşım talebinin bir ürünüdür. Yolculuk isteklerini yaratan unsurlar; toplumsal yapı özelliklerine ait unsurlar, ekonomik yapı özelliklerine ait bilgiler, demografik yapı verileri, arazi kullanış bilgileri, fiziksel ve doğal yapıya ait bilgiler ve konum ve üst bölge bilgiler olarak sıralanabilir.

Yolculuklar farklı yapılarda gerçekleştirebilir. Jannson (2001)'de belirttiği gibi ulaşım organize edilirken üç temel yapı bulunmaktadır. Bunlar; kendi ulaşım aracını kullanmak, başka bir ulaşım aracını kiralamak ve tarifeli bir toplu ulaşım aracı içerisinde yer kiralamaktır. Yaygın olarak kendi ulaşım aracı ve toplu ulaşım aracı daha çok tercih edilen yapılardır. Toplu ulaşım sistemleri, kent içinde arabayla ulaşım sistemlerinden daha çok kapasiteye sahiptirler. Ayrıca toplu ulaşım maliyeti azaltıcı bir aktivitedir.

Özel taşıt kullanmak gerçekleştirilecek faaliyete göre tercih edilebilir bir ulaşım aracı olabilmekle beraber en düşük maliyetli ulaşım türü olmayabilir. Özel taşıt sahipliğinin halen hızla arttığı metropol kentlerinde, ulaştırma sistemi kullanıcılarının özel taşıt kullanmak yerine toplu ulaşımı tercih etmelerinin sağlanması için ulaşım türü seçiminde etkin bileşenleri doğru performans ölçütleri ile ortaya koymak, günden güne daha çok önem kazanmaktadır (Özuysal, 2010).

Toplu ulaşım türleri, özel ulaşımdan daha etkin bir şekilde yolların kullanılmasını sağlamaktadır (Ilıcalı, 2009). Toplu ulaşım araçları olarak dolmuş, otobüs, trolleybüs, metrobüs, servis, funiküler, tramvay, metro, hafif metro, banliyö, monoray, vapor ve feribotu tanımlanmaktadır. Toplu ulaşımın kullanımının artması yollardaki yoğunluğun, kazaların ve yolculuk maliyetlerinin azalmasına neden olacaktır. Sosyal maliyetleri azalmasına neden olan toplu ulaşım, doğal kaynakların tükenmesi ve çevre kirliliğinin artmasıyla önemini artırmaktadır (Kang ve diğerleri, 2010). Buna karşın özel araç kullanımı, daha esnektir, daha rahattır ve erişilebilirliği daha iyidir.

Toplu ulaşım, özel araç kullanımı için otopark kapasiteleri veya bunların düzenlenmesinde yaşanan problemlerin azalması, özel araçlarla ulaşılabilir ve erişilebilirliğin uygun olmadığı, toplu ulaşım biletlerinin ucuz olduğu, ulaşım süresini azalttığı ve çevresel etkilerin az olduğu durumlarda yapılabilir.

Ulaştırma yönelik öncelik ve tercihler belirlenirken, ekonomik ve kültürel önceliklerin yanı sıra, değerlendirilmesi gereken diğer özellikler; (Ilıcalı ve diğerleri, 2009)

- Toplu taşımaya öncelik veren ulaştırma sistemi,
 - Kentin dışında yeni alt kentler kurmaya ya da mevcut kentsel alanların yenilenmesine yönelik arazi kullanım tercihleri,
 - Kentsel mekana ilişkin kültürel anlayışlar şeklinde sıralanabilir.
- Bu amaçlara erişmeye olanak verecek hedef ve politikalar ise;
- Taşıtlara değil insana öncelik veren,
 - Yatırım ve işletmecilikte kaynakların verimli ve etkin kullanımını sağlayan,
 - Mevcut ulaşım altyapısının kapasitesini en üst düzeyde kullanan,
 - Çevresel, kentsel, insani ve tarihi değerleri bozmayan aksine koruyan ve destekleyen,

- Toplumun farklı kesimleri arasındaki eşitliği sağlamada katkıda bulunan,
- Modern teknolojileri kullanan ulaşım türlerinin kullanılması şeklinde olmalıdır.

Sıralanan hedef ve politikalara uygun düşen ve amaçları sağlayan ulaşım türü toplu ulaşımıdır (İlcalı ve diğerleri, 2009). Ancak toplu ulaşım sistemlerinde de birçok sorunla karşılaşılabilir. Toplu ulaşım sistemlerinde durak sayısının düşük oranda olması nedeniyle kaçan toplu ulaşım araçları beklerken geçen zaman nedeniyle transfer sürelerinde problemler yaşanabilir. Bu problemler rasyonel olmayan yol ağı ve duraklardan, düşük yoğunluklu toplu ulaşım ağlarından ve şehirde yaşayan kişilerin yolculuklarıyla örtüşmeyen yol ağı dağılımından kaynaklanabilir. Toplu ulaşım sistemlerinde temel fonksiyon olan yol ağının optimum olması toplu ulaşım akışını artırır ve daha ekonomik ve etkili ulaşım yönteminin kurulmasını sağlar (Yongzheng, Xuepin ve Ruifen, 2009).

Toplu ulaşım ağının en temel hedefi mümkün olduğunca kentte yaşayanların yolculuklarıyla ilgili ihtiyaçlarını karşılamaktır. Şehirde yaşayanların ihtiyaçlarını etkileyen üç temel faktör; transfer sayısı, yolculuk uzunluğu ve yolculuk süresidir (Yongzheng ve diğerleri, 2009). Bu faktörlerin sayısının çok olması kişilerin farklı toplu ulaşım türlerine yönelmesine neden olacaktır.

Ulaşım plancılarının ve politikacıları için gelecekteki tehdit, trafiği arttırmayan daha kişisel ve özellikle ekonomik aktiviteleri sağlamaktır. Avrupa'daki enerji politikaları sayesinde daha az enerji tüketim ile ekonomik büyüme başarılmıştır. Bu durum daha sürdürülebilir ulaşım sistemleri, yoğun şehirlerde ve daha fazla yolculuk bilgisiyle ulaşım sektöründe başarılabılır (Ahrens, 2009).

Dünya Bankasının yaptığı araştırmalar göstermektedir ki ulaşım talepteki büyüme, ekonomik büyüme oranından yaklaşık iki kat daha büyüktür. Ulaşım, ekonomik gelişmenin önemli bir temelidir. Kentsel toplu ulaşım, tüm dünyada ekonomik gelişmenin önemli bir bileşenidir (Jingjing ve diğerleri, 2009). Eğer şehirler ekonomilerini geliştirmek istiyorlarsa, kendi toplu ulaşım sistemlerini sağlıklı bir şekilde geliştirmelidir (Jingjing ve diğerleri, 2009).

1.2.ULAŞIM ÇALIŞMALARI KAPSAMINDA TOPLU ULAŞIM

Ülkemizde ve Dünya’da ulaşım planlaması çalışmaları kapsamında farklı ölçek ve yapıda ulaşım çalışmaları yapılmaktadır. Bunlardan birkaçı ayrıntılı olarak incelenmiştir.

1.2.1. Dünya’daki Ulaşım Çalışmalarının İncelenmesi

Dünya genelinde kentsel ölçekte 2010 yılına kadar yapılan çeşitli ulaşım çalışmaları incelenmiştir. Bunlar Tablo 2’de sıralanmıştır.

Tablo 2: Dünyadaki Ulaşım Çalışmalarından Örnekler

Plan Adı	Yıl
Los Angeles Bölgesinde Ulaşım (The Citizens Traffic and Transportation Committee, 1957)	1957
Boulder Şehri Ulaşım Planı 2008 (LSA Associates Inc.,2003)	2003
Ottawa 2020 Ulaşım Planı (Ottawa Şehri Planlama ve Gelişme Yönergesi Bölümü, 2003)	2003
Fort Collins Ulaşım Master Planı 2025 (PBSJ, 2004)	2004
Kingston Ulaşım Master Planı 2026 – Sonuç Raporu (Dillan Consulting Limited, 2004)	2004
Tokyo, Jakarta, Manila ve Hiroshima Ulaşım Konuları ve Gelecek Durumları (Soehodho ve diğerleri, 2005)	2005
Greater Sudbury Şehir Ulaşım Çalışma Raporu 2021 (Earth Tech Inc, 2005)	2005
Guelph-Wellington Ulaşım Çalışması 2021 (Paradigm Transportation Solutions Limited ve diğerleri, 2005)	2005
Kyle Şehri Ulaşım Master Planı 2030 (Lockwood, Andrews & Newnam, Inc., 2005)	2005
New Albany Inner-City Grid Ulaşım Çalışması (Entran, Plc., 2007)	2007
2030 Kolombiya Bölgesi Ulaşım Çalışmaları Organizasyonu (CATSO) Uzun Dönemli Ulaşım Planı (Kolombiya Planlama ve Geliştirme Departmanı, 2008)	2008
Alexandria Şehri Kapsamlı Ulaşım Master Planı 2030 (City of Alexandria (2008)	2008
Edmonton Şehri Ulaşım Planı 2040 (City of Edmonton Transportation Planning, 2009)	2009
Küçük ve Orta Ölçekli Şehirler için Avrupa Yüksek Kaliteli Toplu Ulaşım Yönergesi (Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaşım Genel Müdürlüğü, 2009)	2009
Crabtree Vadisi Ulaşım Çalışmaları 2035 (The Louis Berger Group, Inc, 2010)	2010
Sidney Uzun Dönemli Toplu Ulaşım Planı için Bağımsız Kamu Araştırması 2040 (The Sydney Morning Herald, 2010)	2010

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şehir ulaşım planları çalışmaları yanında şehirlerdeki ulaşım altyapısı incelenmesi ve geliştirilmesine yönelik çeşitli projeler incelenmiştir. TRESIS

(Transportation and Environment Strategy Impact Simulator), Sidney Üniversitesi Ulaşım Çalışmaları Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışma, plancılara, ulaşım stratejileri etkilerinin tahminlendiği ve bu tahminlemeler ışığında tavsiyelerde bulunduğu bir system ortaya konulmuştur. Toplu ulaşım, paralı yollarda, otobüs hatlarının tasarımı, otopark politikaları ışığında hazırlanmış bir simülatördür. Ulaşım izlenen politikalar (çevresel gibi) ışığında simülasyonlar yapılmıştır (Hensher ve Ton, 2002).

SPSD II (Second Scientific Support Plan for a sustainable Development Policy) kapsamında gerçekleştirilen Spatial Analysis and Modelling Based on Activities (SAMBA) projesi dört Belçika Üniversitesinin işbirliğiyle gerçekleştirilmiş bir projedir. Bu proje kapsamında Belçika'daki Antwerpen, Gent, Louvain-La-Neuve, Namur şehirlerindeki hareket talebinin ne yönlü olduğunu ortaya konulmaya çalışılmıştır. SAMBA'nın temel hedefleri; yolculuk anket verilerinin mekansallaştırılması, aktivite zincirlerinin zamansal ve mekansal modellenmesi ve yapay bir populasyon yaratmaktır. Yolculuğun amacı, yolculuk tipleri ve yolculuk zinciri farklı demografik gruplarının hareketliliği incelenmiştir. Varış noktasının seçimine yönelik modeller kullanılmıştır (Toint ve diğerleri, 2005).

Manhattan, Londra ve Paris gibi metropolitan bölgelerde toplu ulaşım, en yüksek türel ayrıma sahip ulaşım türüdür (Ahrens, 2009). Ahrens (2009) belirttiği üzere Almanya Üniversitelerinde onbeş yıllık projeksiyonlar için her beş yılda bir modeller ve planların güncellenmesi üzerinde çalışılmaktadır. İleriki bölümlerde bahsedilecek olan standart dört aşamalı modeller ölçümlerin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi için hala önemi bir araçtır. Ne yazık ki az sayıda şehir, yöntemleri, verileri ve planları güncel tutmaktadır.

1.2.2. Türkiye'deki Toplu Ulaşım Çalışmalarının İncelenmesi

Ulaştırma Bakanlığı'nın "Ulaşım Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliği"nin 10. Maddesinde "Büyükşehir belediyeleri ve büyükşehir belediyesi sınırları dışındaki belediyelerden nüfusu yüzbinin üzerinde olanlar ulaşım ana planı hazırlarlar. Bu planlar onbeş yıllık süreler için yapılır ve her beş yılda bir yenilenir. Şehir planları ile sürdürülebilir kentsel ulaşım planları birlikte

ele alınır.” ifadesi bulunmaktadır (Ulaştırma Bakanlığı, 2008). Bu yönetmelik dikkate alınarak Türkiye’de birçok ilde ulaşım planı çalışması yapılmaktadır.

Özalp (2007) çalışmasında, Türkiye’deki birçok şehirde farklı yıllarda gerçekleştirilmiş olan elli Ulaşım Planı çalışmasını inceleyerek özetlemiştir. Türkiye’deki kentlerdeki kentsel ulaşım çalışma ve planları incelenmiş ve kronolojik sıralama içerisinde değerlendirilmiştir. Bu çalışmaların %80’i 1985 sonrasında gerçekleştirilmiş olup, yine yaklaşık %80’i tüm kenti kapsayan çalışmalardır. Tablo 3’de bu çalışmanın özet hali yer almaktadır. Yapılan ulaşım planı çalışmaları, ulaşım etüdü aşamasından ve önerilerden oluşmaktadır. Ulaşım etüdü aşamasında, arazi-kullanım planları ilişkisi, çalışmanın ölçeği, bilgi toplama çalışmaları, yolculuk talep tahminleri gerçekleştirilmiştir. Kısa ve orta dönem için toplu taşıma ve trafik düzenleme önerileri, yeşil ulaşım türleri (yaya veya bisiklet) geliştirme önerisi ve uzun dönemde toplu taşımada ana ulaşım türleri (otobüs ve raylı sistem) hakkında önerilerde bulunulmuştur. Kısa ve orta dönemde bu planların oniki tanesi toplu taşımaya yönelik öneriler sunarken, uzun dönemde otobüs için 14, raylı sistem için ise 32 öneri sunulmaktadır. Özalp (2007) çalışmasında Türkiye’de 1980-2004 yılları arasında yapılmış Ulaşım Planı çalışmalarını incelemiştir.

Türkiye’nin en fazla nüfusa sahip olan İstanbul’da Büyükşehir Belediyesi, yatırım bütçesinin büyük bir kısmını ulaşım sektörüne ayırmaktadır. Ancak ulaşım altyapısının geliştirilmesi uzun zaman almaktadır. Bu nedenle ulaşım sektörü için etkin politikaları ve yatırım planlamasını kapsayan, uzun dönem metropoliten arazi kullanım planı ile uyumlu entegre bir ana plan çalışmasına ihtiyaç duyulmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, en güncel ulaşım planı olan İstanbul Metropoliten Alanı Entegre Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP)’na Mayıs 2006’da başlamış olup Mayıs 2009’da Final Raporunun hazırlanmasıyla sonlandırılmıştır. İstanbul ili Çevre Düzeni planının yenilenmesinden dolayı oluşan ulaşım talebinin değerlendirilmesi, revize edilmesi ile birlikte ulaşım şebekesinin de güncellenmesi gerekliliğinden dolayı İUAP revizyon çalışması Haziran 2009’da başlamıştır. Bu planda İstanbul için 2023 yılı arazi kullanım ve nüfus yapısına bağlı olarak, ekonomik açıdan düşük maliyetli ve kentin planlı gelişimine katkı veren; ekolojik açıdan çevreye verdiği zararı minimuma indiren; toplumsal açıdan sosyal eşitlik ilkesine bağlı, kentin tarihi ve kültürel kimliği ile uyumlu, erişilebilirlik, konfor, güvenlik, güvenilirlik gibi nitelikleri içeren,

sürdürülebilir bir ulaştırma sisteminin kurulması ile kentte yaşayanların ulaşım taleplerinin karşılanması amaçlanmaktadır.

Tablo 3: Kentlerimize Ait Ulaşım Planlama Çalışmalarının Kapsamı

Şehir	Hazırlanma Yılı ve Çalışmanın kapsamı
ADANA	1992 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
ANKARA	1972 - Raylı Sistem Koridor Ulaşım Etüdü ve Ön Fizibilite Etüdü
	1980 - Raylı Sistem Koridoru Ulaşım Etüdü
	1983 - Raylı Sistem Projesi Fizibilite Etüdü
	1986/1994 - Kentsel Ulaşım Ana Planı
	1998 - Kentiçi Toplu Taşıma Sistemi ve Trafikğin İyileştirilmesi Etüdü
ANTALYA	1995 - Kentsel Ulaşım Planı
	1999 - Değerlendirme için yeterince veri bulunmamaktadır.
	2005- Kentsel Ulaşım Ana Planı
BALIKESİR	1994 - Kentsel Ulaşım Planı
BURSA	1986 - Kentsel Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	1987 - Kentsel Ulaşım Planı ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	1991 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	1994 - Kentiçi Toplu Taşıma Sistemi ve İşletmesi İyileştirme Etüdü
	1997 - Kentiçi Toplu Taşıma Sistemi ve Trafikğin İyileştirilmesi Etüdü
	2001- Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
DENİZLİ	2003 - Kentsel Ulaşım Ana Planı
ESKİŞEHİR	1990 - Kentiçi Ulaşım Altyapısı ve Toplu Taşıma Sistemi İyileştirme Etüdü
	1995 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	2001 - Kentsel Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	2003 - Kentsel Ulaşım Ana Planı
GAZİANTEP	1999 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	2006 - Kentsel Ulaşım Ana Planı
ISPARTA	1998 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
MERSİN	2001 - Kentsel Ulaşım Ana Planı ve Raylı Sistem Fikir Projesi
İSTANBUL	1970 - Raylı Sistem Koridor Ulaşım Etüdü ve Fizibilite Etüdü
	1975 - Trafik ve Toplu Taşıma İyileştirme Etüdü
	1978 - Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	1983 - Kentsel Ulaşım Ana Planı
	1984 - Raylı Sistem Projesi Ön Fizibilite Etüdü
	1987 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	1988 - Kentsel Ulaşım Ana Planı (Karayolu ulaşımına yönelik)
	1996 - Raylı Sistem Yatırımlarının Stratejik Düzeyde Planlanması Çalışması
	1997 - Kentsel Ulaşım Ana Planı
	1998 - Trafik İyileştirme Etüdü
	1998 - Trafik İyileştirme Etüdü
İZMİR	1974 - Trafik ve Toplu Taşıma İyileştirme Etüdü
	1980 - Otobüs Sistemi İyileştirme Etüdü
	1992 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	1997 - Toplu Taşıma Sistemi Araştırma Raporu
	2001 - Banliyö Demiryolu Sistemi İyileştirilmesi Koridor Ulaşım Etüdü ve Fizib. Etüdü
KAYSERİ	1991 - Raylı Sistem Amaçlı Kentsel Ulaşım Etüdü
	2001 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
İZMİT	1994 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
KONYA	1997 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
	2001 - Kentsel Ulaşım Ana Planı
SAMSUN	2002 - Kentsel Ulaşım Ana Planı ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü
TRABZON	1994 - Kentsel Ulaşım Planı
	2004 - Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü

Kaynak: Özalp, 2007

İstanbul Metropölitren Alanı Entegre Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP) kapsamında 2023 Plan hedef yılı ulaşım talebinin karşılanması için kısa (2014), orta (2018) ve uzun dönem (2023) için projeler modellenmiştir. İUAP'ın genel hedefi "Gelecekte motorlu araç trafiğinin azaltılması, toplu taşıma altyapısının iyileştirilmesi ve trafik talebinin özel araçlardan toplu taşıma araçlarına teşvik edilmesiyle kent içinde hareketlilik ve erişilebilirliğin artırılması sonucunda daha yaşanabilir bir kentsel çevrenin oluşturulması"dır. Üç alt hedefi ise; toplu taşıma hizmetlerinin geliştirilmesiyle özel araç kullanımının düşük düzeyde tutulması, kısa vadede artan araçtrafiğine cevap verebilecek yol ağının iyileştirilip geliştirilmesi; uzun vadede ise planlı kentsel gelişimi destekleyecek hızlı ağ alt yapısının oluşturulması ve trafik talep yönetiminin iyileştirilmesi ve mevcut yolların daha verimli kullanımından oluşmaktadır. Çalışma alanı tüm İstanbul Büyükşehir alanını ve İstanbul Büyükşehir ile yakın ilişkisi olan İzmit'in Gebze ilçesini kapsamaktadır. Çalışma alanı 451 trafik analiz bölgesinden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında hanehalkı anketi, perde-kordon sayımı ve diğer trafik sayımları yapılmıştır. Bunların tamamlanmasından sonra trafik durumunun analizi, şehir planlarının incelenmesi, talep yapısının analizi, ulaşım projelerinin incelenmesi, sosyo-ekonomik çerçeve, şebeke planlaması, projelerin belirlenmesi, ana plan gelişimi, uygulama planı ve ön-fizibilite çalışmaları yapılmıştır (İstanbul Ulaşım Ana Planı, 2009). Bu tez çalışmasının da çalışma alanı olan İzmir ilinde kentiçi ulaşım planlama çalışmaları ise Tablo 4 ve Tablo 5'te gösterildiği gibi Özalp ve Öcalır (2009) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Tablo 4: İzmir Kentiçi Ulaşım Planlama Çalışmalarına Ait Bazı Sonuçlar

Çalışma		İzmir Ulaşım Etüdü	Toplu Taşım Sistemi Optimizasyon Etüdü	Ulaşım Master Planı	Ulaşım Master Planı Güncelleştirme Etüdü	Banliyö Sisteminin Geliştirilmesi Projesi
Yılı		1974	1980	1989-1992	1997	2001
Kullanılan Bilgisayar Benzetim Modeli		-	-	Belirtilmemiş	-	-
Hedef Yılı		1985	1990	2010	2010	2025
Trafik Analiz Bölgeleri		74	9	60	-	25
Çalışmanın Türü		Trafik ve Toplu Taşım İyileştirme Etüdü	Otobüs Sisteminin İyileştirilmesi Etüdü	Kentiçi Raylı Sistem Etüdü	Güncelleştirme Çalışması	Banliyö Sistemi Ulaşım Etüdü
Nüfus (Etüt yılı)		863.000 (1973)	1.150.000	1.757.414 (1990)	2.493.000	Belirtilmemiş
Nüfus (Hedef yıl)		1.594.230	1.717.700	4.050.000	3.431.000	Belirtilmemiş
Ev Anketleri	Konut Sayısı	-	-	2.500	-	-
	Kişi Sayısı	-	-	10.000	-	-
	Örnekleme (%)	-	-	0,6	-	-
Özel Otomobil Sayısı		14.045	34.500	135.393	248.867	Belirtilmemiş
Otomobil Sahiplik Oranı (%o)		14	30	77	1000	Belirtilmemiş
Trafik Sayımı Yapılan Nokta Sayısı	Perde	Belirtilmemiş	?	3	1	-
	Kordon	Belirtilmemiş	?	15+5 (ilave sayım)	7	-
	Kapsam	Araç	?	Araç+Yolcu	Araç+Yolcu	-
Kişi Başına Ortalama Hareketlilik	Araçla	0,66	?	0,88	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
	Yaya	0,4	?	0,61	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
	Toplam	1,06	?	1,49	1,59	Belirtilmemiş
Türel Dağılım (%)	Özel Ulaşım	12	11	18	55	47,3
	Toplu Taşım	88	89	82	45	52,7

Kaynak: Özalp ve Öcalır, 2009

Tablo 5: İzmir Kentiçi Ulaşım Planlama Çalışmaları Kapsamında Yapılan Analizler

Ulaşım Etütleri / Planları			İzmir Ulaşım Etüdü	İzmir Toplu Taşıım Optimizasyon Etüdü	İzmir Ulaşım Master Planı	İzmir Ulaşım Master Planı Güncelleştirme Etüdü	İzmir Banliyö Demiryolu Ulaşım Etüdü
Hazırlanma Yılı			1974	1980	1992	1997	2001
Çalışmanın Kapsamı Nedir?			Trafik ve Toplu Taşıım İyileştirme Etüdü	Otobüs Sistemi İyileştirme Etüdü	Kentsel Ulaşım Etüdü ve Raylı Sistem Fizibilite Etüdü	Toplu Taşıım Sistemi Araştırma Raporu	Banliyö Demiryolu Sistemi İyileştirilmesi Koridor Ulaşım Etüdü ve Fizibilite Etüdü
Ulaşım Etüdü Aşaması	Arazi Kullanım Planları İlişkisi	Arazi kullanım plan kararları dikkate alınmış mı?	+	-	+	+	-
	Çalışmanın Ölçeği	Tüm kent kapsanmış mı?	+	+	+	+	-
		Tüm ulaşım türleri incelenmiş mi?	-	-	+	+	-
	Bilgi Toplama Çalışmaları (Etüdün kapsamı çerçevesinde)	Konut ve/veya yolcu anketleri düzenlenmiş mi?	-	-	+	+	-
		Trafik sayımı yapılmış mı?	-	-	-	-	-
	Yolculuk Talep Tahminleri	Bilgisayar benzetim modeli kullanılmış mı?	-	-	+	-	-
Basit tahmin yöntemleri mi kullanılmış?		+	+	-	+	+	
Çalışmalarda Getirilen Öneriler	Kısa ve Orta Dönem için	Toplu taşıım geliştirme önerisi getirilmiş mi?	-	+	-	-	-
		Trafik düzenleme ve yönetim önerisi getirilmiş mi?	+	-	-	-	-
	Yeşil türleri (Yaya ve/veya bisiklet) geliştirme önerisi yapılmış mı?		-	-	-	-	-
	Uzun Dönemde Toplu Taşıımda Ana Ulaşım Türü	Otobüs mü?	-	-	-	-	-
		Raylı sistem mi?	-	-	+	+	+
Yapan firma			Jamieson Mackay and Partners, Economic Consultants Ltd.	OECD Consultants	Transsystem, Heusch/Boesefeldt	Boğaziçi Üniversitesi Yapı Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (UYGAR)	Yapı Teknik Ltd, Su Yapı Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş., Mott MacDonald

Kaynak: Özalp ve Öcalır, 2009

İzmir için en son gerçekleştirilen ulaşım çalışması 2009 yılında tamamlanıp İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülmüş olan İzmir Ulaşım Ana Planıdır. Bu çalışmada hedef yıl olarak 2030 yılı belirlenmiştir (İBŞB, 2008). Çalışma kapsamında; İzmir Merkez Kent Sınırları içerisinde 30 bölgeye, İzmir Kentsel Bölge olarak 58 bölgeye ayrılmıştır. Planda, 2030 yılı hedefli temel planlama verileri ve kestirimler elde edilmeye çalışılmıştır. İki aşamalı olarak önce İzmir Merkez kent sınırları içerisinde ikinci aşama olarak da İzmir Kentsel Bölge kapsamında çalışmalar yürütülmüştür. İzmir ulaşım planının temel amaçları;

- Şehir - bölgesel alanda ulaşım ve trafik sorunlarını ele almak,
- Ulaşım altyapı projelerinin tanımlanması, konumlandırmasını yapmak, maliyetlerini çıkarmak ve bunların analiziyle ilgili teknik, ekonomik ve toplumsal standartları tespit etmektir.

Tablo 6: 2007 yılı İzmir Merkez Kentteki Günlük Toplam Yolculuklar

2007 yılı İzmir Merkez Kent'teki Günlük Toplam Yolculuklar				TOPLAM
Karayolu	Özel	Özel Oto	385.037	1.737.037
		Taksi	35.000	
	Toplu Ulaşım	Belediye Otobüsleri	957.000	
		Minibüs Dolmuş + Servisler +Taksi Dolmuş	360.000	
Diğer Toplu Ulaşım Sistemleri		Hafif Raylı Sistem (İzmir Metrosu)	76.993	114.484
		Demiryolu Banliyö Sistemi	0	
		Vapur + Ferbot (Deniz Yolu)	37.491	
Toplam Taşıtlı Yolculuklar				1.851.521

Kaynak: İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008.

2009 yılında sonlandırılan ulaşım planı çalışması iki aşamalı olarak ele alınmıştır. Birinci aşamada 19 Merkez Kent ve 11 Kentsel bölge olmak üzere 30 analiz bölgesi sınırı belirlenmiştir. İkinci aşamada ise Merkez kent olarak tanımlanmış 19 analiz bölgesi 47 bölge olarak yeniden adlandırılmış, Kentsel bölge analiz bölgeleri ise sınır olarak aynı kalmış, toplamda 58 bölge çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında Tablo 6'da gösterildiği gibi Merkez Kent'te 2007 yılındaki günlük toplam yolculuklar ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamındaki birinci aşama talep kestirimleri için toplam nüfus, toplam merkez kullanımları, eğitim ve sağlık kullanışları toplamı, sosyo-kültürel ve rekreasyon kullanışları yolculukları etkileyen temel değişkenler olarak ele alınmıştır. İkinci aşamada ise, plan kapsamında yapılan hanehalkı anket verilerinden hanede çalışan ve öğrenci sayıları, amaçlarına göre yolculuk sayılarından iş ve okul yolculukları ve yolculuk süreleri parametreleri talep tahminlerini doğrulamak için kullanılmıştır. Ayrıca kendi evinde/kiracı olarak yaşıyor olması, özel oto sahipliği, ikinci konut sahipliği ve oturduğu konut türü parametrelerinden gruplandırmalar yapılarak hesaplamalar yapılmıştır. Tahminlenen 2030 yılına ait yolculuk dağılımının bölgeler arasındaki istek hatları oluşturularak, ulaşım altyapı yatırım alanları için ön değerlendirme yapılmıştır. Yolculuk hareketlerinin dışında yük taşıtlarında nedensellikleri incelenerek dağılımları ortaya konulmuştur. 2010-2030 yılları arasında ulaşım ana planı kapsamında öngörülen ulaşım alt sistem yatırımları (karayolu ağı, toplu ulaşım alt sistemleri) için önerilerde bulunulmuştur. 2030 yılına ait tahmini toplu ulaşım ve otomobil yolculuklarının türlerine, değişimlerine ve sayılarına göre dağılımları ortaya konulmuştur. Yapılan bu ulaşım planı çalışmaları kapsamında mevcut trafik sorunları belirli başlıklar altında gruplandırılmıştır. Ortaya çıkan bu sorunlar aşağıdaki Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7: İzmir Ulaşım Planı Kapsamında Mevcut Trafik Sorunları

A Grubu Sorunlar (İmalat Gerektiren)	Geometrik Düzenleme eksikleri
	İşaretleme, Işık ve Donatı Hataları
	Yol satıh, drenaj ve imalat bozuklukları
	Güzergah daralmaları, bordür belirsizlikleri, aliman bozuklukları, en kesit belirsizlikler, kapalı kurplar
B Grubu Sorunlar (Toplu Ulaşım İşletme)	Belediye otobüs hatlarının yarattığı aşırı yoğunluklar Belediye otobüsleri durakları yer seçim hataları Otobüs ve dolmuşlarda bekleyen yaya kuyrukları(zirvede) Belediye otobüsleri işletme hataları (duraklarda)
C Grubu Sorunlar (Yoğunluklar-Yığılmalar)	Aşırı yaya trafik yoğunlukları(zirvede) Aşırı taşıt trafik yoğunlukları (zirvede) Otopark yığılma sorunları (kaldırım+yol kenarı)(gündüz) Özel (zirve dışı) yoğunluk ve yığılma sorunları (varsa)
D Grubu Sorunlar (Uzun-Vadeli Planlama-Uygulama)	Yol Kadeleme Eksiklikleri (kademe atlamaları) Yolun işlevi ile kenar arazi kullanımı arasındaki çelişkiler Aşırı ve aykırı boyuna kesit eğimleri Demiryolu hemzemin geçitleri
E Grubu Sorunlar (İnsan Fak.- Yönetim)	Kullanıcı hataları (sürücü +yaya) Polis denetiminde eksiklikler

Kaynak: İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008.

İzmir ili bazında şehiriçi ulaşımıyla ilgili yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Çolak ve Çubukçu (2009) çalışmalarında yaptıkları anketlerin benzer özelliklere sahip çalışanları kapsamı nedeni ile kişilere ait özelliklerin türel seçimine olan etkisi ölçülemediği. İzmir ili Konak Meydanı'na yapılan iş amaçlı yolculuklarda türel seçimi için Çok Terimli Logit Regresyon Modelinin En yüksek Olabilirlik Kestirimi (Maximum Likelihood Estimation) ile tahmin edilmiş ancak parametre tahminleri istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. “Daha geniş bir örnekleme ile farklı sosyal ve ekonomik katmanlardan kişilerle bu yönde daha anlamlı sonuçlar elde edilebilir.” sonucuna varılmıştır.

Özuysal (2010)'ın çalışmasında, aktivite esaslı potansiyel ve fayda esaslı erişilebilirlik ölçütleri, toplulaştırılmış tür seçimi istatistikleri için incelenmiştir. İzmir ulaşım hanehalkı anketi verileri (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008) kullanılarak oluşturulan ulaşım tür seçimi istatistikleri, analiz bölgesi bazında özel taşıt ve toplu ulaşım türlerinin seçim oranları ve bu türlere ait büyütülmüş yolculuk sayılarının bölgelerden yaratılan ve çekilen yolculuklar için düzenlenmesi ile elde edilmiştir. Özuysal (2010) çalışmasında, erişilebilirlik ölçütünün toplulaştırılmış ve bireysel tür seçim gözlemleri ile doğrudan ilişkisi üzerinde durmuş, tür seçim kestirimi model denemeleri sadece erişilebilirlik ölçütleri ile gerçekleştirilmiştir.

1.3. ULAŞIM MODELLEMESİ

Ulaşım da arazi kullanımının etkileri üç yöntemle tahminlenebilmektedir. Birincisi, arazi kullanımı düzenlemeleri ya da ulaşım maliyetleri gibi faktörlerdeki değişimlerde konumlarının ve mobilite davranışlarının nasıl değiştiği kişilere sorulur. İkincisi, yine bu faktörlerin değişiminde farklı yapılardaki kişilerin gözlemlenmiş davranışlarından sonuç çıkarılmaya çalışılır. Üçüncüsü ise matematiksel modellerle kişi davranışları simüle edilir. Kişi davranışlarına ait matematiksel modeller, genellikle anketlere veya gözlemlere dayanmaktadır. Matematiksel modellere ait sonuçlar, ampirik çalışmalardan elde edilenlerden artık evrensel olarak daha geçerli olsa da sadece tahminlenen parametreler benzer olduğunda geçerli olacaklardır. (Wegener, 2004). Model, gerçek dünyanın bir kısmının veya sistemin bir alanının basitçe ifade edilidir. Modelde, bir problem ve bunu çözmek için bir bakış açısı vardır.

Ulaşım planlanması, tasarımı ve tahminleme tekniklerinin tamamı ulaşım modellemesini oluşturmaktadır. 1950’lerde ulaşım modellemesi çalışmaları Amerika Birleşik Devletleri’nde geliştirilmeye başlanmıştır. 1960’larda Birleşik Krallıkta da benimsenmiştir. İzleyen 20 yılda ulaşım planlaması konusunda önemli teorik gelişmeler olmuştur. Çalışma alanlarındaki yolculuk eden kişilerin davranışlarını ortaya koyan ulaşım tür seçim modellerinde kullanılmasıyla, birçok ulaşım talep modeli geliştirilmiştir. Ancak birçok model Dört Aşamalı Modelin gerisinde kalmıştır (Khan, 2007).

Dört Aşamalı Model; her bir alandaki toplam yaratılan yolculuklar, bu yolculukların farklı varış noktalarına göre dağılımı, dağılımı belirlenen toplam ulaşım talebinde hangi ulaşım türlerinin seçildiği ve her bir türe göre yolculukların belirli bir yol ağı üzerinde dağıtılması aşamalarından oluşmaktadır. Daha basit bir anlatımla, bu modelle, ne kadar yolculuk hareketi yapıldığı, nereye gittikleri, hangi aracı ve hangi güzergahları kullandıkları tarif edilmektedir. Dört Aşamalı Model; yolculuk yaratımı, yolculuk dağıtımı, tür seçimi ve atama aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalardan kısaca bahsedilecektir.

Şekil 1: Dört Aşamalı Ulaşım Talep Modeli



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Yolculuk yaratımı; çalışma alanı içerisinde ayrılmış her bir bölge içerisindeki toplam yolculuk sayısını ve bunların hangi amaçlı yolculuklar olduğunu tahminlemeye çalışmaktadır. Ortuzar ve Willumsen (2001)’de belirtildiği gibi yolculuk amaçlarını; iş, eğitim, alışveriş ve diğer (sosyal faaliyet, sağlık, eğlence vb.) olarak ayırmak mümkündür. Yolculuk yaratımında en çok kullanılan teknik çoklu doğrusal regresyondur. Bu eşitlik;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + E$$

Y= Bağımlı değişken

$\beta_{0,1,...,k}$ = regresyon katsayısı

$X_{0,1,...,k}$ = Bağımsız değişkenler

E = Bağımlı değişkeni tahminlemenin hatası

Yolculuk dağılımı aşamasında; yolculuk tablosu yaratılmaktadır. Yolculuk tablosu Başlangıç-Hedef (O-D) matrisi olarak bilinmektedir. Farklı zonlar arasındaki yolculuk miktarlarını ortaya koymaktadır (Khan, 2007).

Türel ayırım aşaması; en uygun yolculuk türü seçimi sorununu dikkate almaktadır. Yolculuk davranış modellenmesinde kritik bir konuyu oluşturmaktadır. Türel ayırım, ulaşım planlamacılarına tür seçimindeki her bir kentsel elemanın etkisinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Khan, 2007). Bu tezin ileri ki bölümünde ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

Yolculuk atama aşaması ise dört-aşamalı modelin son kısmıdır. Bu aşamada ulaşım ağı üzerinde yolculuk değişimlerinin dağıtımıyla ilgilenilmektedir. Temel amaç; trafik hacimleri ve bölgeler içinde ve bölgeler arası yolculuk hareketlerinin ve bireysel yolculuk davranışlarının yardımıyla ulaşım sistemindeki her bir linke ait ulaşım süresi ve maliyeti tahminlenmektedir (Khan, 2007).

Ulaşım talep modelleri içerisinde yer alan türel ayırım aşaması, planlama çalışmalarında önemli bir yere sahip olmasına rağmen ülkemizdeki çalışmalarda çok fazla üstünde durulmayan bir aşama olarak yer almaktadır. Durulsa bile kapsamlı olarak birçok ulaşım türü ve yolculuk amaçları dikkate alınmadan dahil edilmektedir.

Literatürde arazi kullanımı ve ulaştırma altyapısı özelliklerinin birlikte değerlendirildiği birçok birleştirilmiş talep modeli bulunmaktadır. Temeli 1950’li yıllara dayanan ve klasik dört aşamalı ulaşım talep modelinin iki veya üç aşamasını birlikte modellemeye yönelik olan bu arz-talep dengesi modelleri, başlangıçta karmaşık ve özgün çözüme ulaşılması oldukça güç yaklaşımlar iken, son yirmi yılda bilgisayarlı iteratif çözüm alternatiflerinin uyarlanması ile uygulamada kabul gören yaklaşımlar haline gelmiştir.

1.4. ULAŞIMDA TÜREL AYRIM MODELLERİ

Tür seçimi modelinde değerlendirme yılı için öngörülen ulaşım alt yapısı ve kentteki otomobil sahipliğini göz önüne alarak dağıtım modeli ile tahmin edilmiş olan bölgeler arası yolculukların, ne kadarının özel araçlarla, ne kadarının toplu taşıma araçları

ile yapılacağını öngören bir yöntem kullanılmaktadır. Böylece gelecekte farklı türlere yapılacak yatırımların yarışan türler arasında yolculuk kaymalarını göstermesi açısından, türlerin performans ölçülerine duyarlı bir türel dağılım modeli kullanılması, dolayısıyla bir taşıma sistemine yatırım yapılması halinde, diğer türlerden bu yeni türe kayacak yolculuk miktarlarının tahmin edilmesi amaçlanmaktadır (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014). Ulaşım Türü Seçim modellerinde, deterministik yöntem bakış açısıyla tüm yolcuların aynı tür seçeneklerle karşılaştıkları varsayılır. Demir ve Gerçek (2006)'da belirttiği gibi yolculuk dağıtım modelleri, türel ayırım ve yolculuk atama problemlerinde deterministik yöntem kullanılmasının bir nedeni, yolcunun karar süreçlerinin mikro ekonomik teorideki bireysel karar kurallarıyla uyumlu olmasını sağlamaktır. Seçim modeli mikroekonomik talep teorisi ile uygun hale gelecektir. Böylece yolcunun talep ve seçimi arasındaki ilişki, üretim talep ilişki kapsamında tanımlanma imkanı sağlanmış olacaktır. Mikroekonomide tüketici olarak tanımlanan birey, ulaşım türü seçiminde yolcu olarak tanımlanmaktadır. Yolcu da tüketici gibi kendisine sunulan seçenekler arasından seçim yapmak zorundadır. Yolcuların kararlarının, ulaştırma taleplerinin kestirimi için çok önemlidir. Ancak karar süreçlerinin çok karmaşık olması nedeniyle tür seçimi modellemesi, bir takım varsayım ve basitleştirme süreçleri gerektirir (Demir ve Gerçek, 2006).

Her tüketicinin kullandığı mal ya da hizmetin bir yararı vardır. Tüketici seçimlerini bu yararı en yüksek olacak şekilde yapar. Ancak deterministik yarar fazla basitleştirilmiş bir modeldir. Bu modele göre tüm koşullar aynı olduğunda, tüm kullanıcıların aynı seçeneği seçeceği varsayımı yapılır ki, bu olayın doğasına oldukça uzaktır (Demir ve Gerçek, 2006). Çünkü;

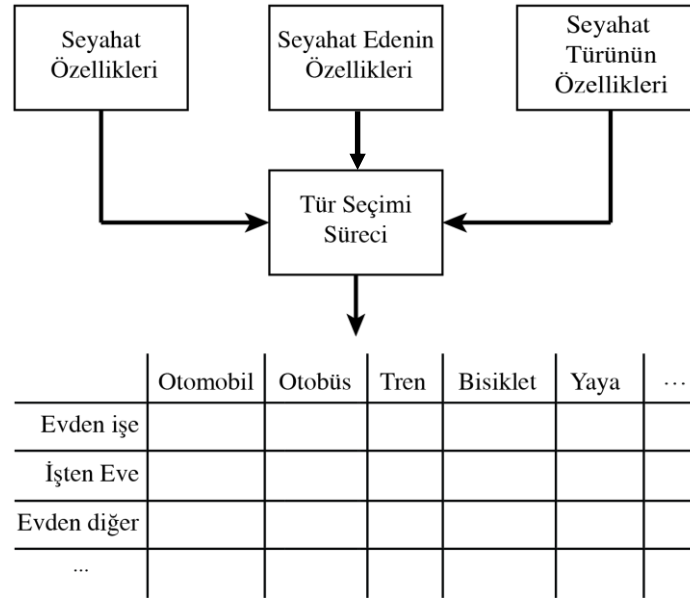
- İnsan davranışı, bu basitleştirmeden çok daha karmaşıktır ve insan her zaman akılcı davranmaz. Bunun anlamı, faydanın en büyük olduğu tercih her zaman seçilmeyebilir.
- İnsan davranışını etkileyen tüm değişkenlerin gözlenmesi mümkün değildir ya da tüm değişkenler matematiksel modele katılamaz. Örneğin kullanıcının bir türden aldığı konfor duygusunu ölçmek mümkün değildir.
- Değişkenler tam ölçülebilse bile kullanıcı tarafından algılandığı gibi ölçülemez. Örneğin, aynı süre her yolcu için farklı algılanabilir.

Türel ayrımın hedefi, yolculuk yapan kişilerin ulaşım türü kararlarını tahminleyebilmek ve bu kararlar doğrultusunda hangi ulaşım türünün tercih edildiğini ortaya koyabilmektir. Bu kararları tahminlerken eldeki veri, kullanılan yazılım, maliyet, zaman ve uzman personel önemli role sahiptir. Tahminleme için kullanılan verilerin uygunluğu, kalitesi ve güncelliği kararları da etkileyecektir. Ayrıca çalışma yapılan alandaki eski ulaşım bilgilerinin bulunmaması, yeni ulaşım hizmetleri için modellerin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır.

Tür seçim modelleri felsefe, psikoloji, matematik, ekonomi ve istatistik gibi birçok disiplinden gelen çalışmaların sonucunda oluşmuştur (Demir ve Gerçek,2006). Türel ayrım süreci üzerinde çalışılan teknikler yıllardır geliştirilmektedir. Yöntemler, yolculuk davranışının karmaşıklığını, seçim sürecini etkileyen faktörleri, karar verme aşamasındaki etkileşimli olan değişkenleri ve karar verici olan yolculuk edenlerin farklılıklarındaki değişkenliği kapsamaktadır (Corpuz, 2007).

Türel ayrım modellerinde, yolculuğun yönü ve yolculuk ile ilişkili özellikler Şekil 2’de gösterildiği gibi girdi olarak dikkate alınır. Yolculuğun yönü, yolculuğun başladığı ve bittiği noktalara göre evden işe, işten eve, evden eğlenceye ve ev merkezli olmayan vb. olarak sınıflandırılabilir. Yolculukla ilgili olan özellikler, yolculuk eden kişilerin özellikleri ve çalışılan alandaki uygun ulaşım türlerinin özellikleri dikkate alınmaktadır.

Şekil 2: Tür Seçim Sürecinde Etkili Olan Faktörler ve Yolculuk Yönleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Literatür incelendiğinde, tür seçimini etkileyen faktörlerin, 3 ana başlık altında toplandığı görülmektedir (Ortuzar ve Willmumsen, 2001).

Tür Seçimini etkileyen Faktörler

→ Yolculuk Yapanın Özellikler

- ◆ Araba Sahipliği/Uygunluğu
- ◆ Sürücü Belgesi Sahipliği
- ◆ Hanehalkı Yapısı
- ◆ Gelir
- ◆ Zorunlu Seçimler
- ◆ Konut Yoğunluğu

→ Yolculuğun Özellikleri

- ◆ Yolculuk Amacı
- ◆ Yolculuğun Gerçekleştiği Gün İçerisindeki Zaman
- ◆ Geç Saatlerdeki Yolcularda Toplu Ulaşım
- ◆ Yolculuğun Başlama Zamanı
- ◆ Yolculuğun Uzunluğu
- ◆ Başlangıç ve Bitiş Noktaları

→ Ulaşım Türünün Özellikleri

- ◆ Niceliksel
 - Yolculuk Süresi

- Katlanılan Maliyetler (Ücret, Benzin, Dolaysız Maliyetler)
- Park Uygunluğu ve Maliyeti
- ◆ Niteliksel
 - Rahatlık ve Kolaylık
 - Güvenirlilik Ve Düzenlilik
- Arazi kullanım Özellikleri
 - ◆ Yayalar için kaldırım
 - ◆ Yolculuk Bitim noktalarındaki kullanım
 - ◆ Transit Uzaklığı
 - ◆ Yolculuk bitim noktasındaki yoğunluk
 - ◆

Tür seçimini etkileyen faktörler dikkate alınarak türel ayırım/ tür seçim modelleri oluşturulmaktadır. Tüm bu faktörler, tüm türel ayırım modellerinde kullanılmamaktadır. Çalışma kapsamında elde edilebilen veriler doğrultusunda faktörler de seçilebilmektedir. İyi bir tür seçim modeli mümkün olduğunca tüm bu faktörleri içermelidir. Liang ve Ling-Xiang (2012) çalışmasında, yolcuların güzergah seçimlerinde yolculuğun güzergah sayısı, yolculuk durak sayısı ve yolculuk maliyetin önemli faktörler olduğunu vurgulamıştır.

Şehiriçi ulaşımda kullanılan ulaşım türlerini; yaya, bireysel (bisiklet, motorsiklet, özel otoda yalnız sürüş, taksi, resmi taşıt) ve toplu (özel otoda paylaşılan sürüş, ücretli servis aracı, ücretsiz servis aracı, taksi dolmuş, minibüs/dolmuş, belediye otobüsü, metro, tren, vapur, arabalı vapurda yolcu, arabalı vapurda özel oto, arabalı vapurda servis, deniz motoru, şehirlerarası otobüs firması) ulaşım olarak sınıflandırabilir. Hiç arabası olmayan biri için kullanılacak ulaşım türünün karar verilmesinde araba seçeneği yoktur. Ama transit geçiş veya yürüme tercih edilebilir, ama transit hizmeti de yoksa araba tek seçenektir.

Karar vericiler; insanlar, hanehalkı, kurumlar ya da diğer karar verici birimlerdir. Alternatifler; rekabet edebilen ürünleri, eylemleri ya da seçim yapılması gereken seçenekleri ve öğeleri temsil etmelidir. Alternatiflerden oluşan seçim kümesinin üç temel özelliği içermesi gerekmektedir (Train, 2009).

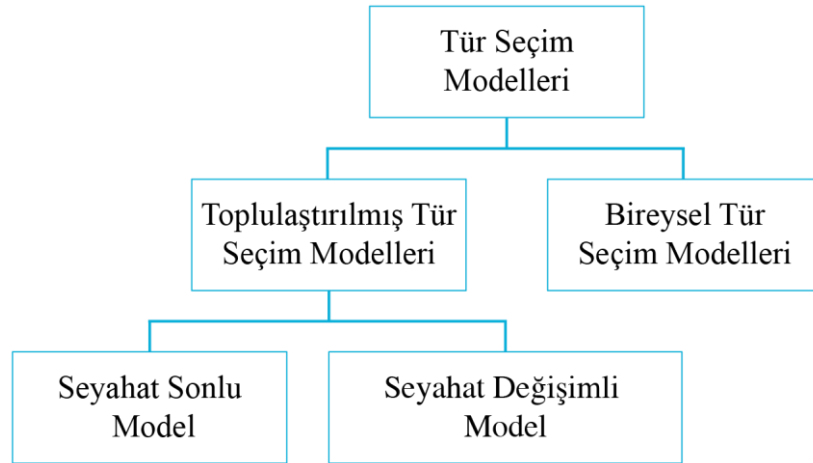
- Ayrışıklık: Karar verici, alternatif kümesi içerisinde sadece bir tanesini seçer. Bir alternatifin seçilmesi, diğer alternatiflerin seçilmemesi anlamına gelmelidir.
- Eksiksizlik: Seçim kümesi tüm uygun alternatifleri içermelidir.

- Sonluluk: Alternatifin sayısı sonlu olmalıdır. Alternatifler sayılabilmeli ve sonlanabilmelidir.

Ayrışıklık, ulaşım türleri arasındaki aktarmalardan dolayı sağlanamıyor ise ikili veya üçlü tür kombinasyonları, ayrı birer tür seçimi olarak modele dâhil edilebilmektedir. Dikkate alınan türlerden herhangi birinin seçilmeme durumu söz konusu olduğunda da “hiçbiri” şeklinde nitelendirilecek yeni bir tür, eksiksizlik prensibini sağlamakta yeterli olabilmektedir (Özuysal, 2010).

Tür seçim modelleri toplulaştırılmış ve bireysel (davranışsal) model olarak ikiye ayrılmaktadır. Sonluluk ilkesi, bu iki model arasındaki temel farkı oluşturmaktadır. Toplulaştırılmış modelde, bir grup ulaştırma sistemi kullanıcısının “ne kadar”ının bir ulaşım türünü seçeceği kestirilirken, davranışsal modelde her bir bireyin “hangi” ulaşım türünü seçeceği kestirilmektedir (Train, 2009). Tür seçim modelleri aşağıdaki Şekil 3’te gösterildiği gibi sınıflandırılmaktadır.

Şekil 3: Tür Seçim Modelleri Sınıflandırılması



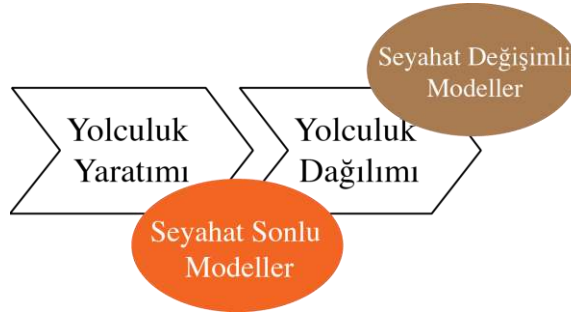
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Toplulaştırılmış tür seçim modelleri, toplu yolculuklar için kullanılmaktadır. Bölgeler veya zonlar dikkate alınmaktadır. Bu modellere “Yığınmalı Modeller”denmektedir. Seyahat sonlu ve seyahat değişimli olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Seyahat sonlu modeller, dört aşamalı ulaşım modelinin yolculuk yaratımından sonra ve yolculuk dağıtımından önceki aşamasında gerçekleştirilen modellerdir. Çalışma alanındaki araç sahipliği, konut yoğunluğu, iş merkezlerine uzaklık, gelir

seviyesi gibi faktörlerin yanında toplu ulaşımın güvenilirliği de dikkate alınır. Bu modellerde yolcuların nereye gittikleri bilgisine sahip olmadan atamalar yapmaya çalışılmaktadır. Belli bir bölgedeki bütüncül ilişkiyi ortaya çıkarmakta olup bölgeler arasındaki ilişkiyi belirleme imkanına sahip değildir. Toplu taşımanın sosyal bir hizmet olarak görüldüğü küçük yerleşim yerlerine uygundur. Ayrıca tür seçiminin gelir ve araç sahipliği tarafından belirlendiği gelişmekte olan ülkelerde etkili olan modellerdir.

Şekil 4: Toplulaştırılmış Tür Seçim Modelleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Kişi özellikleri tür seçimini etkilediğinde türel ayırım modellerinin uygulanması, yolculuk yaratımından sonra olur. Bu tip modellere seyahat sonlu modeller denir. Böylece farklı özelliklere sahip kişiler de tür seçiminde kullanılabilir. Böyle bir modelde; gelir, konut yoğunluğu ve araç sahipliği etkilidir. Yolculuğun hangi yönlü olduğu, yolculuğun özellikleri ve tür bilgileri seyahat sonlu modelde kullanılmaz. Bu model dikkate alındığında, toplu ulaşımın geliştirilmesi, park alanlarını yenileme, yol kullanıcılarının hiçbirisi türel ayırım modellerini etkilemez. ABD'deki ulaşım çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Seyahat Değişimli Modeller, dört aşamalı modelin ikinci aşaması olan yolculuk dağıtımından sonra kullanılan tür seçim modellerini kapsamaktadır. Bu modelde çoklu regresyon, çapraz sınıflandırma, sapma eğrileri işlemleri yapılmaktadır. Bu modellerde yolculuk dağılımından sonra, toplu ulaşım, türlerarası ilişkili yolculuk süreleri, ilgili yolculuk ücretleri, yolculuk yapanların ekonomik seviyeleri ve ilgili hizmetlerin fonksiyonu olarak tahminlenir. Ülkedeki farklı bölgeler için tekrardan

düzenlenebilir ve bazı seviyelerde uygulanabilir. Modelin kalibre edilebilmesi için küçük bir veritabanı gerekmektedir. Toplu taşıma için oldukça iyimser bir bakış açısı önermektedir. İlk geliştirilen modellerde yolculuğun sadece yolculuk süresi gibi bir iki özelliğini içermektedir. Bu modeller Avrupa’da gerçekleştirilen ulaşım çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.4.1. Bireysel (Tekilcil) Tür Seçim Modelleri

Bireysel tür seçim modellerinde, bireysel yolculuk davranışları dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla tekil seçimleri olan yolculuk eden kişiler ön plandadır. Hanehalkına ait veya bireysel verilerden hareketle modeller kurulmaktadır. Kullanıcı davranışlarının olasılık dağılımına sahip olduğu varsayılmaktadır. Tür seçiminin kişilere sağladığı fayda ve zararına dayanmaktadır. Yığınmasız modeller olarak da tanımlanmaktadır. Chaudhury (2005)’e göre bireysel ulaşım tür seçimi iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar; bireylerin karakteristikleri (gelir, zevkler, araç sahipliği, aile bireylerinin özel oto ihtiyacı) şeklinde ayrılmaktadır. Tekilcil modellerde, her modelde yolculuk, yolculuk yapanın özellikleri ve ulaşım sistemiyle ilgili bilgi içermesi gerekmektedir. Uygun olanlar ulaşım türleri içerisinde birinin seçilme olasılığıyla ilgilenmektedir. Davranışsal seçimler, bireysel davranışlardan hareketle hesaplanır.

Bireysel yaklaşımlar karar vericiyi “birey” olarak kabul etmektedir. Karar verme birimi, farklı araştırmalarda bir hane veya organizasyon gibi ortak özelliklere sahip bireyler topluluğu olarak da ele alınabilmektedir. Bu durumda, grup içindeki etkileşim dikkate alınmamakta ve grubun kararı bir bütün olarak değerlendirilmektedir. Bir tür seçim modelinde karar verici özellikleri arasındaki farklılıkların ortaya çıkarılabilmesi için her bir karar vericinin yaş, cinsiyet, eğitim ve gelir gibi sosyo-ekonomik karakteristiklerinin bilinmesi gerekmektedir (Özuysal, 2010).

Bireysel seçim modelleri, seçimi gerçekleştirecek bireylerin faydasını maksimize etme kabulüne dayanmaktadır. İlk olarak Thurstone (1927) tarafından, bireylerin psikolojik uyarıcıların şiddetini ayırt edebilme davranışını modellemek amacıyla seçim modeli kavramı ortaya konulmuş ve bu çalışma ikili probit modelin oluşturulmasına öncülük etmiştir. Daha sonra Marshack (1960) uyarıcı bileşeni yerine

“fayda” kavramını kullanmış ve fayda maksimizasyonu yaklaşımıyla ilk kez “Rastlantısal Fayda Modeli”ni geliştirmiştir (Özuysal, 2010).

Bir bireyin karar verme mekanizmasının ortaya konulabilmesi için, sadece seçilen alternatiflerin değil, seçilmeyen alternatiflerin de ortaya konulması gerekmektedir. Bu yüzden seçeneklerle ilgili kabuller, bir bireyin seçim süreci boyunca dikkate alacağı tüm seçeneklere göre yapılmalıdır. Sonlu sayıda elemandan oluşması gereken bu alternatifler topluluğuna seçim kümesi adı verilmektedir.

Tür seçimi modellemenin ilk aşaması, hedef popülasyonunun yolculuk davranışları dikkate alınarak çalışma alanına ait yolculuk profili yaratmak ve seçim kümesini oluşturmaktır. Seçim kümesinin büyüklüğü, tür seçim modelinin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Tür seçim modelleri, ikili veya çoklu olarak ayrılabilir. İkili yapıda, iki adet türe ait seçimin modellenmesi işlemleri yapılmaktadır. Çoklu türel ayırım modellerinde ise ikiden fazla türün modellenmesi işlemleri yapılmaktadır. Çoklu yapı, üç farklı şekilde ortaya konabilmektedir. N-yol yapısı, eklemeli mod yapısı ve hiyerarşik mod yapısı şeklinde ayrılmaktadır. Türel Ayırım Modellerinde, bireysel yolculuk davranışları kesikli bir kümeye sahip yolculuk alternatiflerine eğilim gösterdiklerinde modeller kesikli seçim modelleri olarak bilinmektedir (Khan, 2007).

Tür seçiminde faydayı maksimum yapacak tür seçilir. Fayda, ulaşım türüyle yapılan miktarının çokluğuyla anlaşılır. Bireyler, daha önceki bölümlerde belirtilen tür seçimini etkileyen faktörler açısından maksimum çekiciliğe sahip türleri seçerler. Bu tanım fayda maksimizasyonu olarak tanımlanmaktadır. Çoğu ulaşım talep modelinin temeli fayda teorisine dayanmaktadır.

1.4.1.1. Rastlantısal Fayda Teorisi

Yolculuk davranışı uygulamalarında kullanılan birçok model “Fayda Teorisi” üzerine kuruludur. Buna göre karar vericinin bir alternatif için tercihi, “fayda” adı verilen sayısal bir değerle ifade edilir ve karar verici seçim grubu içindeki alternatiflerden en yüksek faydaya sahip olanı seçer. Bu faydanın ölçülebilen ve ölçülemeyen (rastlantısal) olmak üzere iki bileşenden oluştuğu kabul edilir (Özuysal, 2010). Rastlantısal Fayda Teorisi, bireysel seçim modelinin temelini oluşturmaktadır. Rastlantısal Fayda Teorisi, karar vericinin mükemmel bir ayırım yeteneğine sahip

olduğunu, fakat analizi yapan kişinin eksik bilgiye sahip olduğunu kabul eder ve bu sebeple bir belirsizlik faktörünü dikkate alır (Özuysal, 2010). Fayda denklemleri, ulaşım türü alternatiflerine ait yolculuk verileri, yolculuk süresi ve maliyet verileri gibi özellikler kullanılarak tahminlenmektedir.

$$U_{mi} = f(X_i, m)$$

$$U_{mi} = b_0 + b_1x_{mi1} + b_2x_{mi2} + \dots + b_kx_{mik}$$

m: ulaşım türü

U_{mi} : i bireyin m türünden elde ettiği fayda fonksiyonu

x_{mi1} : i. bireyin m türü için k adet özelliği

$b_0, b_1, \dots, b_k$: k adet katsayı

Karar süreçlerinin çok karmaşık olması nedeniyle tür seçimi modellemesi, bir takım varsayım ve basitleştirme süreçlerinde davranışta bir belirsizlik ortaya çıkar. Bu belirsizlik modele bir hata terimiyle dahil edilir. i. bireyin m. türündeki faydası $U_{mi}=V_{mi}+ \varepsilon$ olmak üzere ölçülebilir bileşen ve hata teriminden oluşmaktadır. ε , açıklayamadığımız birçok değişkene bağlı olarak belirsizliği temsil etmektedir. Rastgele fayda teorisi, bu hata teriminin rastgele dağıldığını varsayar. Bu dağılımın biçimi rastgele bireysel seçim modellerinin türünü belirler (Demir ve Gerçek, 2006).

Seçim davranışı rastlantısal fayda teorisi kullanılarak modellenir. Fayda, açıkça ayrılabilir iki bileşen olan ölçülebilir bileşen ve hata bileşeninden oluşmaktadır.

$$U_{mi} = V_{mi} + \varepsilon$$

V_{mi} : i bireyinin m türü için faydasının gözlemlenen bileşeni

ε : i bireyinin m tür için faydasının gözlemlenemeyen hata bileşenidir.

Prensipte her bir birey aynı alternatiflerden oluşan kümeye sahip olması ve aynı kısıtlarla yüzleşmesi gereklidir. Fayda denkleminin tahminleme gücü, ilişkili değişken eksikliği, ölçüm hatası, bireylerin farklılıkları ve seçimlerdeki farklılıklar ile sınırlıdır. Uygulamalarda, aynı gruplara ait bireylerin sosyo-ekonomik özelliklerindeki farklılıklar gözarda edilebilmektedir.

$$U_m > U_n$$

U_m , m ulaşım türü için faydayı gösterirken; U_n ise uygun ulaşım türleri içerisindeki herhangi bir n türünün faydasını göstermektedir. Bireyler diğer alternatiflerden daha yüksek faydayı sağlayan ulaşım türünü seçeceklerdir (Khan, 2007).

1.4.1.2. Lojit Modeller

Lojit Modeller, ulaştırma planlamasında en çok kullanılan türel ayırım modelidir. Basit matematiksel tekniklerle kompleks yolculuk davranışlarını modelleme yeteneğine sahiptirler. Lojit modeller, fayda maksimizasyonuna dayanmaktadır. m sayıdaki ulaşım türü alternatifi i bireyin m. türü seçme olasılığı;

$$P_{im} = \frac{\exp(V_{im})}{\sum_{n \in M} \exp(V_{in})}$$

V_{im} = i bireyinin m türüne ait fayda fonksiyonu

V_{in} = i bireyinin seçim kümesindeki herhangi bir n modunun fayda fonksiyonu

P_{in} = i bireyinin m türünü seçme olasılığı

M = i bireyinin seçim kümesinde seçebileceği tüm uygun ulaşım alternatifleri

Lojit modellerde, hata terimi E_m 3 temel varsayıma dayanmaktadır;

- E_m , gumbel dağılır
- E_m , bağımsız dağılır ve
- E_m , özdeş (identical) dağılır.

Lojit modelde, hata teriminin Tip-I aşırı değer dağılımına uyduğu varsayımını dikkate alınır.

Lojit modeller, ikili ve çok terimli olmak üzere iki temel kategoriye ayrılırlar. M seçim kümesi iki seçenekten oluşuyorsa, model ikili lojit model olarak tanımlanır. Eğer C seçim kümesi ikiden fazla türden oluşuyorsa çok terimli lojit model olarak tanımlanmaktadır. Kalibrasyon için en geçerli ve tercih edilen yöntem en büyük olabilirlik yöntemidir (Demir ve Gerçek, 2006).

1.4.1.2.1. İki Terimli Lojit Model

İki terimli lojit model, bireylerin sadece iki ulaşım türüne sahip olduğu ve bunlardan birinin seçme olasılığı tahminlenmek istendiğinde kullanılır. Sadece m ve n ulaşım türü alternatifleri olduğunda i bireyi tarafından m türünün seçilme olasılığı;

$$P_{im} = \frac{\exp(V_{im})}{\exp(V_{im}) + \exp(V_{in})} \text{ ya da } P_{im} = \frac{1}{1 + \exp(V_{in} - V_{im})}$$

ile gösterilir.

V_{im} = i bireyinin m modundaki fayda fonksiyonu

V_{in} = i bireyinin n modundaki fayda fonksiyonu

P_{im} = i bireyinin m türünü seçme olasılığı

P_{in} = i bireyinin n türünü seçme olasılığı

$$P_{in} = 1 - P_{im}$$

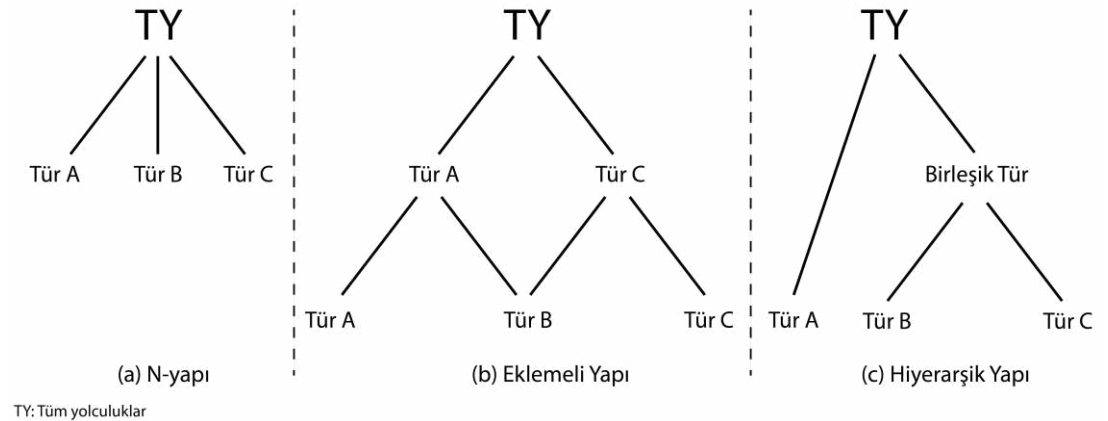
m ve n ulaşım türlerinin seçilme olasılıklarını toplamı birdir. Çözüm kümesindeki yolculuk alternatifleri her biri birbirinden bağımsızdır. Benzer ve birbiriyle ilişkili ulaşım türlerinden oluşan gruplar olduğunda, tüm türler arasındaki hata teriminin bağımsız ve özdeş olması varsayımı geçerli olmamaktadır. İki türün faydaları arasındaki fark sıfırsa, seçilme olasılıkları da aynıdır. Literatürde, özel araç olarak araba ile toplu ulaşım olacak şekilde iki alternatifin dikkate alındığı çalışmalara sıkça rastlanmaktadır.

1.4.1.2.2. Çok Terimli Lojit Model

İkiden fazla ulaşım türü alternatifi olduğunda kullanılmaktadır. Çok terimli lojit modellerde uygun ulaşım türlerinin özelliklerine göre basit ve içiçe geçmiş modeller olarak ayrılmaktadır. Çok terimli lojit modeli, 1970’li yıllarda Kesikli Seçim Teorisinin gelişimiyle önerilmiştir. Çok terimli lojit modellerin tahminlenmesinde en çok benzerlik yöntemi kullanılır.

Çok terimli türel ayırım modellerinin yapıları, Şekil 5’te gösterildiği gibi N-yol, tür-eklemeli ve hiyerarşik olmak üzere üçe ayrılabilir. N yapıları modellerde, tüm alternatifler eşit ağırlıktadır. Ancak bazı alternatifler birbirlerine benziyorsa problem oluşabilmektedir. Hiyerarşik yapıda ise aralarında korelasyon olan benzer türler ilk ayırimda bir kabul edilmektedir. İlişkileri olmayan türlerden ayrıldıktan sonra ikinci ayırimda ayrılmaktadırlar.

Şekil 5: Çok Terimli Türel Ayırım Modelleri

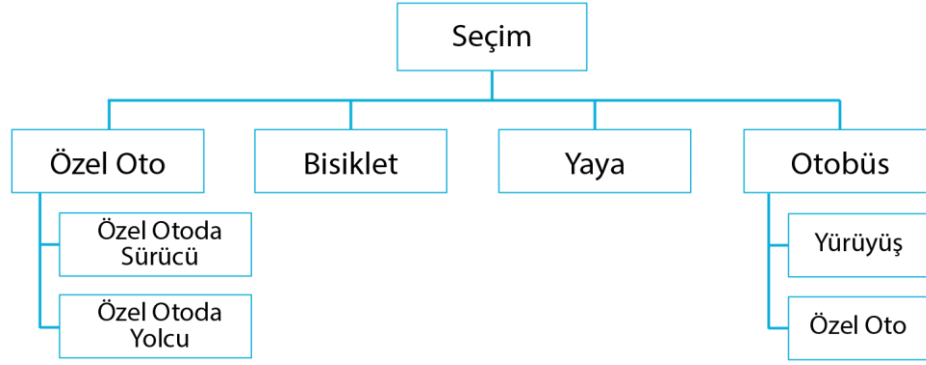


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

1.4.1.2.3. İç içe Geçmiş (Nested) Lojit Model

Ulaşım türü alternatifleri birbirlerine çok benzediği zaman çok terimli lojit model çok uygun olmayabilmektedir. Ayrıca birbirinin devamı olarak farklı ulaşım türleri içiçe geçmiş olabilmektedir. Bu benzerlikleri dikkate almak için iç içe geçmiş lojit model kullanılmaktadır. İçiçe yapıda, ilk önce araba mı toplu taşıma mı olacağı ya da sonrasında da toplu taşıma içerisinde otobüs ya da tren mi olacağı üzerinde seçim yapılmasını sağlamaktadır. Çok terimli iç içe geçmiş lojit modelin örnek gösterimi Şekil 6'dır.

Şekil 6: Çok Terimli İç İçe Geçmiş Modelin Örneği



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

İç içe geçmiş lojit model, basit lojit modellerdeki aynı gruptaki alternatiflerin faydaları arasındaki korelasyonun yarattığı sıkıntıyı çözülmesini sağlamaktadır. İç içe geçmiş lojit modelin yapısı, ilişkili alternatiflerden oluşan alt kümelerin hiyerarşik veya iç içe geçmiş şekilde gruplanması şeklindedir. İç içe geçmiş lojit modelin, hata terimlerinin korelasyonu dışında çok terimli logit modelle aynı varsayımlara sahiptir (Khan, 2007).

$$P_{ij} = P_i \cdot P_{j|i}$$
$$P_{j|i} = \frac{\exp(V_{j|i})}{\sum_{k \in C(i)} \exp(V_{k|i})}$$
$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{t \in R} \exp(V_t)}$$

$$V_{j|i} = X_{j|i}$$

$$V_i = X_i + h_j \ln \sum_{k \in C(i)} \exp(V_{k|i})$$

$C(i)$: her bir üst seviye i alternatifine ait alt seviyedeki alternatiflerin kümesi

R : üst seviye alternatiflerin kümesi

$X_{j|i}$: i koşulu altında j alternatifinin ölçümü

X_i : i alternatifinin ölçümü

h_i : ölçek parametresi

1.4.1.3. Tür Seçim Modellerinin Tahminlenmesi

Kesikli Tür Seçim Modellerinin tahminlenmesi için 2 teknik kullanılmaktadır. Bunlar en yüksek olabilirlik ve en küçük kareler yöntemidir. Ulaşım istatistikçileri ve plancıları açısından en yüksek olabilirlik yöntemi, en küçük kareler yönteminden daha çok uygulamada kullanılmaktadır (Khan, 2007; Ortuzar ve Willumsen, 2006). En yüksek olabilir yöntemi, basit ve iç içe geçmiş logit modeller tahminleyicilerini belirleme için en çok kullanılan süreçtir. Özellikle büyük veri setleriyle çalışılırken tercih edilmektedir. Olabilirlik fonksiyonunu maksimum kılacak, basit formülü;

$$L = \prod_{m=1}^M P(t_m, m)$$

L : uygun alternatiflerden oluşan vektörün olabilirliği.

M : alternatiflerin toplam sayısı

m : uygun alternatiflerden oluşan kümenin diğer herhangi elemanı

t_m : M alternatif içerisinde seçilen gözlemlenen tür

$P(t_m, m)$: m alternatifinin seçilme olasılığı

L 'nin logaritmasının maksimize edilmesi daha çok kullanılan bir yaklaşımdır.

$$L_1 = \sum_{m=1}^M \log[P(t_m, m)]$$

En küçük kareler Yöntemi ise;

$$F = \min \sum E^2 = \min \sum (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k - Y)^2$$

1.4.1.4. Probit Modeller

Ulaşım türlerinin çeşitliliğinden dolayı alternatiflerin faydasının ortaya konulması bazen karmaşık olabilmektedir. Probit model ile bu problemin üstesinden gelinebilmektedir. Hata terimleri için normal dağılım göstermektedir. Lojit model gibi Rastlantısal Fayda Teorisine dayanmakta ve fayda fonksiyonu sistematik bileşenlerin ve hata bileşenin toplamına eşittir. m alternatifini fayda fonksiyonu;

$$U_m = V(x_m, s) + \varepsilon_m$$

U_m : m alternatifinin faydası

V : fayda fonksiyonun sistematik (gözlemlenen) bileşenleri

ε : fayda fonksiyonunun hata (gözlemlenmeyen) bileşenleri

x_m : m alternatifine ait gözlenmiş değerlerin vektörü

s : çalışma alanındaki bireylerin gözlemlenmiş özelliklerinin vektörü (Khan, 2007).

1.4.1.5. Genelleştirilmiş Uç Değer Modelleri

Genelleştirilmiş Uç Değer Modelleri, stokastik fayda maksimizasyonuna dayalıdır. Modelin temel denklemi;

$$P_i(m) = \frac{\exp(V_{mn}) \cdot G_m(\exp(V_{1i}), \exp(V_{2i}), \dots, \exp(V_{ji}))}{\mu G(\exp(V_{1i}), \exp(V_{2i}), \dots, \exp(V_{ji}))}$$

V : fayda fonksiyonunun sistematik (gözlemlenen) bileşeni

μ : homojenlik derecesi

$P_i(m)$: i bireyin m alternatifini seçme olasılığı

1.4.2. Birleştirilmiş Ulaşım Talep Modelleri

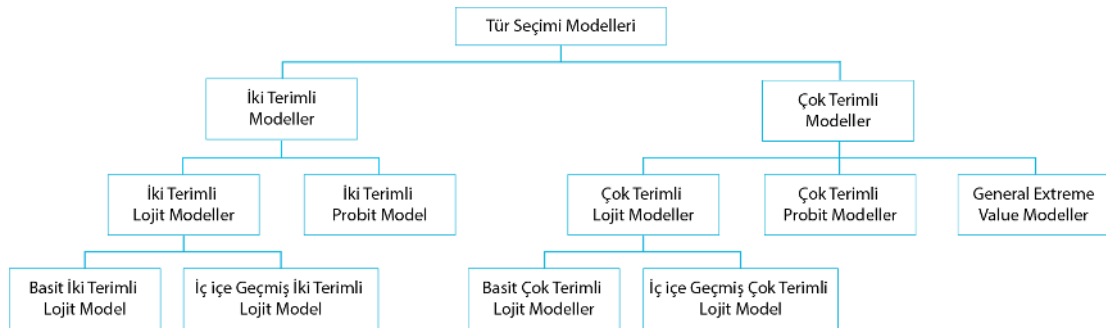
Literatürde arazi kullanımı ve ulaştırma altyapısı özelliklerinin birlikte değerlendirildiği birçok birleştirilmiş talep modeli bulunmaktadır. Temeli 1950’li yıllara dayanan ve klasik dört aşamalı ulaşım talep modelinin iki veya üç aşamasını

birlikte modellemeye yönelik olan bu arz-talep dengesi modelleri, başlangıçta karmaşık ve özgün çözüme ulaşılması oldukça güç yaklaşımlar iken, son yirmi yılda bilgisayarlı iteratif çözüm alternatiflerinin uyarlanması ile uygulamada kabul gören yaklaşımlar haline gelmiştir.

1.4.3. Tür Seçim Modellerinin Karşılaştırılması

Önceki başlıklarda ele alınan ulaşım hizmetlerinde tür seçim modellerinin hiyerarşik yapısı Şekil 7’de gösterilmiştir.

Şekil 7: Tür Seçim Modelleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Khan 2007 çalışmasında Lojistik, Probit, ve Genelleştirilmiş Uç Değerler modelini karşılaştırmıştır. Üç modelin karşılaştırılması Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8: Bireysel Tür Seçim Modellerinin Karşılaştırılması

	Logit Modeller	Probit Modeller	General Extreme Value Modeller
Temel Hipotez	Uç Değer Dağılımı	Normal Dağılımı	Çok değişkeni extreme value dağılımı
Kısıtlar	Hata terimleri, özdeş ve bağımsız dağılması gereklidir.	Hata terimlerinin özdeş ve bağımsız dağılmasına ihtiyaç yoktur.	Hata terimlerinin özdeş ve bağımsız dağılmasına ihtiyaç yoktur
Model Formülasyonu	Basit	Kompleks	Kompleks
Model Tahminlemesi	Basit	Kompleks	Kompleks
Geçiş Türlerine Giriş (Introduction of Access modes)	Model formülasyonu ve kalibrasyonu kompleks halden küçük dereceye gelmektedir	Model formülasyonu ve kalibrasyonu oldukça komplekstir.	Model formülasyonu ve kalibrasyonu oldukça komplekstir.
Uygulama	Yüksek	Sınırlı	Sınırlı
Accuracy	Yüksek	Alçak	Alçak

Kaynak: Khan, 2007.

Tablo 8’den de görüldüğü üzere probit ve genelleştirilmiş uç değer modellere oranla daha basit, doğruluğu ve uygulanabilirliği yüksek olmasından dolayı lojit modeller tercih edilmektedir.

Demir ve Gerçek (2006) çalışmalarında ulaştırma tür seçiminin modellenmesinde kullanılan ve geleneksel modeller olarak tanımlanan logit model ile esnek hesaplama yöntemleri kullanılarak oluşturulan esnek modellerin başarımlarını karşılaştırılmıştır. Esnek hesaplama yöntemleri; Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık ve Genetik Algoritmalar olarak tanımlanmıştır. Esnek yöntemler istatistiksel yöntemler gibi varsayımlar içermediklerinden, modellerin kurgulanma aşamasından eğitim aşamasına kadar olan süreçlerde, model tamamen modeli yapan uzmanın seçimleriyle biçimlenir. Bu uzmana esneklik sağlarken diğer yandan sayısız biçimde model çeşitliliği sunması model sürecini de zorlaştırabilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

VERİ MADENCİLİĞİ VE ULAŞIM

2.1. VERİ MADENCİLİĞİ TANIMI

Veri, kayıt altına alınmış ve ham haldeki her türlü olay, durum veya fikirdir. Veriler düzenlenmiş, ilişkilendirilmiş ve anlamlandırılmış hale geldiğinde enformasyon halini almaktadır. Kişilerin, kullanıcıların belirli bir amaç için enformasyonu kullanması, sonuca varması, verinin bilgiye dönüşmesi anlamına gelmektedir. Veri içindeki bilgiler “gizlidir” ve okunabilir durumda olmayabilir. Dolayısıyla faydalı bilgilerin keşfedilmesi uzun bir süreç haline gelebilir ve hatta bazı veriler hiçbir zaman dikkate bile alınamayabilir.

Bilişim teknolojilerindeki gelişmelerle hem veriye ve buna bağlı olarak bilgiye erişim kolaylaşmış hem de günlük ve iş hayatındaki kullanımı artmıştır. Bu gelişme beraberinde her türlü bilginin sayısal ortama kaydedilmesine imkan sağlamıştır. Günlük hayatımızın bir vazgeçilmezi haline gelen internetle birlikte dünya üzerindeki tüm kullanıcılar büyük ölçekteki verilere katkıda bulunmakta ve yararlanmaktadır. Mağazada alışveriş yapan müşteri bilgileri, bir telekomünikasyon firmasına ait müşterilerin günlük tüm verileri sayısal ortamda saklanmaktadır. Bu veriler zamanla sayısı artarak büyük ölçekli veriler haline gelmektedir. Ancak verinin bu kadar çok büyümesi yanında bazı sorunları doğurmaktadır. Büyük ölçekli veritabanları içerisinden kullanıcıların ihtiyaç duydukları anlamlı bilgiyi çıkartabilmeleri gerekmektedir. Bu veriler üzerinden istatistiksel yöntemler uygulanarak çeşitli veri analizleri yapılmak istenmektedir. Ancak büyük ölçekteki bu veriler üzerinde işlemler geleneksel teknikler yeterli olmayabilmektedir. Bu kapsamda Veri Madenciliği kavramı ortaya çıkmıştır. Literatürde veri madenciliği ile ilgili birçok tanım bulunmaktadır.

Veri madenciliği ismi, büyük, çok fazla ayrıntı içeren ama değeri olan kullanışlı bilgi içeren veri kavramından türetilir. Dolayısıyla veri madenciliği büyük miktardaki verinin içinde saklı olan değerli bilgiyi çıkarmak olarak tanımlanabilir (Skillicorn, 2007). Veri madenciliği, bilgi keşfi sürecinin sadece bir adımıdır. Veri

madenciliği, bilgi çıkarımı, bilgi keşfi, bilgi toplama, veri arkeolojisi ve veri desen işlemleri gibi birçok tanıma sahiptir (Cios ve diğerleri, 2007). Anlamlı desenler ve kurallar keşfetmek ve başarmak için büyük çaptaki verilerin araştırıldığı ve analiz edildiği veri madenciliğinde, birçok yöntem ve algoritma gözlenmiş ve gözlenmemiş karmaşık insan davranışlarıyla ilgili kararlarının altında yatan durumları ve mekanizmaları ortaya çıkarmakta ve sunmaktadır (Xie ve diğerleri, 2003).

Hem yeni veritabanı kavramlarına hem de yeni veri çözümleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Veriyi yönetmek için “veri ambarı” ve veri çözümleyerek yararlı bilgiye ulaşılmasını sağlayan “veri madenciliği” kavramları ortaya atılmıştır. Veri madenciliği, büyük ölçekli veriler arasından “değeri olan” bir bilgiyi elde etme işidir. Veri madenciliği; kurumun karar destek sistemleri için önemli bir yere sahip olabilmektedir (Özkan, 2008).

Veri madenciliği klasik istatistiksel uygulamalara benzemektedir. Ancak klasik istatistiksel uygulamalar yeterince düzenlenmiş ve çoğunlukla özet veriler üzerinde çalıştırılmaktadır. Veri madenciliğinde ise milyonlarca veri çok daha fazla değişken ile ilgilenilmektedir. Xie ve diğerleri (2003)’de belirttiği gibi veri madenciliği, geleneksel istatistik tabanlı modellere göre belirli bir model yapısı gerektirmemesi, doğrusal olmayan modelleme yeteneğine sahip olması ve gözlemlerin homojen alt gruplarından desenler ortaya çıkarılmasından dolayı avantaj sağlamaktadır.

Veri Madenciliği, büyük miktarda veri içinden, gelecekle ilgili tahmin yapılmasını sağlayacak bağıntı ve kuralların aranmasıdır. Veri Madenciliği, verilerin içerisindeki desenlerin, ilişkilerin, değişimlerin, düzensizliklerin, kuralların ve istatistiksel olarak önemli olan yapıların yarı otomatik olarak keşfedilmesidir. Veriler arasındaki ilişkiyi, kuralları ve özellikleri belirlemekten bilgisayar sorumludur. Amaç, daha önceden fark edilmemiş veri desenlerini tespit edebilmektir (Dener ve diğerleri, 2009).

Veri madenciliği kendi başına bir çözüm değil çözüme ulaşmak için verilecek karar sürecini destekleyen, problemi çözmek için gerekli bilgileri sağlamaya yarayan bir araçtır. Veri madenciliği; analistin, iş yapma aşamasında oluşan veriler arasındaki şablonları ve ilişkileri bulması konusunda yardım etmektedir (Baykal, 2006).

Veritabanındaki gizli örüntüleri ortaya koyan veri madenciliği, önemsiz olmayan gizli, önceden bilinmeyen, daha kullanabilme potansiyeli bilinmeyen veriden

önemsiz olmayanları ayıklamak olarak tanımlanabilir. Ayrıca büyük veri setlerinden veya veritabanlarında kullanışlı bilginin çıkarılması bilimi olarak da tanımlanabilir. Tüm süreç, veritabanından Bilgi Keşfi Süreci (BKS) olarak ifade edilmektedir (Haluzova, 2008).

Karmaşık veri setlerinde birden çok işlemde veri gelir. Veri setine her bir girdi, ilişkili tek kesikli bir özellik veya faaliyetin sonucu değil, farklı işlemlerin kombinasyonu olarak ortaya çıkmaktadır. Veri seti, içerisinden tek bir değer üretmek için birleştirilmiştir (Skillicorn, 2007). Veri madenciliği, Takçı (2008)'de belirttiği gibi hem tahmin hem de tanımlama metotları içermektedir. Tahmin metotlarında bazı değişkenler veriyi açıklayabilecek ve insanlar tarafından yorumlanabilir örüntüleri bulacak metotlardır. Tanımlama metotlarında ise, bazı değişkenler bilinmeyen diğer değişkenleri veya diğer değişkenlerin gelecekteki değerlerini tahmin için kullanılır. Veri madenciliği sayesinde, büyük ölçekli veriler arasında;

- “Değeri Olan” bilgiyi ortaya koymak,
- Veriler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak,
- Özet ve düzenlenmiş verilerle çalışan klasik istatistiksel uygulamalardan farklı olarak milyonlarca veri ve çok fazla değişkene sahip verilerle işlem yapılabilir.

Veri madenciliği yöntemleri, genel olarak istatistik, yapay zeka ve yapay zekanın uzantısı olan makine öğrenimi olarak iki ana kökten beslenmektedir. Bunların yanında veritabanı yönetim sistemleri, dilbilim, görselleştirme ve coğrafi bilgi sistemleri de veri madenciliğinde önemli yere sahiptirler (Akpınar, 2014).

Veri madenciliği, bilim, mühendislik, ilaç sanayi ve toplumla ilişkili sistemlerin keşfedilmesinde güçlü bir yöntem sunmaktadır. Fiziksel ve sosyal dünyayı anlamamızı artıran önemli ve asıl araç haline hızlı bir şekilde gelmiştir (Skillicorn, 2007). Veri madenciliğinin uygulama alanları olarak; satın alma alışkanlıklarının belirlenmesi, müşteri değerlendirme, satış tahmini, kredi taleplerinin değerlendirilmesi, kredi kartı harcamalarına göre müşteri gruplarının belirlenmesi, web sayfalarına yapılan ziyaretlerin çözümlenmesi gösterilebilir. Veri madenciliği pazarlama, bankacılık, sigortacılık ve elektronik ticaret ile ilgili alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Veri madenciliği girdi olarak ham veriyi sağlamak üzere veri tabanlarına dayanır. Bu da veri tabanlarının dinamik, eksiksiz, geniş ve net veri içermemesi

durumunda sorunlar doğurur. Başlıca sorunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Baykal, 2006):

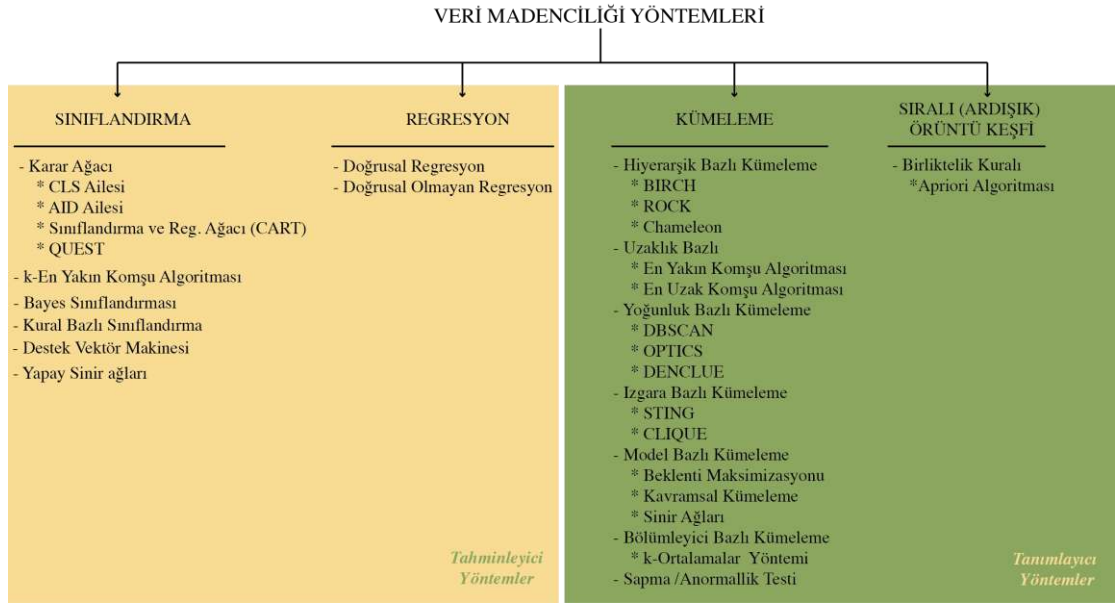
- Sınırlı Bilgi: Veri tabanları genel olarak veri madenciliği dışındaki amaçlar için tasarlanmışlardır. Bu yüzden, öğrenme görevini kolaylaştıracak bazı özellikler bulunmayabilir.
- Gürültü ve Eksik Değerler: Veri özellikleri ya da sınıflarındaki hatalara gürültü adı verilir. Veri tabanlarındaki eksik bilgi ve bu yanlışlardan dolayı veri madenciliği amacına tam olarak ulaşmayabilir. Bu bilgi yanlışlığı, ölçüm hatalarından, ya da öznel yaklaşımdan olabilir.
- Belirsizlik: Yanlışlıkların şiddeti ve verideki gürültünün derecesi ile ilgilidir. Veri tahmini bir keşif sisteminde önemli bir husustur.
- Ebat, güncellemeler ve konu dışı sahalar: Veri tabanlarındaki bilgiler, veri eklendikçe ya da silindikçe değişebilir. Veri madenciliği perspektifinden bakıldığında, kuralların hala aynı kalıp kalmadığı ve istikrarlılığı problemi ortaya çıkar.

Veri madenciliği sürecinde; veri temizleme, bütünleştirme, indirgeme, dönüştürme, veri madenciliği algoritmasını uygulama ve sonuçlar sunum ve değerlendirme adımları izlenmektedir. Veri madenciliğinde izlenen farklı amaçlarla kullanılan çeşitli veri madenciliği yöntemleri bulunmaktadır. Bunlardan bir sonraki bölümde bahsedilmektedir.

2.2. VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ

Veri madenciliği yöntemleri, literatür incelendiğinde genel olarak Şekil 8’de gösterildiği gibi sınıflandırma, kümeleme, regresyon ve sıralı (ardışık) örüntülerin keşfi olarak dört başlık altında toplanmaktadır.

Şekil 8: Veri Madenciliği Yöntemleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

2.2.1. Sınıflandırma

Sınıflandırmada hedef, yeni bir kayıt veya nesne için bir özelliğin (hedef özellik) değerinin diğer özelliklere bağlı olarak tahminlenmesidir. Hedef özellik ile diğer özellikler arasındaki ilişki, hedef özelliğin eğitim verisi olduğu veri setinden öğrenilmektedir. Eğitim verisi, sıradan özelliklerle hedef özellik arasındaki ampirik bağımlılığı ortaya çıkarır. Veri madenciliği teknikleri gözlenen bağımlılığa ait açık bir model kurar. Bu model daha sonra diğer özelliklere ait yeni kayıtlardan elde edilen değerlerinden hedef özelliğin tahminlerini oluşturmak için kullanılır. Hedef özellik kategorik olduğunda sabit olasılığa sahip değerlerden oluşuyorsa, tahminleme işlemine sınıflandırma denir. Hedef değerler sayısal olduğunda tahminleme işlemine regresyon denir (Skillicorn, 2007).

Önceden görülmeyen kayıtların olabileceği kadar doğru bir şekilde bir sınıfa atanmasıdır. Sınıflandırmada belirli bir süreç izlenir. Öncelikle veri tabanının bir kısmı eğitim amacıyla kullanılarak sınıflandırma kuralları oluşturulur. Daha sonra bu kurallar yardımıyla yeni bir durum ortaya çıktığında nasıl karar verileceği belirlenir.

Veri dizisinin istatistikî ve/veya makine öğrenimi kullanılarak önceden belirlenen sınıflara atanması işlemidir. Öznitelik değerlerinin sürekli öğretilerek

düzeltilmesi, makine öğreniminde denetimli öğrenme kavramı altında incelenmektedir. Hem istatistiksel yöntemlerde hem de veri madenciliği yöntemlerinde sınıflandırma amaçlı çeşitli yöntemler bulunmaktadır. İstatistiksel yöntemler içerisinde; Lineer regresyon analizi, lojistik regresyon analizi, diskriminant analizi, bayes sınıflandırma yöntemleridir. Makine öğrenme yöntemleri içerisinde ise karar ağaçları, en yakın komşu yöntemi, yapay sinir ağları, rastgele ağaçlar, destek vektör makineleri başlıca sınıflandırma yöntemleridir (Akpınar, 2014; Skillicorn, 2007). Sınıflandırma için yaygın olarak kullanılan iki veri madenciliği yöntemi, karar ağaçları ve sinir ağlarıdır. Her iki teknik de denetimli öğrenmeye dayanan gözlemlerden veya olaylar kümelerinden otomatik yaratılan sınıflandırma modeli sürecidir (Xie ve diğerleri, 2003). Sınıflandırma yöntemlerinden Karar Ağaç bu çalışmada ele alınan sınıflandırma yöntemi olup ileriki bölümlerde daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

2.2.2. Kümeleme

Kümelemede hedef, makroskopik yapıyı ve benzerliklerine, benzemezliklerine göre nesnelerin arasındaki ilişkiyi anlamaktır. Birçok veri setinde, benzerlik ilişkisine bağlı olarak nesnelerin dağılımı tekdüze değildir. Dolayısıyla nesnelerin bazıları ortalamadan daha fazla birbirlerini andırmaktadır. Bu şekildeki alt birimlere küme denir. İyi bir kümelemede, farklı kümelerdeki nesneler ortalamadan daha az birbirlerini andırmaktadır (Skillicorn, 2007). Verilerin kendi aralarındaki benzerlikleri göz önüne alınarak gruplandırılması işlemidir. Bir kümedeki veri noktalarının diğer noktalara göre daha benzer olduğu ve farklı kümelerdeki veri noktalarının diğer noktalara göre daha az benzer olduğu yapıda kümeleme yapılmaktadır.

Kümeleme teknikleri uzaklık bazlı, yoğunluk bazlı ve dağılım bazlı olmak üzere üç türe ayrılmaktadır. Geometrik olarak nesneler arasındaki uzaklığa bağlı olan en basit kümeleme tekniği k-means'tir. K-means algoritması basit ve hesaplanması hızlıdır. Başlangıç küme merkezlerinin zayıf seçimi zayıf bir kümelemeyi getirmektedir. Dolayısıyla farklı merkezlerde birkaç defa algoritma tekrarlanır ve en iyi kümeleme seçilir. En iyi bilinen dağılım-bazlı kümeleme tekniği ise Beklenti Maksimizasyonudur (BM-Expectation Maximization). Her bir nesne tam olarak tek

bir kümenin üyesi olduğu söylene de BM yaklaşımı, olasılık yoğunluk fonksiyonları ile iyi temsil edildiğini, kümelerin merkezi olan ve bu merkez etrafındaki değişkenliğe sahip olan alanlar olduğunu ve nesnelerin her bir kümeye bazı olasılıklarla ait olduğunu varsaymaktadır. BM algoritması optimal olarak eksik değerlerini hesaplamaktadır (Skillicorn, 2007).

Kümeleme analizi de bir sınıflandırma yaklaşımıdır. Ancak bağımlı değişken y değerleri bulunmamakta, sadece nesnelerin öznitelik değerlerine göre sınıflandırma yapılmaktadır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir bağ kurulmamaktadır. Makine öğreniminde denetimsiz öğrenme olarak geçmektedir (Akpınar, 2014). Nesnelerin birbirlerine olan uzaklıklarıyla benzerlikleri belirlenir ve benzer öznitelik değerlerine sahip olan nesnelerden kümeler oluşturulur.

Normal davranışlardan önemli sapmaların tespiti için Sapma/Anormallik Testi kullanılmaktadır. Aykırı değerlerin bulunmasında hedef, öncelikli yapının anlaşılması ve nesneler arasındaki ilişkiden en çok sıra dışı olan nesnelerin bulunması tercih edilmektedir. Örneğin; kredi kartı dolandırıcılığında, olağandışı olan hareketlilikleri bulmak önemlidir. Yoğunluk-bazlı kümeleme teknikleri aykırı değerlerin saptanmasında kullanabilmektedir. Çünkü bunlar herhangi bir kümeye ayrılmayan nesnelerdir (Skillicorn, 2007).

2.2.3. Sıralı (Ardışık) Örüntü Keşfi

Birbiri ile ilişkisi olan ancak birbirini izleyen dönemlerde gerçekleşen ilişkilerin tanımlanmasında kullanılan yöntemlerdir. Farklı olaylar arasındaki güçlü ve sıralı bağıntıları tahmin edecek kurallar bulunur. Örüntülerin bulunmasında hedef, genel yapıyı anlamaktansa, nesnelerin oluşturduğu küçük alt kümelerin yapısını ve ilişkisini anlamak daha çok tercih edilir. Yerel örüntülerin bulunmasında kullanılan en yaygın teknik birliktelik kuralıdır.

Birliktelik kuralı, eş zamanlı olarak gerçekleştirilen ilişkilerin tanımlanmasında kullanılır (Akpınar, 2014). Örneğin verilen bir koleksiyona ait bazı elemanları içeren kayıtların bir kümesi verilmiş olsun. Bir elemanın tekrar adedini, diğer elemanların tekrar adetlerini kullanarak tahmin edecek kuralları üretir. Birçok müşteri tarafından birlikte satın alınan elemanların belirlenmesi gibi veritabanı içinde

yer alan kayıtların birbirleriyle olan ilişkilerini inceleyerek hangi olayların eş zamanlı olarak birlikte gerçekleşebileceklerini ortaya koyamaya çalışan yöntemleri içerir. Bu teknik sözde pazar-sepeti verilerinde, mağazada veya internet üzerinde aynı anda alınan nesnelerin gruplanmasında başarılı olmaktadır (Özkan, 2008; Skillicorn, 2007).

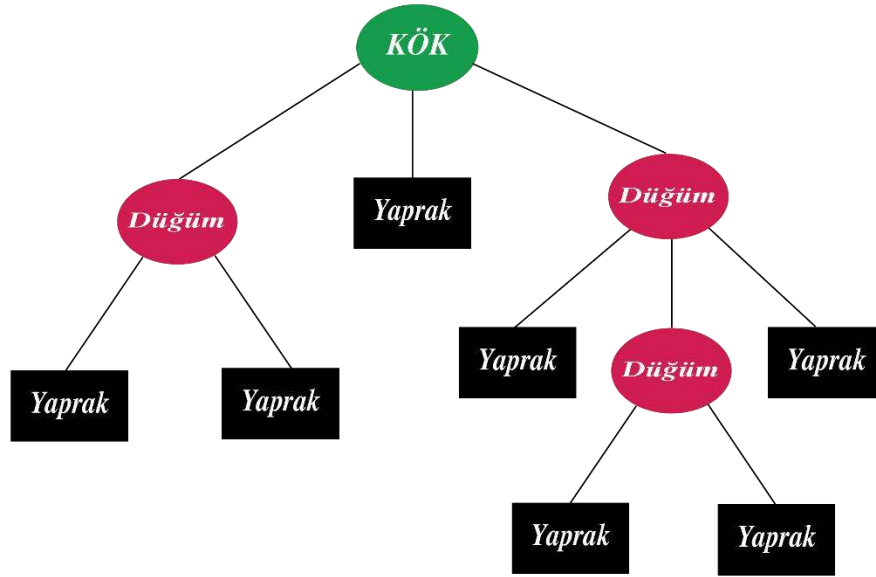
2.2.4. Regresyon

İki ya da daha fazla değişken arasında ilişki olup olmadığı hakkında bilgi vermeyi amaçlayan istatistiki bir yöntemdir. Bir bağımlı değişkene bağlı olarak bir veya daha fazla bağımsız değişkenden oluşmaktadır. Doğrusal, doğrusal olmayan ve lojistik regresyon analizi yöntemleri bulunmaktadır. Doğrusal regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler için sürekli değerler kullanılmaktadır. Diğer değişkenlerin değerlerine bağlı olarak sürekli değere sahip hedef değişken tahmin edilmektedir. Örnek olarak rüzgar hızlarını sıcaklık, nem oranı ve hava basıncının bir fonksiyonu olarak tahmini verilebilir (Takçı, 2008).

2.3. SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİNDEN KARAR AĞAÇLARI

Sınıflandırma yöntemlerinden biri de karar ağaçlarıdır. Karar ağacında, verilerin ortak özelliklerinden faydalanılarak sınıflandırma yapılır. Karar ağaçlarının akış şemasına benzeyen yapıları vardır. Bir karar ağacı, doğal bir ağaçta olduğu gibi kök, dal ve yapraklardan meydana gelmektedir. Karar ağaçlarında en son yapıya “yaprak”, en üst yapı “kök” ve bunların arasında kalan yapılar da “dal” olarak ifade edilmektedir. Karar ağacında kökten başlayarak veri dizisi belirli kriterlere göre ayrılmaktadır. Bu ayrımlar, en fazla kazancı elde edecek şekilde dallanır. Ağaçların büyümesi belirli kriterleri sağlanmasıyla sona ermektedir. Akpınar (2014)’ın belirttiği gibi karar ağacının oluşturulduğu bu sürece öğrenme süreci de denmektedir. Karar ağacının bölünme işlemi ikili, üçlü veya çoklu olabilmektedir. İstatistiki yöntemlerden biri olan diskriminant analiziyle benzerlikler göstermektedir.

Şekil 9: Karar Ağacı Yapısı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Diğer niteliklerin değerlerinin bir fonksiyonu olarak sınıf niteliği için bir model bulma işlemini içermektedir. Karar ağaçlarında hedef, önceden görülmeeyen kayıtların olabileceği kadar doğru şekilde bir sınıfa atanmasıdır. Bir test set modelin doğruluğunu belirlemek için kullanılır. Genellikle, verilen veri seti eğitim ve test veri setlerine bölünür. Eğitim veri seti ile model kurulur. Test veri seti ile de model doğrulanır (Takçı, 2008).

Karar ağacı (KA), kural bazlı bir araçtır. KA, üstte kökü ve altında dalları olacak şekilde çizilir. Bir gözlem kökten ağaca girer ve eğitilmiş algoritma üzerinden gözlemin hangi dalla yöneleceği görülmektedir. Bu süreç yaprağa ulaşana kadar devam etmektedir. Farklı yapraklar aynı seçimi yöneltebilir. Ama her bir yaprak bu seçimi belirli nedenlerle yapar. Kökten yaprağa kadar ki her bir yol, karar kuralını göstermektedir (Xie ve diğerleri, 2003).

Karar ağaçlarının sağladığı çeşitler avantajlar bulunmaktadır. Bunlar (Akpınar, 2014);

- Karar ağacı modellerinin anlaşılması ve sonuçlarının yorumlanması oldukça kolaydır.

- Karar ağacı modellerinde kullanılan veri, fazla bir ön işleme gerek duyulmadan kullanılabilir. Verinin normal dağılmaması ya da eksik değerlere hassasiyeti yüksektir.
- Hem sürekli hem de kategorik değişkenleri bir arada veya ayrı ayrı kullanmaya imkan veren karar ağacı algoritmaları bulunmaktadır.
- Çeşitli istatistik testler kullanılarak bir modelin güvenilirliği sınanabilir.
- Ölçeklenebilir özelliği ile kabul edilebilir süreler içerisinde sonuçların elde edilmesi sağlanabilir.

Karar ağacında kullanılan algoritmalar, birbirlerinden kullanılan değişken türlerine (kategorik, sürekli) göre, düğüm sayılarına (ikili, üçlü veya çoklu) göre, ağaç büyümesini durduran kriterlere göre, en iyi bölen özneliliğin seçilmesine göre ve budama sürecine göre farklılık göstermektedir.

Karar ağacı öğreniminde veri dizisinin bir kısmı öğrenme bir kısmı da test amaçlı kullanılmaktadır. Kullanılan karar ağacı öğrenimi algoritmasından elde edilen sınıflandırma kuralları test veri dizisine uygulanarak sonuçlar arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı test edilir (Akpınar, 2014).

Ağaçların büyümesi ve düğümlerin bölünmesi süreci, aşağıdaki kriterlerin birinin tamamlanması sonucunda sona erer (Akpınar, 2014):

- Düğümdeki tüm nesneler tek bir kategoriye aittir.
- Başlangıçta tanımlanan ağacın azami sayısına erişilmiştir.
- Bulunulan düğümdeki nesnelerin sayısı, ebeveyn düğümler için önceden tanımlanan asgari sayıdan daha küçüktür.
- Bulunulan düğüm bölündüğünde, ortaya çıkacak bir veya daha fazla çocuk düğümde nesnelerin sayısı, önceden tanımlanan asgari sayıdan daha küçüktür.
- En iyi bölen kriteri, her bölme işlemi sonucunda homojenleşmenin belirli bir düzeyinde artması gibi, önceden belirlenen eşik değerin altındadır.

Karar ağaçlarında budama süreci karar ağaçlarının optimize edilmesidir. Karar ağacında uzaklaştırılan yaprak veya dallarda bulunan nesnelerin, hiyerarşik yapı içerisinde kendilerinden daha üstte yer alan düğümlere ilave edilmesidir. Çeşitli budama yöntemleri bulunmaktadır. Maliyet-karmaşıklık, kötümser-hata, hata-karmaşıklık, kritik değer, azaltılmış hata başlıca budama yöntemleridir. Uygulamalı

istatistikte “makine öğrenmesi” adı altına birçok karar ağacı algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritmaları aşağıda belirtildiği şekilde sınıflandırmak mümkündür.

- a. Entropiye dayalı algoritmalar: Belirsizlik ölçüsü olan entropiye dayanan algoritmalar.
- b. Sınıflandırma ve regresyon ağaçları (CART): CART, karar ağaçlarında ikili dallanmalarının yapıldığı durumlarda kullanılmaktadır. Twoing ve gini algoritmaları kullanılan başlıca algoritmalar.
- c. Bellek tabanlı sınıflandırma algoritmaları (k-en yakın komşu algoritması) ise örnek kümedeki gözlemlerinin her birinin, sonradan belirlenen bir gözlem değerine olan uzaklıklarının hesaplanması ve en küçük Öklid uzaklığına sahip k sayıda gözlemin belirlenip, bunların aldıkları değerlere göre karar verilmesini sağlayan bir yöntemdir.

Entropiye dayalı algoritmalarda, karar ağacında hangi niteliğe göre dallanmanın yapılacağını belirlemek gerekir. Öncelikle sistemdeki belirsizliğin ölçüsü olan entropinin hesaplanması gerekmektedir. Bir özniteliğin kategorilerinin entropi değerleri $H(t)$, iki temelli logaritma kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır. Her bir özniteliğin entropi değeri;

$$H(T) = - \sum_{i=1}^n p(i) * \log_2(p(i))$$

T: veri dizisindeki toplam gözlem sayısı.

n: toplam sınıf (kategori) sayısı

C_i : i sınıfındaki gözlem sayısı, (i=1,2,...c)

$p(i) = \frac{|C_i|}{|T|}$, p(i): ilgili kategorideki gözlem sayısının toplam gözlem sayısına olan oranını temsil etmektedir.

Entropi değeri ile her bir özniteliğin entropi değeri arasındaki fark enformasyon kazancı olarak isimlendirilir. A özniteliği için Enformasyon Kazancı;

$$Kazanç(A) = H(T) - H_A(T)$$

şeklinde ifade edilir.

$$H_A(T) = \sum_{j=1}^n \frac{|C_{ij}|}{|T|} * H(T)$$

A: T test kümesinin elemanı

$\frac{|C_{ij}|}{|T|}$: j. Bölmenin ağırlığı

n: j=1,2,...v için A elemanının farklı değer sayısı

Enformasyon kazancının maksimizasyonu hedeflenmektedir ve en yüksek kazancı veren öznitelik, en iyi bölen olarak seçilir. Başka bir ifadeyle en büyük enformasyon kazancına sahip olan parametre kök düğüm olacaktır (Akpınar, 2014). Bu işlemler, en alttaki son yapraktaki parametre, hedef değer oluncaya kadar devam edilir. Böylece karar ağacı oluşturulmuş olacaktır. Uygulamada **Kazanç Oranı** da kullanılmaktadır. Maksimum kazanç oranına sahip olan öznitelik bölünme özniteliği olarak belirlenmektedir (Han ve Kamber, 2006).

$$Kazanç\ Oranı\ (A) = \frac{Kazanç(A)}{BölmeBilgisi(A)} = \frac{H(T)}{H_A(T)}$$

Karar ağaçlarında kullanılan algoritmalar Akpınar (2014)'te Tablo 9'da belirtildiği gibi gruplandırılmıştır.

Tablo 9: Karar Ağacında Kullanılan Algoritmalar

Algoritma Adı	Yılı	Yayınlayan Kişi
FACT	1988	Loh ve Vanichsetakul
T1	1993	Holte
CALC5	1994	Müller ve Wysotzki
OC1	1994	Murthy ve Salzberg
LMDT	1995	Brodley ve Utgoff
MARS	1991	SAlford System
PUBLIC	2000	RaSTOGİ VE Shim
SPRINT	2003	Khoshgoftaar ve Seliya
CLS Ailesi	CLS	1959 Hoveland ve Hunt
	ID3	1986 Ross Quinlan
	C4.5	1993 Ross Quinlan
	TimeSleuth	Kamram Kamrini
	C5.0 /See5	1994 Quinlan
AID Ailesi	AID	1971 Sonquist, Baker ve Morgan
	MAID	1972 Gillo
	THAID	1973 Morgen ve MEssenger
	CHAIDc	1980 Gordon V.KAss
	Exhaustive CHAID	1991 Biggs, de Ville ve Suen
	CART	1984 Breiman, Freidman, Olshen, Stone
	QUEST	1997 Loh ve Shih

Kaynak: Akpınar,2014

ID.3 algoritması, entropi ve gini endeksini kullanır. ID.3 algoritması sözel değerlere sahip verilerle karar ağacı oluşturulmasına imkan verirken, C4.5 sayısal

değerlere sahip verilerle de karar ağaçlarının oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. CART ise her bir karar düğümünden sonra ağacın iki dala ayrılması ilkesine dayanır.

En çok kullanılan Karar Ağacı algoritmaları, CHAID, CART ve C4.5 algoritmasıdır. C4.5 algoritması oldukça popülerdir. Diğer iki karar ağacı algoritmasıyla karşılaştırıldığında, C4.5 algoritması CART'tan farklı olarak her bir düğüm noktasında çok sayıda dallardan oluşmakta ve CHAID'ten farklı olarak hem kesikli hem de sürekli verilerle çalışan bir ağaç oluşturmaktadır (Xie ve diğerleri, 2003). Bu tezde C4.5 algoritması kullanılmıştır.

C4.5 Algoritması, 1993 yılında Ross Quinlan tarafından yayımlanan ve ID.3 algoritmasının uzantısı olarak kabul edilen bir karar ağacı yöntemidir. CLS ailesinin özelliklerini bünyesinde bulundurmaktadır. En iyi bölen düğüm seçiminde entropi ve enformasyon kazancı teknikleri kullanılmaktadır. C4.5'te tüm özellikler aynı sınıfa ait olduğunda, bir yaprak düğüm oluşturularak bu sınıfın adı isimlendirilir. Eğer değişkenlerin hiçbirisi enformasyon kazancına sahip değilse ve yeni bir sınıf ortaya çıkmışsa, C4.5 sınıfının beklenen değeri kullanılarak bir karar düğümü oluşturulur. C4.5, ID.3 algoritmasından farklı olarak hem kategorik hem de sürekli değişkenlerle işlem yapılabilen ve veri dizisinde eksik değerlerin bulunması durumunda, bunlar entropi ve enformasyon kazancı hesaplamalarına dahil edilmez. Ayrıca değişkenlere farklı maliyet değerlerinin de atanmasına izin verir (Akpınar, 2014).

C4.5 algoritmasının en önemli özelliği olan sayısal verilerle de işlem yapılabilmesidir. Sayısal veriler için en büyük bilgi kazancını sağlayacak şekilde t eşik değerleri hesaplanarak bu verilerin kolaylıkla işleme sokulması sağlanır. Öncelikle veriler sıralanır. Böylelikle $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ biçimini alır. Bu sıralamada kümenin orta noktalarını oluşturan iki değer $[v_i, v_{i+1}]$ alınır. Eşik değeri;

$$t_i = \frac{v_i + v_{i+1}}{2}$$

olarak alınır. Böylece sayısal değerler için t değerine göre karşılaştırma yapılabilir.

Oluşturulan karar ağaçlarında fazla alt ağaç olması, yapılan işlemin kalitesini düşürebilir veya sınıflandırmaya katkısı olmayabilir. Bu amaçla alt ağaç yerine yaprak yerleştirilerek budama işlemi gerçekleştirilmiş olunur. Bunu test etmek için ön budama olarak isimlendirilen, ölçme öncesinde ve sonrasında önemli bir fark olup olmadığı X_2 ile test edilir ve önemli bir fark yoksa düğüm yaprak olarak kalır. Buna alternatif olarak budama işlemi için bir doğruluk ölçütü kullanılabilir. Her bir düğüm için U_{cf} güven

sınırı iki terimli dağılımların istatistiksel tabloları kullanılarak belirlenir. C4.5 algoritmasında %25 güven sınırını kullanarak, her bir düğümdeki ağırlıklı ortalama T_i ile yaprakların güven aralığı $U_{\%25}$ karşılaştırılır. Alt ağaçtaki kök düğümün beklenen hatası, yapraklardaki $U_{\%25}$ toplam ağırlıktan daha küçük ise alt ağaç yok edilir. Onun yerine yaprak haline gelir.

2.4. VERİ MADENCİLİĞİNDE KULLANILAN YAZILIMLAR

Bilgi ve tecrübeyi birleştirmek için Veri Madenciliği konusunda geliştirilmiş yazılımların kullanılması gerekmektedir. Hızla artan veri kayıtları (GB/saat), otomatik istasyonlar, uydu ve uzaktan algılama sistemleri, teleskopla uzay taramaları, gen teknolojisindeki gelişmeler, bilimsel hesaplamalar, benzetimler, modeller, veri madenciliğini zorunlu kılmıştır (Dener, 2009).

Veri Madenciliği uygulamalarını gerçekleştirmek için yazılımlara ihtiyaç duyulur. Bu yazılımları açık kaynak kodlu araştırma yazılımları ve ticari yazılımlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Yazılımların birçoğunda modelleme, veri hazırlama, görselleştirme ve yorumlama bileşenleri içermektedir. Ticari yazılımlara örnek olarak SPSS Clementine, Excel, IBM SPSS Statistics, SAS, Angoss, KXEN, SQL Server, MATLAB, Enterprise Miner, Intelligent Miner gösterilebilirken, açık kaynaklı olanlara RapidMiner (YALE), LISP-Miner, WEKA, R, C4.5, Orange, KNIME gösterilebilir (Dener, 2009; Haluzova, 2008). Kaya ve Özel (2014) çalışmalarında Tablo 10'da gösterildiği gibi açık kaynak kodlu veri madenciliği yazılımlarını karşılaştırmışlardır.

İlişkisel grafikler oluşturabilmesi, kullanıcı arayüzünün daha anlaşılır olması, herhangi bir uzman kullanıcıya gereksinim duyulmaması, çok sayıda desteklediği algoritmanın bulunması, görselleştirme özelliğinin çok iyi olması, hatasız çalışması ve desteklediği dosya formatının geniş olması gibi nedenlerden dolayı RapidMiner programı üzerinden veri madenciliği işlemleri yapılmıştır.

Tablo 10: Açık Kaynak Kodlu Veri Madenciliği Yazılımlarının Karşılaştırılması

Özellikler	Keel	Knime	Orange	R	RapidMiner (YALE)	WEKA
Veri Madenciliği Algoritmaları	Var	Var	Var	Var (En Az)	Var (En Fazla)	Var (En Fazla)
Makine Öğrenmesi Paketleri	Var	Var (Güçlü)	Var (Zayıf)	Var (Zayıf)	Var	Var (Çok Güçlü)
Metin Madenciliği	Var	Var (Modül)	Var	Var (Paket)	Var	Var
Biyoinformatik	Var	Var (Modül)	Var (Paket)	Var	Var (Modül)	Var
Veri Analizi / Önleme	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Sınıflama/ Kümeleme	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Birlikte Kuralları Çıkarımı	Var	Var	Var	Var (Paket Olarak)	Var	Var
Nitelik Seçimi	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Görselleştirme	Var	Var (Çok İyi)	Var (6 çeşit)	Var (Çok İyi)	Var (Çok İyi)	Var (5 çeşit)
GUI	İyi	Çok İyi	İyi	Zayıf	Çok İyi	İyi
Grafik	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Komut Satırı Arayüzü Bağlantısı	Var	Var	Var	Var (Çok Zayıf)	Var	Var (Çok İyi)
GPL Lisans	Evet (GPLv3)	Evet (GPLv3)	Evet	Evet (GPLv3)	Evet	Evet
Kullanım ve Öğrenim Kolaylığı	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet (En Kolay)
Hatasız Çalışma	Evet	Evet	Evet (En Az)	Evet	Evet (En Fazla)	Evet (En Az)
Dokümantasyon	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Script Yazma	Var	Var	Var (En İyi)	Var	Var	Var
Eklenebilir Paketler	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Desteklenen Dosya Formatları	.dat, .arff, .csv, .xml, .txt, .prn, .xls, .dif, .html	.arff, .csv	.tab, .basket, .names, .data, .txt, .xls	.r, .txt, .ods, .csv, .xml	.sml, .srff, .stt, .bib, .clm, .cms, .cri, .csv, .dat, .ioc, .log, .matte, .mode, .obf, a bar, one pair, .res, .sim, .thr, .wgt, .wls, .xrff, .arff	.arff, .csv
Çalışabildiği Veritabanları	SQL	Oracle, MS SQL Server, PostgreSQL, MySQL, Access, ODBC, JDBC	MySQL	Informix, Oracle, Sybase, DB2, MS SQL Server, MySQL, PostgreSQL, MS Access, ODBC	Oracle, MS SQL Server, PostgreSQL, MySQL, JDBC, Sybase, Access, IBM DB2, Ingres, Metin Dosyaları	JDBC, JDBC aracılığıyla SQL
Excel Dosyalarıyla Çalışabilme	Evet (import ile)	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet (Kötü Bağlantı)
Bellek Kullanımı	Limitli	Ayarlanabilir	Limitli	Limitli	Artırılabilir	Artırılabilir/ Ayarlanabilir
Yazıldığı Dil	Java	Java	Python, C++	C, R, C++, Fortran	Java	Java
Gerekli Minimum İşletim Sistemi	MS Windows, GNU/ Linux, Mac Os X	MS Windows, GNU/ Linux, Mac Os X	MS Windows, GNU/ Linux, Mac Os X	MS Windows, GNU/Linux, Unix, Mac Os X	MS Windows, GNU/Linux, Mac Os X	MS Windows, GNU/ Linux, Mac Os X

Kaynak: Kaya ve Özel, 2014.

2.5. VERİ MADENCİLİĞİNDE STANDART SÜREÇ MODELİ

Bir veri madenciliği projesinin başarısı ya da başarısızlığı yüksek oranda bir kişinin ya da takımın bunu yürütebilmesine ve başarılı çalışmaların firma tarafından tekrar edilebilmesine bağlıdır. Veri madenciliği, işletme problemlerini veri madenciliği hedeflerine dönüşmesine yardımcı olabilecek, uygun veri dönüşümü ve veri madenciliği tekniği için öneride bulunabilecek ve sonuçlarının etkinliğini değerlendirme ve deneyimleri dokümanite edilmesi için anlam taşıyacak standart bir yaklaşıma ihtiyacı vardır (Wirth ve Hipp, 2000).

Veri madenciliği çeşitli araçlar ve farklı insanlara ihtiyaç duyan karmaşık bir süreçtir. Veri madenciliği projelerinin başarısı iyi araçların ve yetenekli analistlerin karışımına bağlıdır. Bunun yanında iyi bir yöntem ve etkili proje yönetimi gerektirir. Bir süreç modeli, bu karmaşık süreç boyunca etkileşimleri yönetmeye ve anlamaya yardımcı olabilir (Wirth ve Hipp, 2000). Veri Madenciliği çalışması, anlamlı sonuçlara ulaşılabilecek sistematik bir yaklaşım içerisinde yürütülmesi gereken bir süreçtir. Veri madenciliği araçları sunan bir çok satıcı, danışmanlık firması ve araştırmacı, kullanıcılara yönelik sistematik yaklaşım sunan birçok süreç model oluşturmuşlardır.

Veri madenciliği süreci; veri temizleme, veri bütünleştirme, veri indirgeme, veri dönüştürme, veri madenciliği algoritmasını uygulama ve sonuçların sunumu ve değerlendirmesi aşamalarından oluşmaktadır (Özkan, 2008). Her adımda genellikle ticari veya açık kaynaklı yazılım araçlarının desteğiyle ilerlenmektedir. Genel olarak veri madenciliği sürecindeki adımları Tablo 11’de başlıklar altında toplamak mümkündür.

Tablo 11: Veri Madenciliği Süreci Adımları

Aşama	Kapsamı
Veri Temizleme	Gürültülü ve aykırı verilerin kaldırılması
Veri Entegrasyonu	Birden fazla veri kaynağının birleştirilmesi
Veri Seçimi	Veri analizine uygun olan veriler veritabanından seçilir
Veri Dönüştürme	Verinin standardizasyonu, birleştirme ve ayırma işlemleri yaparak yöntemlerin uygulanmasına hazır hale getirilmesi
Veri Madenciliği	Verilere yöntemlerin uygulandığı süreçtir
Örüntü Değerlendirme	İlginç ölçümlere dayanan bilgileri gösteren örüntüleri tanımlanır
Bilgi Gösterimi	Kullanıcılara ya da karar vericilere ortaya çıkarılmış bilgilerin görsellerle desteklenerek bilgi sunumunun gerçekleştirilmesi.

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Veri madenciliği bir Bilgi Keşfi Sürecidir (BKS). Bu bilgi keşfi sürecinin ortak bir bakış açısıyla yürütülebilmesi için süreç modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller sürecin daha iyi anlaşılmasını, zaman ve maliyete dikkat edilerek projelerin daha iyi planlanması ve yürütülmesi için bir yol haritası sunmaktadır. Veri madenciliği süreci, deneyimlerle değişebilecek yaşayan bir süreçtir. Tüm dokümanlar ve tüm süreç modelleri esnek ve canlı olmalıdır (Wirth ve Hipp, 2000). Cios ve diğerleri (2007)'nin de belirttiği üzere bir standart süreç modelinin yapısı aşağıda belirttiği gibi olmalıdır;

- Verinin sahipleri/kullanıcıları için son ürün kullanışlı olmalıdır.
- İyi tanımlanmış bir BKS mantıksal, tutarlı, iyi düşünülmüş yapıya ve BKS'nin ihtiyaçlarını, değerini ve mekanizmasının zor anlayan karar vericilere sunulan yaklaşıma sahip olmalıdır.
- Sağlam bir çerçeveye oturtulmuş bilgi keşfi önemli bir proje yönetim çalışması gerektirir.
- Bilgi keşfi kurulmuş modellere sahip diğer mühendislik disiplinlerine ait örnekleri takip etmelidir.
- Yaygın olarak BKS'nin standardizasyonu ihtiyacı bulunmaktadır. Bu durum doğrudan daha hızlı, daha ucuz, daha gerçekçi ve daha yönetilebilir proje performansının yönlendirmektedir. Standartlar gelişimi ve sonuçlara ulaşılmasını arttırmaktadır.
- Bilgi keşfi, uygulama alanındaki yeni bilgilerin arandığı bir süreçtir. Bir tanesi veri madenciliği olan birçok adımdan oluşmaktadır. Her bir adımda hedeflerin tamamlanması amaçlanmaktadır.
- BKS, belirli bir sırayı takip eden çoklu adımlardan oluşmaktadır. Bir sonraki adım kendinden önceki adımın başarılı bir şekilde tamamlanması ile başlatılır ve bir önceki adımdan elde edilen sonuçlar girdi olarak kullanılır.
- BKS, proje alanının ve verinin anlaşılması hedefleri arasında değişir. Birçok geribildirim döngüsü içermektedir.
- Süreç modellerini kullanmanın temel nedeni bilgi keşfi projelerini ortak bir çerçevede formalize edebilmektir. Hedef maliyet ve zaman tasarrufu yapabilmek ve anlamayı, başarı oranlarını ve benzer projelerini kabulünü

arttırmaktır. Modeller belirli uygulamalardan, araçlardan ve satıcılardan bağımsız olduklarını vurgularlar.

- Fayyad vd.'nin dokuz-adımlı modeli, Anand ve Buchner sekiz-adımlı modeli, Cios vd.'nin altı-adımlı modeli, Cabena vd.'nin beş-adımlı modeli ve CRISP-DM modelinden oluşan beş BKS modeli bulunmaktadır. Her modelin uygulama alanına ve işletme hedeflerine bağlı olarak güçlü ve zayıf oldukları noktalar bulunmaktadır.
- BKS'nde en önemli göz önünde bulundurulması gerek her bir adımın tamamlanması için gereken zamandır. Genellikle, veri hazırlama aşaması en çok zaman alan aşamadır.

1990'lardan beri birçok BKS geliştirilmiştir. İlk çalışmalar akademik araştırmalarla başlamış ama daha sonra bu çalışmalar hızlıca sanayi tarafından da izlenilmiştir. Modellerin temel yapıları ilk Fayyad ve arkadaşları tarafından önerilmiş ve daha sonra diğerleri tarafından geliştirilmiştir. Modeller arasındaki farklılıklar adımların sayısında ve amaçlarında ortaya çıkmaktadır. Tüm modellerin ortak özelliği girdi ve çıktılarının tanımlarının aynı olmasıdır. Girdiler, veritabanında veya dosyalardaki numerik ve nominal verilerden, resim, video, xml yada html dosyalarından vb. farklı formattaki verilerden oluşmaktadır. Çıktılar ise, kurallarla, desenlerle, sınıflandırma modellerle, eğitimler ve istatistiksel analizlerle tanımlanan yaratılmış yeni bilgilerden oluşmaktadır (Cios ve diğerleri, 2007). Tablo 12'de BKS modelleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Modellerin akademik veya endüstriye yönelik olması, adım sayısı, modellerin adımların karşılaştırılması ve uygulama alanları hakkında bilgileri içermektedir.

Modeller belirli uygulamalardan ve araçlardan bağımsız olduklarını vurgulasalar da, genel olarak endüstriyel konularda dikkate alınıp alınmadıklarına göre ayrılmaktadır. Her ne kadar genellikle endüstriyel konularla ilgilenmeyen akademik modeller olsada bunlar kolayca endüstriyel niteliklere uygulanabilir ya da tam tersi endüstriyel modellerdekiler akademik problemlere uygulanabilmektedir. (Cios ve diğerleri, 2007).

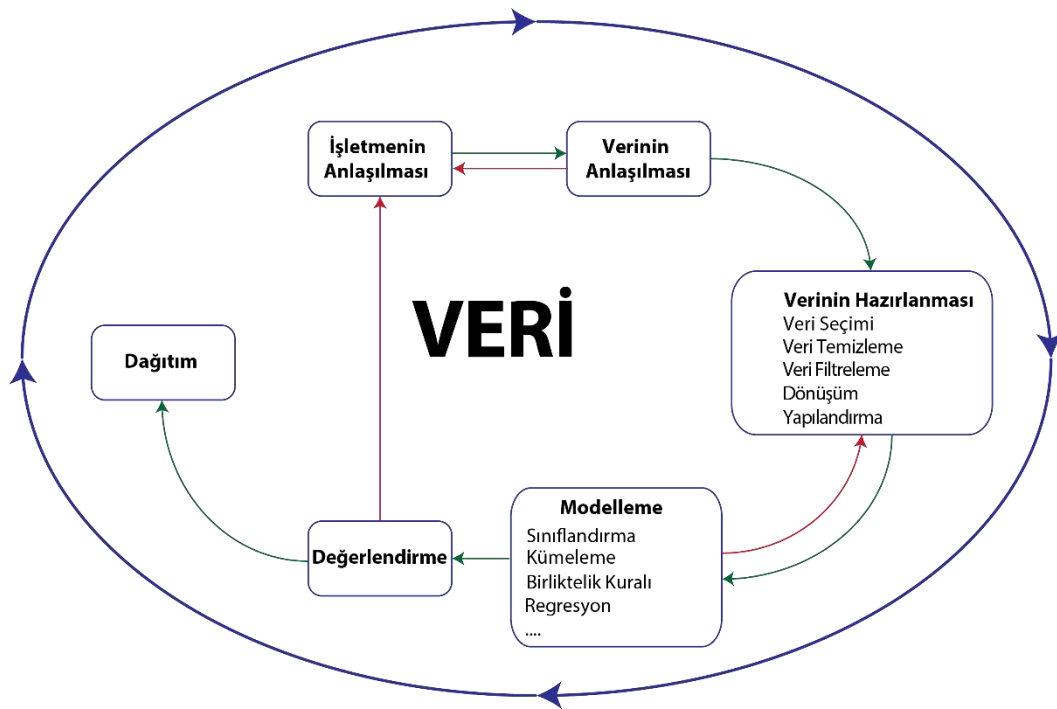
Tablo 12: BKS Modellerinin Karşılaştırılması

Model	Fayyad ve diğerleri	Aman&Buchner	Cios vd.	Cabena vd.	CRISP-DM
Temel Alan	Akademik	Akademik	Hibrit	Sanayi	Sanayi
Adım sayısı	9	8	6	5	6
Adımlar	1. Uygulama alanını geliştirme ve anlama 2. Hedef Veri Seti yaratma 3. Veri temizleme ve ön işleme 4. Veri indimi ve kestirimi 5. Veri Madenciliği Görevinin seçimi 6. Veri madenciliği algoritmasının seçimi 7. Veri madenciliği 8. Çıkan durumu yorumlama 9. Keşfedilmiş verinin birleştirilmesi	1. İnsan kaynağının tanımlanması 2. Problem tanımı 3. Verinin zenginleştirilmesi 4. Alan bilgisini ortaya çıkarma 5. Veri ön işleme 6. Yöntem tanımlama 7. Desen Keşfi 8. Bilgi son işlemesi	1. Problem alanını anlama 2. Veriyi anlama 3. Verinin Hazırlanması 4. Veri Madenciliği 5. Keşfedilen bilginin keşfedilmesi 6. Keşfedilmiş bilginin kullanılması	1. İşletmenin Hedeflerinin belirlenmesi 2. Veri Hazırlama 3. Veri Madenciliği 4. Sonuçların analizi 5. Bilginin özümzenmesi	1. İşletmeyi anlamak 2. Verinin anlaşılması 3. Verinin hazırlanması 4. Modelleme 5. Değerlendirme 6. Bilginin özümzenmesi
Notlar	En popüler ve en çok alıntı yapılan modeldir. Ayrıntılı teknik açıklamalarda bulunmaktadır. Ancak işletme bakış açısı eksiktir.	Sürecin başlangıç adımlarında ayrıntılı döküm sağlar. Bilginin uygulaması ve proje dokümantasyonu eksik aşamadır.	Hem akademik hem de endüstriyel modeller için kullanılabilir. Geribildirim döngülerini açıklar ve tanımlar.	İşletme odaklı ve veri madenciliği uzmanı olmayan kişilerin kolaylıkla anlayabileceği şekildedir	Kolay anlaşılır kelimeler kullanılır. İyi bir dokümantasyon yapısı vardır. Tüm adımları, ayrıntıları içeren alt adımlara bölünmektedir.
Destekleyen Yazılımlar	Ticari: MineSet™	Yok	Yok	Yok	Ticari: Clementine
Uygulama Alanları	Tıp, Mühendislik, üretim, e-ışletme, yazılım	Pazarlama, satışlar	Tıp, yazılım	Pazarlama, satışlar	Tıp, mühendislik, pazarlama, satışlar

Kaynak: (Cios ve diğerleri, 2007)

Cross-Industry Standard Process for Data Mining-(Veri Madenciliği için Sektörler arası Standart Süreci)(CRISP-DM) 1990 yılların sonlarına doğru ticari veri madenciliği sağlayıcısı Integral Solution Ltd., veritabanı sağlayıcısı olan NCR, otomobil firması olan DaimlerChrysler ve sigorta şirketi OHRA tarafından kurulmuştur. Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen ESPRIT programı tarafından desteklenmiştir. CRISP-DM projesi, hem sanayi sektörü hem de teknoloji kullanımı bağımsız olan veri madenciliği projeleri için çerçeve sunan süreç modeli tanımlayarak bu problemlerin bazılarını çözmüştür. CRISP-DM süreç modeli büyük veri madenciliği projelerinin, daha az maliyetli, daha güvenilir, tekrar edilebilir, daha yönetilebilir ve hızlı olmasını amaçlamaktadır (Wirth ve Hipp, 2000).

Şekil 10: CRISP-DM Süreç Modeli Aşamaları



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

CRISP-DM, farklı araçların ve farklı uzmanlık alanları olan kişilerin birlikte çalışabildikleri etkin ve etkili projelerin yürütülmesini sağlamaktadır. CRISP-DM

aşamaları arasında ilerlerken geri dönüşlere imkan vermektedir. Bir aşama kendinden önceki aşamanın çıktıları üzerinden ilerlemektedir. CRISP-DM aşamalarının belirtildiği şekil, veri madenciliği sürecinin akışını temsil etmektedir. Veri madenciliği süreci sadece bir sonuç ortaya koyarak bitmemekte, sonraki çalışmalar için önceki deneyimlerden yararlanılmasını sağlamaktadır.

CRISP-DM modeli, Referans modeli ile Kullanıcı Kılavuzu şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Referans modeli aşamalara, hedeflere ve bunların çıktılarına hızlı bir bakış yapmakta ve proje içerisinde “ne yapacağını” tanımlamaktadır. Kullanıcı kılavuzunda ise daha ayrıntılı ipucu verilmekte ve projenin “nasıl yapılacağı” tasvir edilmektedir. CRISP-DM modeli, proje yaşam döngüsü bakış açısıyla bakmaktadır. Projenin aşamalarını, ilgili hedeflerini ve çıktılarını içermektedir (Wirth ve Hipp, 2000). Şekil 11’de gösterilen CRISP-DM aşamalarından aşağıda kısaca bahsedilecektir (Cios ve diğerleri, 2007; Akpınar, 2014; Haluzova, 2008);

1. Aşama–İşletmenin/Problemin Anlaşılması: Kurumun işletmenin hedeflerinin anlaşılmasına odaklanmaktadır. Aynı zamanda veri madenciliği probleminin tanımlandığı ve bunun proje planına dönüştürüldüğü aşamadır. Burada yapılacak çalışmada neye ulaşmak istendiğini belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu aşama; kurum hedeflerinin belirlenmesi, durum değerlendirilmesi, veri madenciliği hedeflerinin belirlenmesi ve proje planının üretilmesi alt adımlarına ayrılmaktadır.

2. Aşama - Verinin Anlaşılması: Verinin yapısının anlaşıldığı ve belirlendiği aşamadır. İlk verilerin toplandığı ve anlaşılmaya çalışıldığı aşamadır. Veriyi anlarken, verinin tanımlandığı, verinin keşfi ve kalitesi ortaya konulmaktadır. Veride gizli olan bilgilerin ortaya konulması için hipotezlerde yine bu aşamada tasarlanmaktadır.

3. Aşama - Verinin Hazırlanması: Süreç modelinin en zor aşamasıdır. Uygun verinin seçildiği ve analitik yöntemlerin kullanılabilir hale getirildiği aşamadır. Ön işleme aşaması olarak tanımlanmaktadır. Bu adım bir sonraki adımda veri madenciliği araçlarında kullanılacak olan son veri setinin oluşturulması için gerekli tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Tablo, kayıt ve değer seçimi, veri temizleme, yeni değerlerin yapılandırılması ve verinin dönüştürülmesini içermektedir. Verinin seçimi, veri

temizleme, verinin yapılandırılması, verinin birleştirilmesi ve verinin alt adımlarının biçimlendirilmesi adımlarına bölünmektedir. Sırasıyla, aşağıdaki adımlar izlenmektedir;

- Veri Seçim ve Entegrasyonu: Farklı birçok kaynaktan verilerin toplanması, seçilmesi ve bir araya getirilmesi işlemidir.
- Veri Temizleme: Veri setindeki eksikliklerin tamamlanması, sıra dışı değerlerin çıkartılması işlemlerini içermektedir.
- Filtreleme: Veri hacminin küçültülmesi işlemlerini kapsamaktadır.
- Dönüşüm: Standardizasyon, kesimlere ayırma ve birleştirme gibi işlemlerle verinin modelleme aşamasına hazırlanmasıdır.
- Yaratım
- Etkileşim
- Yapılandırma

Ham veriden kullanılabilir veriye erişinceye kadarki adımları kapsamaktadır. Bu süreç bilgi keşfi sürecinin zaman olarak büyük ve önemli bir kısmını kapsamaktadır. Büyük zaman maliyetine karşılık, verinin kalitesinin artırılmaması veya veri kalitesinin sürdürülebilir olmaması inşa edilecek olan veri analizi ve veri madenciliği yöntemlerinin başarısız olmasına neden olacaktır

4. Aşama – Modelleme: Veri madenciliği yöntemlerinin kullanıldığı aşamadır. Birçok yöntem içerisinden, hedefe en uygun olanının seçilmesi gerekmektedir. Bu aşama aynı zamanda modelin kalitesinin de ölçüldüğü aşamadır. Birçok modelleme yöntemi seçilebilmekte ve kullanılabilir. Bu aşamada aynı veri madenciliği problemi ve parametrelerinin en uygun değere ulaşması için birçok model kullanımını içermektedir. Modelleme tekniğini seçilmesi, test tasarımının yaratılması, modelin yaratılması ve yaratılan modelin değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

5. Aşama – Değerlendirme: Kurulan modelin sonuçlarının ilgili karar vericilerle paylaşılmadan önce ayrıntılı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir ve kurumun amaçlarına uygunluğunun incelenmesi gerekmektedir. Keşfedilmiş verinin değerlendirme ve yorumlama aşamasıdır. Gerekirse önceki işin anlaşılması adımı geri dönüşlerde yapılabilir ve ele alınan modelin yapılandırılması için yeniden ele alınabilir. Bu amaçla veri analizi açısından yüksek kalitede bir veya iki model oluşturulduktan sonra model,

kurumun hedefleri açısından değerlendirilir Anahtar hedef, çok üstünde durulmayan kuruma ait herhangi bir konuyu tanımlamaktır. Bu aşamanın sonunda, elde edilen sonuçların kullanımına karar verilir. Bu adımdaki alt adımlar; sonuçların değerlendirilmesi, sürecin tekrardan ele alınması ve bir sonraki adımın belirlenmesidir.

6. Aşama – Dağıtım: Modelin kurulması yeterli olmamaktadır. İlgili kullanıcıların veya karar vericilerin faydalanabileceği şekilde düzenlenmesi de gerekmektedir. Elde edilen bilgi kabul edilebilir formlar haline getirilir ve raporlama yapılır. Burada kullanıcının kullanımına uygun bir şekilde keşfedilen bilginin organize edilmesi ve düzenlenmesi gerekir. Zorunluluklara bağlı olarak, bu adımda oldukça basit bir rapor yaratılmış ya da tekrarlanabilir bilgi keşfi süreci için oldukça karmaşık olabilir. Sunumun planlanması, izleme ve kontrollerinin planlanması, son raporun oluşturulması ve süreç alt adımlarının gözden geçirilmesinden oluşmaktadır Elde edinilen bilgi final raporunun yazılması veya belirli faaliyetlere göre uygulanabilir yapıya dönüştürülmesi gerekir.

2.6. ULAŞIMDA VERİ MADENCİLİĞİ

Ulaşım odaklı çeşitli çalışmalarda veri madenciliği yöntemleri kullanılarak ulaşım türü seçimi problemi ele alındığı görülmüştür. Seçim olasılığıyla ilgili önceden tanımlanmış olasılık dağılımlarını dikkate alan seçim modellerinin aksine, veri madenciliği yaklaşımları tür seçimi, hanehalkı özellikleri, kişisel özellikler ve yolculuk özellikleri gibi açıklayıcı değişkenlerin birleşimi olarak tanımlanan yolculuklara ait örüntü tanıma problemi olarak görmektedir. Verinin keşfiyle, veri madenciliği yaklaşımı bu açıklayıcı değişkenler ve tür seçimi arasındaki desenleri ve bağlantıları tanımlayabilmektedir (Lu ve Kawamura, 2010).

Veri madenciliği modelleri, alternatifler ve seçimler arasındaki ilişkiyi ortaya koymada geleneksel lojit modellerinden daha esnek bir yapı sunmaktadırlar. Örnek veriden çıkardıkları desen karakteristiklerini öğrenebilmekte ve tanımlayabilmektedir ler (Xie ve diğerleri. 2003).

Lu ve Kawamura (2010) çalışmalarında, Chicago Ulaşım çalışmaları (CATS) kapsamında 1990 yılında gerçekleştirilen hanehalkı yolculuk anketi kullanılarak iş amaçlı

yolculuklara ait türel ayırım tahminlenmesi yapmak için Sınıf Birliktelik Kuralları (Class Association Rules-CAR) makine öğrenme algoritmasının yeteneğini incelemiştir. Bu çalışmada tür seçimi çalışmalarında CAR'ın avantajı, dezavantajı ve uygulanabilirliğini araştırılmıştır.

Xie ve diğerleri (2003) çalışmalarında tür seçimi için karar ağacı, sinir ağları ve çok terimli lojit modellerin tahmin performanslarını karşılatırmıştır. Bu çalışma ile karar ağaçlarının daha yüksek tahmin verimliliğine sahip olduğuna ve daha iyi yorumlanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Karar ağaçları, hanehalkı, kişi, yolculuk özelliklerinin ve tür seçiminin arasında desen ve bağlantının olduğunu doğrulamaktadır. 2000 yılı San Francisco, Kaliforniya yolculuk anket verileri model tahminlemesi için kullanılmıştır. Tahminleme sonuçları göstermiştir ki karar ağacı ve sinir ağları, çok terimli lojit modelden daha iyi sonuçlar göstermiştir. Veri setinde, sadece evden başlayıp iş yerinde biten yolculuklar dikkate alınmıştır. Tür seçim modelinde sadece dört ulaşım türü dikkate alınmıştır. Bunlar; sürüş, arabada yolcu, tren ve yayadır. Bu çalışma sonunda veri madenciliğinin tür seçimi analizindeki performansını umut verici olduğu ve ulaşım planlaması çalışmalarındaki değerinin ortaya konulması için daha fazla araştırmayı hak etmektedir. Bu çalışma ile CARS'ın tahminleme performansı, araştırmacıları bu tekniği kullanmaları konusunda motive edecektir. CARS gibi tekniklerin kullanılmasıyla, istatistiksel dağılımlar yerine yolculuk davranışlarına dayanan kurallar simüle edilebilir (Lu ve Kawamura, 2010).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYON İLE ULAŞIM TALEPLERİNİN MODELLENMESİ

3.1. SİMÜLASYON

Simülasyon tekniği kullanılarak bir sistemin belirlenen zaman aralığında davranışı ortaya koymaya çalışılmaktadır. Simülasyon ile gerçek bir sisteme ait modeli tasarlama süreci, sistem davranışını anlama ve farklı stratejiler dikkate alarak model üzerinde denemeler yapılmaktadır. 1950 yıllardan itibaren iş bilgisayarlarının gelişimiyle simülasyon bir yönetim aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Simülasyon modeli, sadece matematik denklemlere değil denemelere de dayanmaktadır. Oluşturulan model ile optimum sonuçlar elde edilmez ama alternatif çözümler ortaya konması sağlanır. Alternatifler içerisinde optimuma en yakın olan çözüm seçilir.

Simülasyon ile modelleme, sistem davranışını tanımlama ve hipotez kurma aşamalarını içermektedir. Simülasyon, sistem kurulmadan önce planlama aşamasında gerçekleştirilerek hem mevcut sistemdeki değişikliklerin ortaya çıkaracağı etkileri hem de yeni kurulacak bir sistemin performansını tahmin etme imkanı sunmaktadır.

Simülasyon modellerinin en önemli özelliklerinden biri de zamanın en temel elemanlarından biri olmasıdır. Sistemin zaman içerisindeki davranışları belirlenmeye çalışılmaktadır. Herhangi bir amaç için geliştirilen ve çalıştırılan bir simülasyon modeli kontrol edilebilir koşullar altında sistemin zaman içerisinde değişimini gösteren dinamik davranışların kontrol altına alınmasına imkan sağlamaktadır. Dinamik olan sistemin davranışları, bilgisayarlar aracılığıyla taklit edilerek kontrol altına alınabilir. Aynı zamanda girdi-çıkı modelleridir. Simülasyon teknikleri, Monte-Carlo, şans oyunları ve model örnekleme yöntemlerini içermektedir.

Zaman içerisinde mekansal değişimleri incelemek içinde simülasyon yönteminden faydalanılmaktadır. Özellikle kentlerde yapılacak yatırımların veya dönüşümlerin etkilerini ortaya koymak için simülasyon tekniğinden faydalanılabilir. Hava yolu, kara yolu, demir yolu ve deniz yolu ile yapılan seyahatlerin veya bunlarla ilişkisi altyapı çalışmalarının zaman veya süreç içerisindeki değişim veya gelişimlerini simülasyon teknikleri ile ortaya koymak zaman ve maliyet açısından karar vericilere fayda sağlayacaktır.

3.2. ULAŞIMDA SİMÜLASYON

Tüm simülasyonlarda olduğu gibi trafik alanında simülasyon kullanmasını sebepleri de aynıdır. Elle yapılan analitik yöntemlerle sorunların çözülmesi problemi, test etme ihtiyacı, uygulamadan önce değerlendirme ve deneme, araştırma yapma ve insanların alıştırılmasıdır (Pursula, 1999).

Ulaşım ile ilgili analiz çalışmalarında kesikli simülasyonun kullanılması, trafik problemlerini çözmede başarılı sonuçlar vermektedir. Trafik simülasyonu kapsamında, araç trafiğinin gelişmesine uygun olarak yol ağının optimizasyonu, trafik ışıklarının programlanması ve araçların yönlerinin değiştirilmesi gibi işlemler yapılmaktadır (Saliba ve diğeri, 2010).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), ulaşım alanında oldukça kullanılmakta ve bu sistemlere Geographical Information System in Transportation (GIS-T) (Ulaşım Coğrafi Bilgi Sistemleri) denmektedir. GIS-T’de yolların geometrik tasarımları, trafik görüntüleme ve kontrolü, ulaşım talep ve arzları, kaza tahminleri, rota optimizasyonu, yol çalışmalarının görüntülenmesinde ve kontrolünde kullanılmaktadır. Simülasyon araçlarının ve CBS’nin entegrasyonu simülasyon tarafından türetilen ve kullanılan verinin, mekânsal veriyle ilişkilendirilerek daha esnek bir şekilde sunulmasını sağlamaktadır (Saliba Neto ve diğeri, 2010). Trafik simülasyonu çalışmaları CBS ve Computer Aided Design (CAD) (Bilgisayar Destekli Tasarım) sistemleriyle entegre bir şekilde yürütülebilmektedir. Talep simülasyonunda, girdiler ve sonuçların gösterimi için CBS veritabanları ve araçları kullanılmaktadır. Simülasyon yaklaşımı ile sadece yoğun

saatlerin simülasyonu değil, ulaşım talebinin az olduğu zamanlarda da ulaşım hizmetlerinin planlamasını da kapsayabilmektedir. Ulaşım alanında yapılan simülasyon çalışmalarında girdi olarak bir çok öge kullanılmaktadır. Nokta ve çizgilerden oluşan yol ağı, yol ağı üzerindeki şerit sayısı, yolun kapasitesi, yol tanımlamaları ve uygun araç türleri gibi bilgileri içermektedir.

İnsan ve malların yol ağı üzerinde etkin bir şekilde hareketini içeren kara taşımacılığı, önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Trafik sistemlerinin analiz edilmesi, kontrolü ve optimize edilmesi zor özellikler içermektedir. Bu sistemler geniş fiziksel alanlara sahip olup, aktif ve büyük miktarda katılımcı sayısına sahiptirler. Sistemde aynı anda aktif katılımcı sayısının çok olması eşzamanlı etkileşimin çok olmasını göstermektedir. Sistem kullanıcılarının hedef ve amaçları birbirleriyle ya da sistem yöneticileri ile aynı değildir. Ayrıca yöneticileri ve kullanıcıların kontrolü dışında olan hava durumu, kullanıcı sayısı gibi birçok sistem girdisinin yanında yol ulaşım sistemleri dinamik bir yapıya sahiptirler (Pursula, 1999).

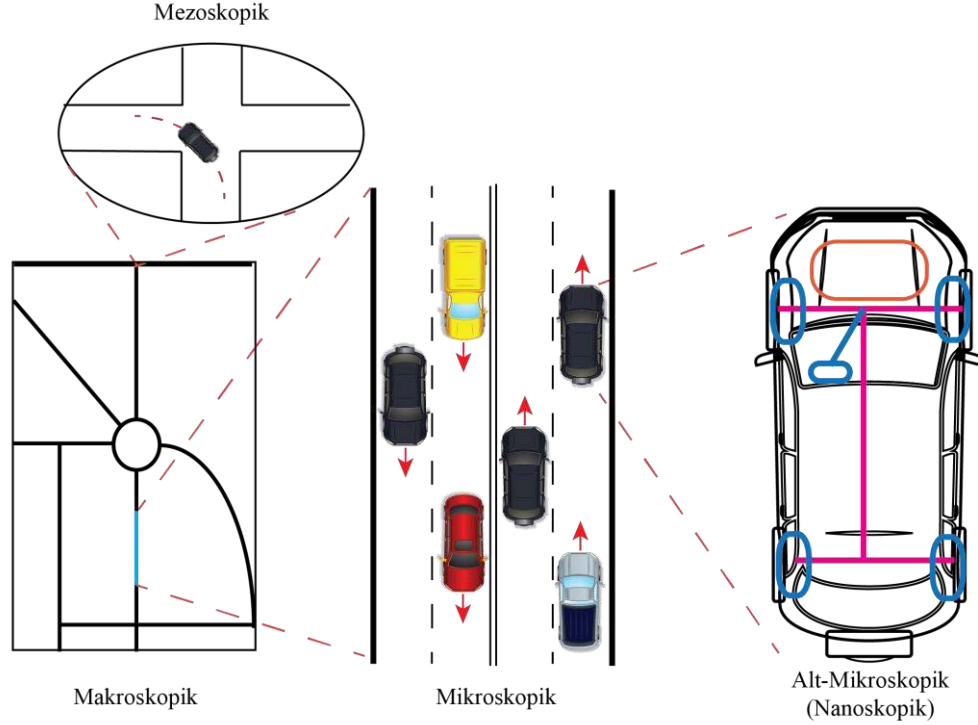
Çoğu kentsel ulaşım problemi yol ağıyla ilişkilidir. Yol ağı üzerinden gerçekleştirilen araç akış analizi, yol analizi ve trafik sinyal kontrol işlemleri için simülasyon kullanılmaktadır. Trafik simülasyonu ile sistemde oluşabilecek birçok değişikliğin gerçekleşmeden önce etkilerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bazı yazarlara göre trafik akışını kontrol etmek en önemli amaçtır. Trafik sistemlerinde insan ile makinenin etkileşimi söz konusudur. Sürücü ile kullanılan ulaşım aracı gibi düşünülebilir.

Ulaşım simülasyonuna örnek olarak araç trafiğinin gelişmesine bağlı olarak yol ağının optimizasyonu, trafik ışıklarının programlanması ve araçlardaki yön değişikliğinin incelenmesi gibi örnekler sıralanabilir.

3.2.1. Trafik Simülasyon Modelleri

Trafik simülasyon modelleri sürekli ve kesikli zamanda gerçekleşmelerine göre ayrılabilir. Şekil 12’de gösterildiği gibi makroskopik, mikroskopik, mezoskopik (hibrit) ve alt-mikroskopik olarak ayrılmaktadır. Problem alanına göre kavşak, belirli yol bölümü ve yol ağı simülasyon şeklinde olabilir.

Şekil 11: Trafik Simülasyon Modelleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bunlar (Khalesian ve Delavar, 2008; Meignan ve diğerleri, 2007; Moeckel ve diğerleri, 2002; Pursula, 1999; Saliba Neto ve diğerleri, 2010);

- **Makroskopik Modeller**

Ulaşım sistemini bir bütün olarak ele alır. Ayrıntı düzeyi düşüktür. Araçlarla tek tek ilgilenmemektedir. Tek bir aracın trafiğe olan etkisi göz ardı edilir. Sistemin nasıl işlediğini gösteren akım, hız ve yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösterir. Modeller az esnek, az çaba gerektirir. Büyük ağlar için kullanılır. Araçların yoğunluğu ya da ortalama hızlarını bütünleşik değişken gibi dikkate alırlar. Makroskopik nitelikte olan trafik akışı analiziyle ilgili uygulamalar 1960'lara dayanmaktadır.

Toplulaştırılmış modellemeden ayrılarak bireysel seçim modellerine yönelinmesiyle ulaşım talebinden trafik simülasyonlarına yönelinmiştir. Bireysel olarak

nüfusu oluşturan kişilerin bireysel davranışlarıyla birlikte yolculuğun özellikleri trafik talep simülasyonunda dikkate alınmaya başlanmıştır.

- **Mikroskopik Modeller**

Detay seviyesi yüksektir. Sistemdeki tüm araçlar ve diğer varlıklar ayrıntısında işlem yapılmaktadır. Araçların hat boyunca olan hareketleri ortaya konabilmektedir. Mikroskopik trafik simülasyonunda, yollar, araçlar ve yolculuk edenler gibi tüm ulaşım sistemlerine ait elemanlar ile diğer elemanlar etkileşim halindedir. Yol ağındaki araçların her bir hareketini dikkate alır. Araçların hareketleri şeritler üzerinde incelenebilmektedir. Ayrıntı düzeyinin yüksek olması ve oldukça yoğun etkileşimler içermesinden dolayı yoğun bir çaba gerektiren karmaşık, zor ve zaman alıcı kalibrasyon süreci vardır.

Mikrosimülasyonun en avantajlı olduğu uygulama alanlarından birisi ulaşım modellemesidir. Trafik akışları rahatlıkla modellenenebilir. Toplulaştırılmış modellerle ters düşse de trafik planlayıcıları tarafından ulaşım planlamada kullanılmaktadır. Bir gün boyunca bireylerin hareket seçenekleri arasında birebir mekânsal davranışlarını ortaya konduğu bireysel modellerin kombinasyonuna izin simülasyonlar oluşturulabilmektedir.

Mikrosimülasyon, ilk olarak 1960'lerde sosyal bilimler uygulamalarında kullanılmıştır. Kuzey Amerika'da ve Avrupa'da birçok mikrosimülasyon modeli bulunmaktadır. Kuzey Amerika'da, Avrupa'ya oranla çok daha fazla kentsel arazi kullanımına ve ulaşımına yönelik mikrosimülasyon modeli bulunmaktadır. Mikroskopik simülasyon ile talep tahminlemesi de yapılabilir.

- **Mezoskopik (Hibrit) Modeller**

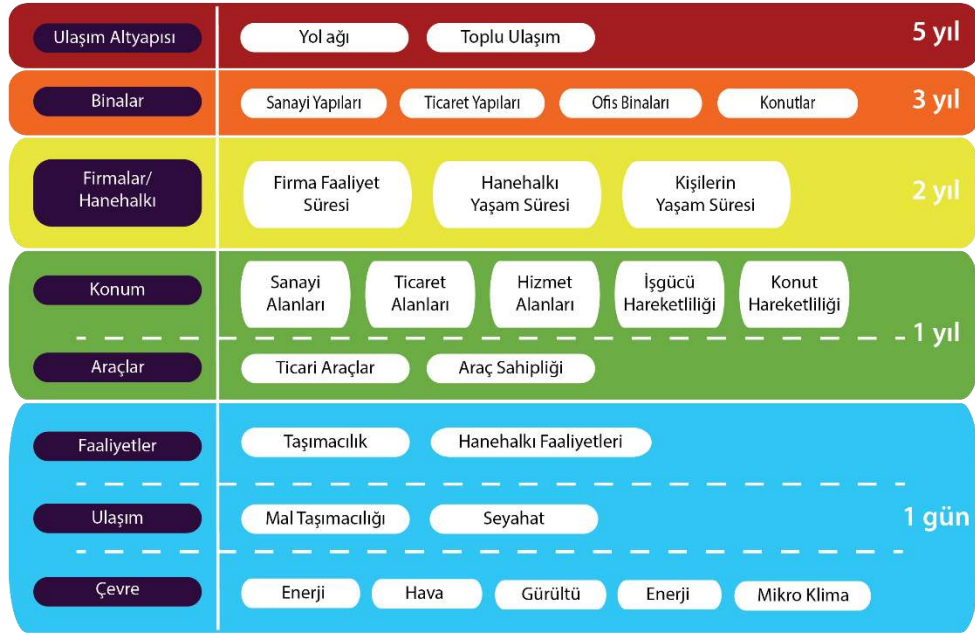
Orta seviyede ayrıntı düzeyine sahiptirler. Bazı kısımlarında ayrıntı düzeyi yüksek, bazı yerlerinde ise ayrıntı düzeyi düşüktür. Genellikle trafik ışıklarının incelendiği çalışmalarda kullanılır. Hem mikroskopik hem de makroskopik modellerden türetilir. Araçlar mikroskopik modellerde ki gibi fark edilir ama hareketleri makroskopik değişkenlerin sonucu olur. Tüm şehrin yol trafiğini ortaya koymak ve ama sadece bir ulaşım türünün değişiminin görselleştirmek istendiğinde hibrit trafik simülasyon modeli kullanılır.

- **Alt-Mikroskopik (Nanoskopik) Modeller**

Bir aracı özelliklerinden hareketle hesaplamalar yapılmaktadır. Bir aracın motorunun incelenmesi gibi düşünülebilir. Her bir araçla ilgilenmekte ama daha ayrıntılı olarak araçların motorlarının hareketiyle de ilgilenmektedir. Örneğin araçların yarattığı kirlilikle de ilgilenmektedir. Trafik güvenliğiyle ilgili simülasyonlar bazen mikroskobik simülasyondan farklı olarak nano simülasyon olarak tanımlanabilmektedir.

Şekil 13'te gösterildiği üzere Moeckel ve diğerleri (2002)'de yaptığı çalışmada kentsel öğelerin değişim süreçlerinin mikrosimülasyon modüllerine göre değişim hızlarını büyüklüklerine göre sıralamıştır. Şekil 13 de görüldüğü üzere ulaşım günlük olarak değişim göstermektedir. Bireysel aktivitelerin konum farklılığı, yük ulaşımı ve yolculuklara olan mekânsal etkileşim talebini arttırmaktadır. Bu etkileşimler dakikalar ya da saatler içerisinde talebi değiştirebilmektedir.

Şekil 12: Mikrosimülasyon Modüllerinin Kentsel Değişim Süreçleri



Kaynak: Moeckel ve diğerleri, 2002.

Günümüzde birçok arazi kullanımıyla entegre ulaşım modeli kullanılmaktadır. Bunlar kapsamı, model yapısı, teorik altyapısı, modelleme teknikleri, dinamikleri, veri gereksinimler kalibrasyonu ve geçerliliği açısından önemli farklılıklar göstermektedir.

Arazi kullanımını içeren ulaşım modellerinde kullanılan ulaşım alt modeller, aktivite-tabanlı modelleri uygulamamakta ama geleneksel dört aşamalı ulaşım talep modeli ulaşım talebi yönetiminde uygulanmaktadır. Aktivite tabanlı arazi kullanımı ve ulaşım modellemesi için en umut verici teknik, birebir olarak bireylerin kompleks mekânsal davranışlarını çoğaltma imkanı tanıyan mikro simülasyon tekniğidir (Wegener, 2004). Simülasyon modelleri incelendiğinde görülmüştür ki yapılmakta olan bu çalışma mikroskobik düzeydedir. Çünkü farklı araç türlerinin yol ağı üzerindeki hareketleri simülasyon yöntemiyle gerçekleştirilmek istenmektedir.

3.2.2. Ulaşım Odaklı Simülasyon Sistemleri Örnekleri

Hollanda Ulaştırma, Bayındırlık ve Su Yönetimi Bakanlığı tarafından geliştirilmiş olan ALBATROS (A Learning Based Transportation Oriented Simulation System-Öğrenmeye Dayalı Ulaşım Odaklı Simülasyon Sistemi) modeli ile hangi faaliyetin ne zaman, nerede, ne kadar süreyle kimin tarafından yapılacağı ve ulaşım türünü tahminlemek üzerinde durulmuştur. Yolculuk modeli geliştirmek için olası bir yaklaşımı keşfetmek istenmektedir. 1997 yılına ait Rotterdam bölgesindeki verilerle uygulaması yapılmıştır (Arentze ve Timmermans, 2004).

Alman Havacılık ve Uzay Merkezi Ulaşım Araştırma Enstitüsü koordinatörlüğünde Aachen, Bamberg, Dortmund, Cologne ve Wuppertal Üniversitelerinin ortak projesi olan ILLUMASS (Integrated Land Use Modelling and Transportation System Simulation-Entegre Arazi Kullanımı Modelleme ve Ulaşım Sistemi Simülasyonu)'ta Dortmund bölgesinde denemeler yapılmaktadır. Bu projede arazi kullanımındaki değişimi içeren modele mikroskobik kent trafiği modelini eklemek ve sonuçlarının yarattığı ulaşım talebindeki değişiklikleri ortaya koymak hedeflenmiştir. Mikro simülasyon modülünün içerisinde demografik gelişim, hanehalkı oluşumu, kurumların yaşam döngüsü, konut ve konut olmayan yapılar, işgücü hareketliliği ve hanehalkı hareketliliğini içermektedir. ILLUMASS'ta arazi kullanımındaki değişim ve trafik akışları mikro simülasyon ile simule edilmektedir. Simülasyon içerisinde, mikro veri ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılmaktadır (Moeckel ve diğerleri, 2002).

Trafik simülasyon, gerçek trafik sistemleri üzerinde yapılan maliyetli denemelerden ziyade kentsel trafik sistemlerinin kontrolü ve yönetimi için önemli bir araçtır. İlk yapılan trafik simülasyon modelleri makroskopik veya mezoskopik seviyede olup trafik akışını tanımlayabilmektedirler. Ancak şerit değiştirme veya sollama yapmak gibi karmaşık mikroskopik davranışları konusunda tam olarak esnek değildir. Bilgisayarların gelişmesiyle araç takip modeli, hücresel otomata ve çok etmenli simülasyon olarak mikro simülasyon yöntemleri trafik analizlerinde ve tahminlemede oldukça popüler hale gelmiştir. Birçok mikrosimülasyon modeli geliştirilmiştir. Yol ağı genişledikçe ve araç sayısı artmasıyla mikroskopik trafik akışı simülasyonlarında geçirilen süre çok hızlı artmaktadır (Shen ve diğerleri, 2011). Saliba Neto ve diğerleri (2010) ise çalışmalarında açık kaynak CBS yazılımı kullanılarak hat planlaması çalışmaları yapılmıştır.

3.3. ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYON

3.3.1. Etmen Tanımı ve Özellikleri

Etmen tanımının yapıldığı birçok çalışma vardır. Genel olarak kabul görmüş bir etmen tanımı bulunmamakla beraber birçok uygulamada kendi tanımı yapılmaktadır. Bu farklılık tasarlanan etmenlerin yapılarının ve amaçlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak bazı etmen özellikleri herkes tarafından kabul görmektedir.

Etmenlerin karmaşıklığı, gerçekleştirilen uygulamaya göre sadece tepkisel olanından son derece karmaşık yeteneklere sahip ve işlemsel gücü oldukça yüksek olanına kadar çeşitli derecelerde olabilir. Etmenler; otonom olma, sosyal olma, tepkisel olma, amaca yönelik çalışma, zamanda sürekli olma, hareketlilik, öğrenebilme yeteneği, rasyonellik, dürüstlük ve yardımseverlik özelliklerine sahiptir. Farklı kaynaklarda belirtilmiş etmenlerin temel özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Meignan ve diğerleri, 2007; Jennings, 2000; Khalesian ve Delavar, 2008; Sarıel, 2002; Wooldridge, 1999).

- Etmenler özerktirler. Her etmenin kendi davranış şekli vardır. Amaçlarını gerçekleştirmek için neye ihtiyaç duyduklarını kendileri karar verebilirler.
- Etmenlerin bir planı ve amacı vardır. Bilgilerini bu amacı gerçekleştirmek için

kullanabilirler. Mesela bir araç sürücüsüyle beraber bir etmendir.

- Bir çevrenin içerisinde bulunmaktadır. Amaçlarını gerçekleştirmek için neye ihtiyaç duyduklarını kendileri karar verebilir.
- Amaçlarını gerçekleştirirken sistem içerisinde bir veya daha fazla role sahip olabilirler.
- Birbirleriyle etkileşim halinde olabilirler. Çevresindeki diğer araçları ve nasıl hareket edeceklerini bilmektedir.

Etmenlerin uygulamadan uygulamaya değişen bazı özellikleri de bulunmaktadır. Bunlar; zamanda sürekli olma, hareketlilik, öğrenebilme yeteneği, rasyonellik, dürüstlük ve yardımseverlik tanımlanmaktadır.

“Etmenler, belli bir ortamda bulunan faaliyetlerini ve hedeflerini planlama ve yerine getirme, diğerleriyle işbirliğinde, koordineli ve etkileşimde olan, kaliteli ve karmaşık yazılım sistemlerinde ve uygulama alanlarında önemli iyileştirmeler sağlayan dinamik ve tahmin edilemeyen durumlara esnek ve akıllıca yanıt verebilme yeteneğine sahiptirler.” (Wooldridge ve Jennings, 1995)

Etmen tanımında bahsi geçen ortam farklı özelliklere sahip olabilir (Wooldridge, 1999).

- **Erişilebilirlik:** Erişilebilir bir ortamda etmen, ortam durumu hakkında tümüyle doğru ve güncel bilgiye sahiptir. En erişilebilir ortam, en basit olarak etmenlerin oluşturulduğu ortamdır.
- **Determinist Olma:** Etmenin bir hareketinin ortam üzerindeki etkisi her zaman aynı sonucu doğurmayabilir. Bu durumda ortam determinist değildir. Determinist olmayan ortamlar etmen tasarımcıları için büyük problem teşkil etmektedir.
- **Bağımlılık:** Ortam ayrı olaylardan oluşuyorsa etmenin başarımı bu olaylara bağlıdır. Bu olaylar arasında bir bağlantı yoktur. Olaylar arasında bağlantı kurmaya gerek yoktur.
- **Statik / Dinamik:** Ortam, statik ise etmenin etkileri olmadığında sabit kalan bir ortamdır. Ortam, dinamik olduğunda ortam üzerinde başka etmenler veya süreçler çalışmaktadır ve değişimler etmen kontrolü dışındadır.
- **Süreklilik:** Belirli sabit sayıda davranış ve algı söz konusu ise ortam kesiklidir.

En karmaşık ortamlar, tümüyle erişilemeyen, determinist olmayan, bağımlı olaylardan oluşan, dinamik ve sürekli ortamlardır (Wooldridge, 1999).

Etmen Türlerini; Özerk Etmenler, Simülasyon Etmenleri, Bilgi Toplayıcı Etmenler, Akıllı Etmenler, Arayüz Etmenleri, Ortak Çalışan Etmenler, Hareketli Etmenler, Reaktif (Tepkisel) Etmenler ve Hibrit Etmenler olarak ayırmak mümkündür. Saniel (2000)'de belirttiği gibi, etmenler, kullanıcıya yardımcı uygulamalarda, bilgi toplama sistemlerinde, simülasyon uygulamalarında, hizmet yönetiminde, ticari, üretim yönetimi uygulamalarında, robot uygulamalarında ve akademik çalışmalarda kullanılmaktadır.

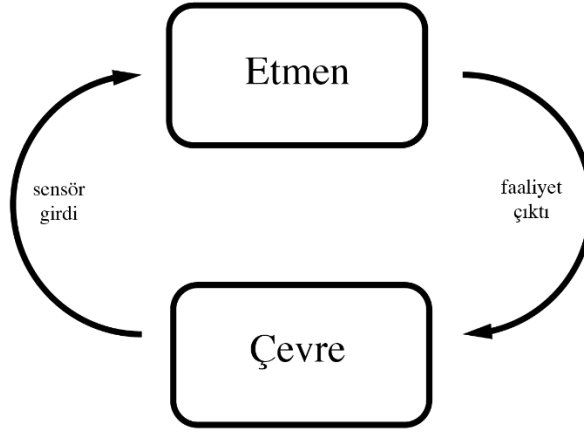
3.3.2. Çok Etmenli Simülasyon

Yazılım etmenleri ve bunların oluşturduğu Çok Etmenli Sistemler (ÇES), karmaşık yapıdaki dağıtık sistemlerin modellenmesini ve oluşturulmasını sağlayan etkili birer teknoloji olarak ortaya çıkmışlardır.

Kullanıcılarının adına bir takım görevleri yerine getirmek üzere davranma yeteneği olan bu özerk etmenler kendi bilgi ve bireysel yeteneklerini kullanarak çözemedikleri veya etkin bir şekilde çözemeyeceklerini düşündükleri problemlerini çözmek amacıyla bir araya gelerek ÇES adı verilen sistemler oluşturmaktadırlar. Başka bir deyişle etmenler ortak bir amacı paylaşabilir ya da kendi çıkarları doğrultusunda hareket ederler ve takipçi olabilirler.

Etmenler özerk oldukları için tek başlarına belirli görevleri üstlenebilmektedir. Birlikte çalışarak sistemden beklenen görevi gerçekleştirirler. Tek bir etmenin sistemden çıkarılması sistemin bozulmasına neden olmaz. Bunun yanında bir etmen, diğer etmenden elde edilen sonuçları kullanma ihtiyacında olabilir. Bu amaçla etmenler arasında etkileşim kurulması gerekmektedir.

Şekil 13: Etmen ve Çevre İlişkisi



Kaynak: Wooldridge, 1999.

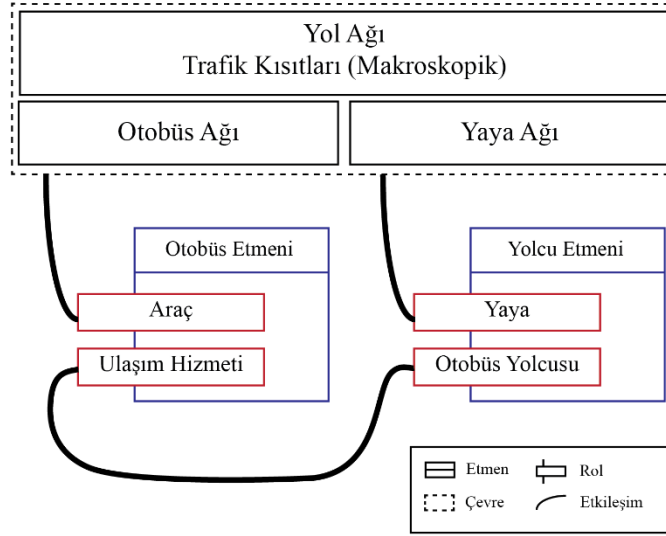
ÇES'ler birbirleriyle etkileşim halinde olan etmenler kümesinden oluşmaktadır. Etmen mimarisinde iki tip ÇES tanımlanmaktadır. Bunlar düşünen (bilişsel) ve tepki veren mimaridir. Düşünen etmenler, bulundukları çevrenin sembolik gösterimini gerçekleştirirler. Tepki veren etmenler ise bulundukları çevreyi göstermemekte, bulundukları çevrede etkileşimleriyle birlikte çalışmakta ve iletişim halindedirler (Meignan ve diğerleri, 2007). Etmen bazlı simülasyon, bireysel karar vermeyle, etmenler ve ortamlarıyla esnek etkileşimi olan ve çok seviyeli modellemeye ve simülasyona imkan veren faaliyet düzenleme modellerinde ideal modelleme olarak görülmektedir. (Rindsfuser ve diğerleri, 2000).

ÇES'te 2 anahtar bileşen bulunmaktadır. Biri hangi aktörlerin karar verici olduğudur. Diğer bileşen ise sistemdeki aktörlerin karar verme mimarisinin tanımlandığı etmen bazlı modeldir. Bu iki bileşene belli özellikler tanımlanarak etkileşim halinde olurlar. Ayrıca etmenlerden ve çevreden (ortamdan) geribildirim alırlar. Çok etmenli simülasyonun avantajları; hızlı, karşılıklı, esnekliği artırıcı, kaynakları paylaşan, dayanıklı, ayrıştırabilen olması olarak sıralanabilir.

ÇES'lerin, ulaşım sistemlerinde kullanılmasında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Meignan ve diğerlerinin (2007) belirttiği gibi ÇES, trafikte araçlarının simüle edilmesinde, güzergah seçiminde ve tür seçiminde kullanılmaktadır. Örneğin, ÇES'lerde

ulaşım araçları ve yolculuk eden etmenler aynı durakta olduklarında etkileşim halindedirler. Etmen bazlı mikroskopik trafik simülasyonunun temel avantajı daha gerçekçi olmasıdır (Khalesian ve Delavar, 2008; Rindsfuser ve diğeri, 2000).

şekil 14: Etmenlerin Roller ve Etkileşimleri



Kaynak: Meignan ve diğeri, 2007

Ulaşım modellemesi bakış açısıyla, çok etmenli simülasyon aktivite tabanlı talep oluşturma ile dinamik trafik atamalarının etkileşimi için bir yöntemdir. Etmen stratejisi için günlük faaliyet planları kullanılmaktadır (Meister ve diğeri, 2010). Etmen olarak dikkate alınan sentetik popülasyonun oluşturulmasında sosyo-demografik veriler kullanılmaktadır (Rindsfuser ve diğeri, 2000).

Yapılan bu çalışmalarda çok etmenli simülasyon ile ulaşım türleri etmenleri oluşturularak yolculuk edenlerin yol ağı üzerindeki dağılımları ortaya konmaktadır.

3.3.3. Çok Etmenli Simülasyon Uygulamaları

Luke ve diğerleri (2005) çalışmalarında, çoklu etmen yaklaşımıyla trafik akışını bir ÇES yazılımı olan MASON (Multi-Agent Simulator of Neighborhoods...or Networks..or something) ile hafif kentsel trafik simülasyonu yaparak incelemişlerdir. Geliştirdikleri algoritmayı diğer çevrelere de uygulayabilmeyi hedeflemişlerdir. Simülasyon ile yolculuk sürelerinin, bekleme sürelerinin ve diğer faktörlerin nasıl maksimuma ulaştığı araştırılmıştır. Özellikle trafikte büyük bir spor organizasyonu sonrasındaki yoğunluk ani gibi ortaya çıkan sıkışıkların üzerinde durulmuştur.

Khalesian ve Delavar (2008) çalışmasında otoyolların etkinliğini arttırmak için pik trafik zamanlarında otoyol trafiğinin mikro simülasyonun mekansal çoklu-etmen sisteminin prototipini geliştirmeyi amaçlamıştır. Trafik mikro simülasyonunda tüm araçlar modellemeye dahil edilmiş ve her araca karakteristiği verilmiştir. Temel odak noktası sistemin bileşenlerini keşfetmek ve aralarındaki etkileşimi ortaya koymaktır. Her araca kendi uzunluk, genişlik, maksimum hız bilgisi belirtilir. Etmen bazlı trafik modelleme adımları; etmen yaratımı, etmen aktivite yaratımı, etmen güzergah yaratımı ve etmen hareketlilik yaratımı olarak oluşturulmuştur. Etmenler, araçlar, araç yaratıcıları ve otoyol segmentlerinden oluşmaktadır (Khalesian ve Delavar, 2008).

Meignan ve diğerleri (2007) çalışmalarında, tür seçiminde çok terimli-lojit model kullanmıştır. Burada Otobüs Ağı Sistemi içerisinde insan davranışları, yol trafik dinamikleri, otobüs-yol ağı işlemlerini kapsamaktadır. Otobüs, yolcu ve yol trafiği ile etkileşim içerisindedir. Aralarındaki etkileşim çoklu etmen yaklaşımıyla incelenmiştir. Otobüs ağı simülasyonunda toplu ulaşım tanımları, farklı sistem bileşenlerindeki değişimin görselleştirilmesi (gerçek zamandan hızlı veya yavaş olması), simülasyon sonuçlarının farklı zaman ve ölçeklerde analiz edilme işlemleri yapılmaktadır. Birçok farklı bileşenin birbiriyle etkileşimiyle oluşan sistem dinamikliğinden dolayı karmaşık bulunmaktadır. Çoklu etmen yaklaşımı böyle karmaşık sistemlerin tasarımını kolaylaştırmaktadır.

ÇES ile ilgili ulaşım odaklı çalışmalar incelendiğinde, yapılan çalışmalarda tek bir aracın yollar üzerindeki hareketi incelenmiştir. Bu tez çalışmasında birden fazla aracın simüle edilecek olması avantajlı bir durum oluşturmaktadır.

3.3.4. Çok Etmenli Simülasyon Yazılımları

ÇES işlemlerinin gerçekleştirilebildiği birçok çok etmenli simülasyon yazılımına ulaşılmıştır. İncelenen yazılımlarda özellikler açık kaynaklı ve ücretsiz olmasına, farklı işletim sistemlerinde kullanılabilir olmasına, CBS tabanlı verilerle çalışmaya imkan vermesine ve yeterli dokümantasyona ulaşılabilir olmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla incelenen birkaç çok etmenli simülasyon yazılımı hakkında bilgi Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13: Açık Kaynak Kodlu ÇES Yazılımları

Yazılım	Gereklilikler	İşletim Sistemi	Görüntü	Sürüm
Agent Analysis	Java, ArcGIS Desktop 10	Windows	2D	2008
MASON	Java, 3D özelliği için Java3D	Windows, OS X, Linux	2D, 3D	2014
MATSIM	Eclipse, Java 6 ve sonrası	Windows, Mac, Linux	2D	2014
NetLogo	Java 6 ve sonrası kurulu olmalı	Windows, Mac ve java 6 ve üstü içeren tüm platformlar	2D,3D	2015
Repast Symphony	Java 7 veya 8	Windows, Mac, Linux	2D	2015
StarLogo TNG	OpenGL desteği	Windows, Mac,	3D	2012
SWARM	GNU C Derleyici	Windows		2013
UrbanSIM	Eclipse	Windows, Mac, Linux	3D	2011

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Agent Analyst

Repeast modellemenin ArcGIS ile yapılmasını sağlamaktadır. ArcGIS için bir eklentisi Agent Analyst ile arazi kullanımının simülasyonu, arazi kullanımındaki değişim, ağ akışları gibi çalışmalar yapılabilir. Afet yönetimi, kaynak yönetimi, yangınla mücadele çalışmalarında gerçek zamanlı veriler kullanılabilir. Kullanıcılara

ArcGIS 10’da Repeast modelleri yaratma, ekleme ve alıştırma imkanı vermektedir. Etmen yaratmak, simülasyon yapısını oluşturmak, ArcGIS katmanlarını kullanma, etmenler arasındaki etkileşimi ve davranışları göstermektedir. Arazi kullanımının simülasyonunda, arazi kullanımının değişimi, ağ akışları, avcı-av etkileşiminde kullanılmaktadır (Agent Analysis, 2015).

MASON

George Mason Üniversitesi Evrimsel lmleme Laboratuvarı (Evolutionary Computation Laboratory) ve Sosyal Karmaşıklık Merkezi (Center of Social Complexity) tamamen JAVA tabanlı hızlı kesikli olayları dikkate alan çok etmenli simülasyon kütüphanesi sunmaktadır. Hızlı, taşınabilir ve oldukça küçüktür. Modeller gösterimlerinden bağımsızdır.

Modele herhangi bir ekleme, çıkarma veya değişiklik yapılabilir. Farklı platformlar arasında kullanılabilir. 2D ve 3D gösterimi vardır. Ekran görüntüleri (png), videolar, grafikler ve çıktı veri elde edilebilir. Tek bir makinede büyük sayıdaki etmenlerle çalışılabilir. Simülasyona kontrol noktaları konulabilmektedir. Durdurup daha sonra tekrardan başlanabilir. Farklı platformlarda devam edilebilir. Ayrı süreçte farklı modeller paralel olarak kullanılabilir. İyi kalitede rastgele sayı treticisidir. Aynı parametrelerle farklı makinelerde modeller çalıştırmak istenirse aynı sonuçlara ulaşılabilmektedir. Yeni başlayanlar için kolay bir yazılım değildir (MASON, 2015).

NetLogo

Yeni başlayanlar için uygundur. Binlerce etmen dikkate alınabilmektedir. Böylece mikro ve makro düzeyde çalışmalar yapılabilir. Derslerde ğrencilerin kolaylıkla anlayabilecekleri yapıdadır. Kendi modellerini yaratma imkanı vermektedir. Dokümantasyonu oldukça geniştir. Doğa ve sosyal bilimlerde kullanılabilmektedir. Starlogo üzerinde geliştirilmiştir. Farklı işletim sistemlerinde kullanılabilmektedir Northwestern Universitesi CCL Merkezi tarafından geliştirilmiştir (NetLogo, 2015).

StarLogo TNG

Öğretmenler ve ğrencilerin 3D oyunlar, modeller ve simulasyonlarla çalışmaları ve yaratmaları için geliştirilmiş etmen bazlı grafik programlama ortamdır. Logo programlama dili kullanılmaktadır. Kuş sürüleri, trafik sıklıklağı, karınca kolonisi ve

pazar araştırmalar çalışmalarında kullanılabilmektedir. Dağıtılmamış, merkezileştirilmemiş sistemlerle çalışmaktadır. Artificial Life Projects için kullanılmaktadır. Otoyolda arabaların hareketleri için modellenebilmektedir. Kaza olmadan, köprü yıkılmadan, ters dönmüş kamyonla trafik sıkışıklığı modellenmiştir. MIT Scheller ğretmen Eğitim Programı kapsamında geliştirilmiştir (StarLogo, 2015).

SWARM

Swarm sisteminde, simülasyonun temel birimi etmenlerin planlarını düzenleyen etmen koleksiyonu olan swarm'dır. SWARM geliştirme grubu, Albuquerque, NM, ABD bulunmaktadır. Sadece Windows'da çalışmaktadır (Swarm, 2015).

Repast Symphony

ARGONNE National Laboratory ROAD Grubu tarafından geliştirilmiştir. Sosyal bilimler, tedarik zinciri, tarihi yaya trafikleri için kullanılabilmektedir. Etmenlerin etkileşiminde esnek modeller kurulmasını desteklemektedir. Windows, Mac OSx ve Linux işletim sistemleriyle alışan Java tabanlı modelleme sistemidir (Repast Symphony, 2015).

UrbanSIM

Bu proje arazi kullanımı, ulaşım, ekonomi ve çevrenin etkileşimini kapsayan kentsel gelişimin planlaması ve analizine yönelik yazılım tabanlı bir simülasyon sistemidir. İlk olarak Berkeley niversitesinden Paul Waddell tarafından tasarlanan UrbanSim birçok üniversiteden ve ajanstan kullanıcılar ve geliştiricilerden oluşan UrbanSim Topluluğu tarafından yürütülmektedir. UrbanSim'in yeni sürümü Synthicity tarafından desteklenmektedir (UrbanSIM, 2015).

3.3.5. Çok Etmenli Trafik Simülasyon Yazılımı olarak MATSim'in Yapısı

CBS tabanlı ve açık kaynak kodlu çok etmenli simülasyon yazılımları araştırılıp bunların içinden MATSim seçilmiştir. İşvire Zürih Federal Teknoloji Enstitş, Ulaşım Planlama ve Sistem Enstitş ve Berlin Teknik Üniversitesi Kara ve Deniz Ulaşım Sistemleri Enstitş işbirliğiyle geliştirilmektedir. Dünya çapında yaygın bir kullanıma sahiptir. Berlin Teknoloji Enstitş liderliğinde Zrihteki İşvire Federal Teknoloji Enstitş ve özel bir şirket olan Senozon tarafından dünya genelinde kodları

geliştirilmektedir. Etmen tabanlı ulaşım simülasyon aracıdır. Büyük ölçekli etmen tabanlı ulaşım simülasyonları yapmaya imkan verir. Bu araç birlikte ve ayrı ayrı çalışabilen modüllerden oluşmaktadır. Modüler olup, sadece yapılacak iş ile ilgili test etmek için uygulamalar içerisinde yer değiştirebilmektedir. MATSim ile; talep modelleme, etmen tabanlı simülasyon ve yeniden planlama yapılabilmektedir. MATSim'in özellikleri (Rieser ve diğerleri, 2015);

- Hızlı ve dinamiktir. Bir günlük simülasyonu dakikalar içerisinde gerçekleştirebilir.
- Büyük senaryoları desteklemektedir. Milyonlarca etmeni ve büyük ağlara sahip senaryoları hızlı bir şekilde simüle edilebilmektedir. Sadece yeterli hafızaya sahip hızlı bir bilgisayara ihtiyaç duymaktadır.
- Modüler olarak tasarlanmıştır. Her bir adımı düzenlenebilir veya değiştirilebilir.
- Birçok analiz ve simülasyon çıktısı elde edilebilmektedir. Simülasyon önemli değerler elde eder ve hızlı bir bakış yapmak için çıktılarından elde edilen sonuçları incelemeye imkan verir. Ayrıca simüle edilmiş veri ile gerçek veriler kıyaslanabilmektedir. Google Earth üzerinde gösterime imkan tanımaktadır.
- İnteraktif görsellerle, simülasyon boyunca her bir etmenin ne yaptığı görülebilmektedir.
- Java, açık kaynak kodlu, nesneye yönelik, zeminden bağımsız, yüksek seviye, adım adım işletilen bir programlama dilidir. GNU Public Lisansı sayesinde ücretsiz bir şekilde indirilip kullanıma imkan vermektedir. Java ile yazılmış olup, Linux, Windows ve Mac OS X işletim sistemlerinde rahatlıkla çalıştırılabilmektedir.
- Devamlı gelişme halindedir.
- Etmen davranışları belirlemek için kullanıcı tarafından geliştirilen algoritmaların eklenmesine imkan vermektedir. Geliştiricilerin kendi kodlarını yazmalarına imkan vermektedir.
- Tam bir gün içerisinde birden fazla ulaşım türünü dikkate alarak simülasyon yapabilme özelliğine sahiptir.
- Tüm etmenlerin ayrı ayrı görsel olarak görülmesini sağlar. Böylelikle her birinin hareketi ayrı ayrı incelenebilir hale gelmektedir.
- Hem özel hem de toplu taşıma araçları simüle edilebilir.

- Ayrıntılı trafik simülasyonu ortaya çıkarmaktadır.

MATSim ile simülasyon çalışmaları yapılırken belirli aşamalar takip edilmektedir. MATSim Simülasyon yapmadan önce bir proje dosyası oluşturulur. Daha sonra içerisinde girdi ve çıktı klasörleri oluşturulmaktadır. Girdi dosyası içerisine XML uzantılı simülasyonda kullanılacak girdi dosyaları ile simülasyonun özelliklerinin tanımlandığı yapılandırma dosyaları yüklenirken, çıktı dosyası içerisinde simülasyon sonucunda elde edilen iterasyon dosyaları eklenir. MATSim’de kullanılabilen dosya tipleri Tablo 14’te tanımlanmıştır. MATSim farklı tipteki verileri içeren birçok dosyayı kullanmaktadır. MATSim ile trafik simülasyonu yapılırken en azından yol ağı ve yolculuk talebi bilgisine ihtiyaç bulunmaktadır. Girdi olarak kullanılacak bu iki veri ve yapılandırma dosyaları simülasyonun çalıştırılması için yeterli olacaktır.

Tablo 14: MATSim’de Kullanılabilen Dosya Tipleri

Dosya tipi	Dosya Adı	İçeriği
Yapılandırma	config.xml	MATSim için yapılandırma özellikleri
Yol Ağı	network.xml	Yol ağının tanımı
Nüfus (planlar)	population.xml /plan.xml	yolculuk talebi, etmenlerin listesi ve günlük planları
Donatılar	facilities.xml	Faaliyetlerin gerçekleştiği konumlar hakkında bilgi içerir
Aktarma Tarifesi	transitSchedule.xml	Aktarma durakları ve hizmetleri bilgisini içerir.
Aktarma Araçları	transitVehicles.xml	Toplu Ulaşım hizmetleri için kullanılan araçların tanımlamalarını içerir.
Sayımlar	counts.xml	Karşılaştırma için gerçek verilerinden elde edilen saatlik veriler

Kaynak: Reiser ve diğerleri, (2015).

Yapılandırma dosyasında, simülasyonun nasıl davranacağı tanımlanmaktadır. MATSim için simülasyon özelliklerinin tanımlandığı dosyadır. **Yol ağı**, dosyası nokta ve çizgilerden oluşan yolların tanımlandığı dosyadır. Araçların takip ettiği güzergahı göstermektedir. Trafik simülasyonun olmazsa olmazıdır. Her bir çizgi üzerinde yol tipleri, uzunlukları, hız limitleri, araç kapasiteleri, çizgi sayıları ve kullanabilen araç tipleri tanımlanabilmektedir. Yollar, gerçek konumlarını gösteren noktalar ve çizgilerin

kesişiminden oluşmaktadır. Noktaları, bir koordinat sistemine bağlı olarak X ve Y değerlerine sahiptir. Çizgilerin ise başladıkları ve bittikleri nokta değerleri tanımlanmaktadır. Simülasyon yapılırken, yol ağı için bir koordinat sisteminin tanımlı olması gerekir. Böylece açık kaynaklı haritalardan veya konumsal bilgi içeren vektör dosyalarından faydalanırken ve veride dönüşümler yapılırken koordinat problemi yaşanmayacaktır. Çalışma alanı için en sağlıklı çözümler sunan koordinat sisteminin seçilmesi uygulamada sıkıntı yaşatmayacaktır. Yerel koordinat sisteminin bilinmediği durumlarda UTM dilimleri ile ya da EPSG kodları kullanarak koordinat sistemi tanımlanabilir. Günlük yolculuk planlarının dayalı olarak ulaşım talebinin tanımlandığı dosyalar ise **nüfus** ya da **plan** dosyalarıdır. Nüfus dosyasında, kişilerin listesi ve her kişinin yolculuk planları bulunmaktadır. Her bireyin bir planı vardır. Her plan, faaliyet ve bu faaliyetler arasındaki geçişlerde kullanılan bacaklardan (leg) oluşmaktadır. Bacaklar, bir etmenini bir konumdan diğer bir konuma nasıl geçiş yaptığını tanımlandığı yerdir. Bacakların ulaşım türü vardır ama herhangi bir güzergahı yoktur. Faaliyetlerin gerçekleştirildiği **donatıların** koordinatları bulunmakta ve her bir donatının faaliyete başlama ve bitiş zamanı bulunmaktadır.

Toplu ulaşım için iki girdi dosyasına ihtiyaç bulunmaktadır. Biri hatların, güzergahların ve kalkış zamanlarının tanımlandığı **aktarma tarifesi** dosyası, diğeri ise bu hatlarda kullanılan araçların (otobüs, minibüs, tren, tramvay) ve bunların kapasitelerinin tanımlandığı **aktarma araçları** dosyası vardır. Her bir hat, birden fazla güzergaha sahip olabilir. Bazen aktarmaların karmaşık yapısından dolayı zaman zaman bu dosyalarda hatalar oluşabilir. Herhangi bir çizgi eksik veya tüm duraklar doğru sırada olmayabilir. Tüm bu verilerin yanında simülasyon içerisinde gerçek verilerden de faydalanılabilir. **Sayımlar** saat bazında linklerdeki trafik hacminin kıyaslanmasına imkan tanımaktadır. Simülasyon başladığında, MATSim denetleyicisi ilgili dosyayı yükler ve sonrasında her bir faaliyeti otomatik olarak en yakın çizgiye atar. Her bir bacak için uygun güzergah hesaplanır.

Mekansal analizleri yapmak için QGIS ve Google Earth 'ten yararlanmak mümkündür. Yol ağı oluşturulurken özgür yazılım şartları altında oluşturulan açık kaynaklı bir dünya çapında harita oluşturma projesi olan Open Street Map üzerinden .osm

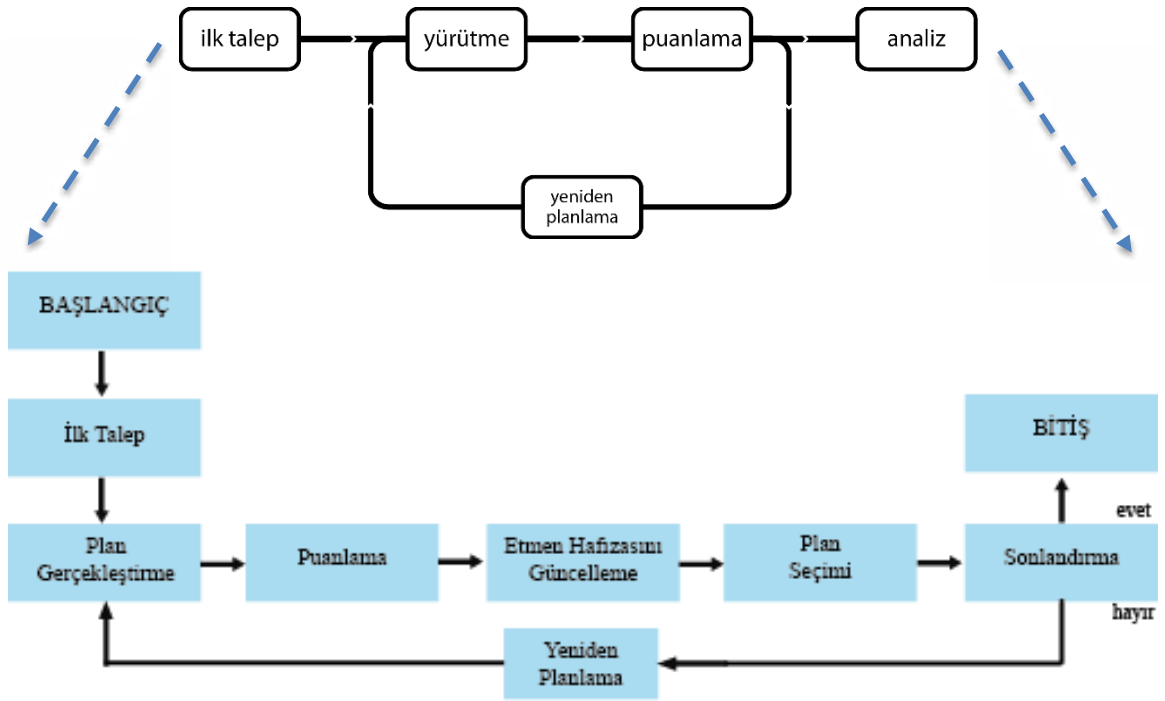
uzantılı yol bilgisi indirilerek yada .shp uzantılı vektör dosyalarıyla yol ağı dosyaları oluşturulabilir. Açık kaynak kodlu ve özgür bir tümleşik geliştirme ortamı olan Eclipse üzerinden MATSim'e ait kodlar çalıştırılarak simülasyon için çıktıları elde edilir. Yapılan simülasyonun gösterimini sağlayan Senozon Via yazılımı kullanılır.

MATSim, faaliyetlerin çizelgeleri, konumları ve bunlara bağlı olan yolculuk ayaklarını içeren bireysel etmen planlarıyla yönetilen etmen tabanlı ulaşım talep modellemesi çerçevesi sunmaktadır (Bekhor ve diğerleri, 2011; Rieser ve diğerleri, 2015). Her bir etmen için tüm günü kapsayan faaliyetler planı, hareketli simülasyon olarak oluşturulmaktadır. Simülasyon aşamasından sonra planlar atanmıştır. Uygun planların her bir etmen kümesi, iterasyonların artmasıyla gelişmektedir. Uygun yeni planlar, mevcut olanlardaki faaliyetlerin sürelerinin, konumlarının değiştirilmesi, faaliyetler arasındaki yolculuk ayaklarının yeniden düzenlenmesi, faaliyetlere bağlayan ulaşım türlerinin değiştirilmesiyle türetilmektedir (Bekhor ve diğerleri, 2011).

MATSim, büyük ölçekli etmen bazlı trafik simülasyonunu uygulamak için çerçeve sunmaktadır. MATsim, talep-modelleme, etmen bazlı hareketli simülasyon (trafik akışı simülasyonu) ve yeniden planlama için çerçeve ve modülleri tarafından oluşturulan çıktıları analiz etmenin yanı sıra yinelemeli olarak simülasyonları çalıştırmak için bir denetleyici sunmaktadır (Rieser ve diğerleri, 2015).

MATSim ile simülasyon ve optimizasyon süreci beş aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; ilk talep, yürütme, puanlama, yeniden planlama ve analizdir. Rieser ve diğerlerine (2015) göre bu adımlar: ilk talep, yürütme, puanlama, yeniden planlama ve analizdir.

Şekil 15: MATSim Simülasyon Adımlar



Kaynak: Meister ve diğerleri, 2010.

İlk Talep aşamasında simüle edilecek hareketli davranışlar tanımlanır. Tüm etmenlerin listesi ve her bir etmen için en az bir günlük plan içerir. Günlük planda, faaliyetlerin listesi (evde, işte olma gibi) ve zaman bilgileriyle (evden sabah 07:30 da ayrılmak, akşam 05:30'a kadar işte çalışmak gibi) birlikte yolculuklar (alışverişe arabayla gitmek gibi) ve ek bilgiler (evden işe giderken ki güzergah) yer alır. Planlarda etmenlerin amaçları tanımlanmaktadır. Eğer etmenler çok iyimserse, trafik sıkışıklığında kalabilir veya otobüs kaçırabilir. Dolayısıyla planlarda simülasyonda fark edilemez.

Yürütme aşaması hareketli simülasyon olarak tanımlanmaktadır. Etmenlerin planları fiziksel dünyayı temsil edecek şekilde çalıştırılır. Bunun anlamı etmenler ve araçları ağ üzerinde hareket etmesidir. Eğer belirli bir zamanda aynı ağ üzerinde çok fazla etmen yolculuk etmek isterlerse, hareketli simülasyonda trafik sıkışıklığı yaratacaktır.

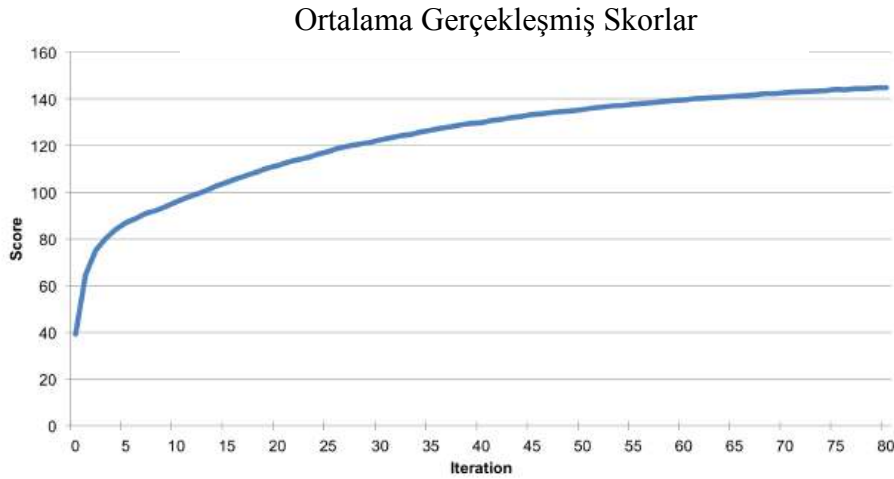
Puanlama aşamasında, planların çalıştırılması sonlandıktan sonra deneyimlerden hareketle etmen planları değerlendirilir. Bu amaçla puanlama fonksiyonu düzenlenebilir. Faaliyetlerde harcanan zaman puanlarda artışa neden olurken, yolculuklarda harcanan

zaman puanları azaltmaktadır. Etmenler trafik sıkışıklığında kalırlarsa, puan kaybederler. Eğer etmenler kısa ve hızlı yolculuklar yaparsa puan değerleri artacaktır. Puanlamayı aynı zamanda elde edilen fayda olarak düşünebilir.

Yeniden Planlama aşaması, etmenlerin simülasyon sonucunda kötü puanlar alması durumunda planların revize edebileceğini göstermektedir. Faaliyet bitiş süreleri, izleyen yolculuğa başlama zamanları, yolculuk için kullanılan ulaşım türü ya da yolculuk güzergahının değiştirilmesi gibi gösterilebilir. MATSim’de bu düzeltmeler Strateji Modülleri tarafından gerçekleştirilir.

Analiz aşamasında simülasyonun sonunda elde sonuçların üzerinde durulmaktadır. Ulaşım türü paylaşımı, tüm etmenler tarafından toplam yapılan yolculuk uzunluğu, ortalama yolculuk süresi gibi sonuçlar elde edilebilir. Bu analizler işlemlerin sonunda elde edilebilir ya da süreç içerisinde de incelenebilir. MATSim ile, birçok iterasyon yapılarak sonuç uygun hale gelene kadar birden fazla simülasyon, puanlama ve yeniden planlamaya imkan tanınmış olmaktadır (Rieser, 2015). Her bir iterasyonda amaç, plana ait ortalama puanları artırmak ve etmenlerin günlük faaliyetlerini mümkün olduğunca iyi performans elde edecek şekilde etmen planları geliştirmektir. Şekil 17’de gösterildiği gibi ilk iterasyonlarda puanlar hızlı bir şekilde artış gösterirken, ilerleyen iterasyonlarda daha yavaş artış göstermektedir.

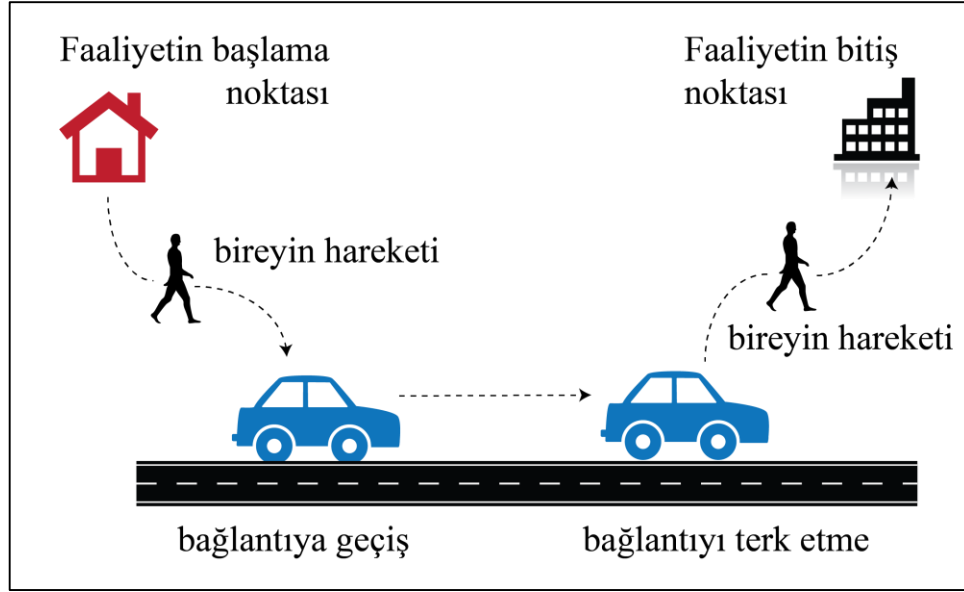
Şekil 16: İterasyonlar Sonucunda Ortalama Skorlar Tablosu



Kaynak: Reiser ve diğerleri, 2015.

Hareketli simülasyon içerisinde etmenlerin hareketleri olay olarak tanımlanır. Olaylar, her ögenin hareketini tanımlar. Etmenin faaliyeti bitirmesi, yolculuğa başlaması, bir toplu ulaşım aracına binmesi bir yola girmesi, yoldan çıkması, yolculuk bitip hedefe ulaşılması, yeni bir faaliyete başlaması olaylar olarak tanımlanır. Her bir olay, bağlı olduğu etmeni, kullandığı linki, faaliyet türü vb. verilere sahip olmalıdır (Rieser ve diğerleri, 2015).

Şekil 17: Bireyin Hareketlerinden Oluşan Olayların Gösterimi



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bir etmen, bir gün içerisinde birden fazla olay gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla bir gün içerisindeki olay milyonları bulmaktadır. Bu olaylardan hareketle çeşitli analizler yapılabilmektedir. Örnek olarak ilgili faaliyette geçirilen ortalama süre, ortalama yolculuk süreleri, belirli bir yol segmentindeki yolcu sayısıdır. Olaylardan elde edilen verilerle planların elde ettiği puanlarda hesaplanmış olacaktır. Planın değerlendirilmesi, ilgili trafik koşullarına bağlı olarak iterasyondan iterasyona değişmektedir (Meister ve diğerleri, 2010).

3.4. TOPLU ULAŞIM TÜRÜ SEÇİMİNDE ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYON

Meignan ve diğerleri (2007) çalışmalarında toplu ulaşım ağına, sistemin modellenmesine ve animasyonuna odaklanmıştır. Otobüs ağı için çok etmenli simülasyon yöntemini kullanmıştır. Yolculuk edenler için toplu ulaşım ağının etkinliği; ağa ulaşılabilirlik, yolculuk süresi ve maliyetiyle ölçülmektedir. Otobüs ağı için üç temel birim; otobüsler, yolculuk edenler ve yol trafiğidir. Bu çalışmada model bu üç temel elemanın üzerine kurulmuştur. Birçok farklı bileşenin birbiriyle etkileşiminden dolayı sistem dinamikliğinden dolayı karmaşıklık bulunmaktadır. Ulaşım simülasyonlarında ÇES, rota seçimi ve tür seçiminin koordinasyonuna öğrenme ve belirleme çalışmalarıyla ilgilenmektedir. Temel bileşenler, insanlar ve araçlardır. Etmenlerin rolleri ve etkileşimleri gösterilmiştir. Yolculuk edenler etmeni, otobüs etmeni, sadece otobüs durağında etkileşirler. Bu çalışmada hibrit trafik simülasyon modeli kullanılmıştır. Çok etmenli simülatör geliştirilirken, zaman yönetimi kritik bir konu oluşturmaktadır. Burada kesikli ve senkronize yoldan kullanılmıştır. Bu çalışmanın devamında diğer toplu ulaşım modelleriyle de ilgilenmek mümkündür.

Otobüs ağı simülasyonun üç temel ilgi alanları vardır. Bunlar; gözlem, kısıtları doğrulama ve ağ değerlendirmesi. Birincisi ağdan elde edilen gözlemlerdir. İkincisi yolcu bağlantıları ya da zaman çizelgesi senkronizasyonları gibi yerel veya genel kısıtlar olasılıklarıdır. Üçüncüsü ise farklı senaryolarda farklı statik veya dinamik kriterlerin dikkate alındığı ağın etkinliğidir. Ağın değerlendirmesi yapılırken üç farklı bakış açısıyla ele alınır: yolculuk edenler, operatörler ve yetkililer. Yolculuk edenler için, toplu ulaşım ağının etkinliği ağa erişilebilirlik, yolculuk süresi ve maliyetiyle ölçülür. Ağı yöneten şirket olan operatörün ilgilendiği, kar ve işletme maliyetleridir. Yetkililer (karar vericiler)in ilgilendiği ise operatörün karı ve ulaşım hizmetlerini dengelemektir. Varlıkların davranışları ve birbirleriyle olan etkileşimleri sonucu otobüs ağını çalıştırmaktadır. Otobüs ağındaki üç temel varlık; otobüsler, yolculuk edenler ve yol trafiğidir (Meignan ve diğerleri, 2007; Ligtenberg ve diğerleri, 2004).

MATSim çalışma alanı içerisinde farklı amaçlara yönelik olarak çalışmalarda kullanılmıştır. Önelçin ve diğerleri (2013) yaptığı çalışmada tahliye zamanları tahminlerinin karşılaştırılması ve acil durum planlarını oluşturulmasında önemli ve kritik tahliye simülasyonundan elde edilen gerçek sonuçlarının elde edilmesi hedeflenmiştir. Tahliye simülasyonları İzmir'deki sanayi bölgesi olan Aliğa üzerinde gerçekleştirilmiştir. Diğer bir çalışma ise trafiği etkileyen farklı senaryoların etkisinin ortaya konulması MATSim kullanarak İzmir için mevcut kent ulaşımını simülasyonu ve üç körfez geçiş senaryosu oluşturulmuştur (www.matsim.org). İncelenen çalışmaların hiçbirinde tür seçimini bireysel davranışların etkisini simüle etmek için MATSim kullanılmamıştır.

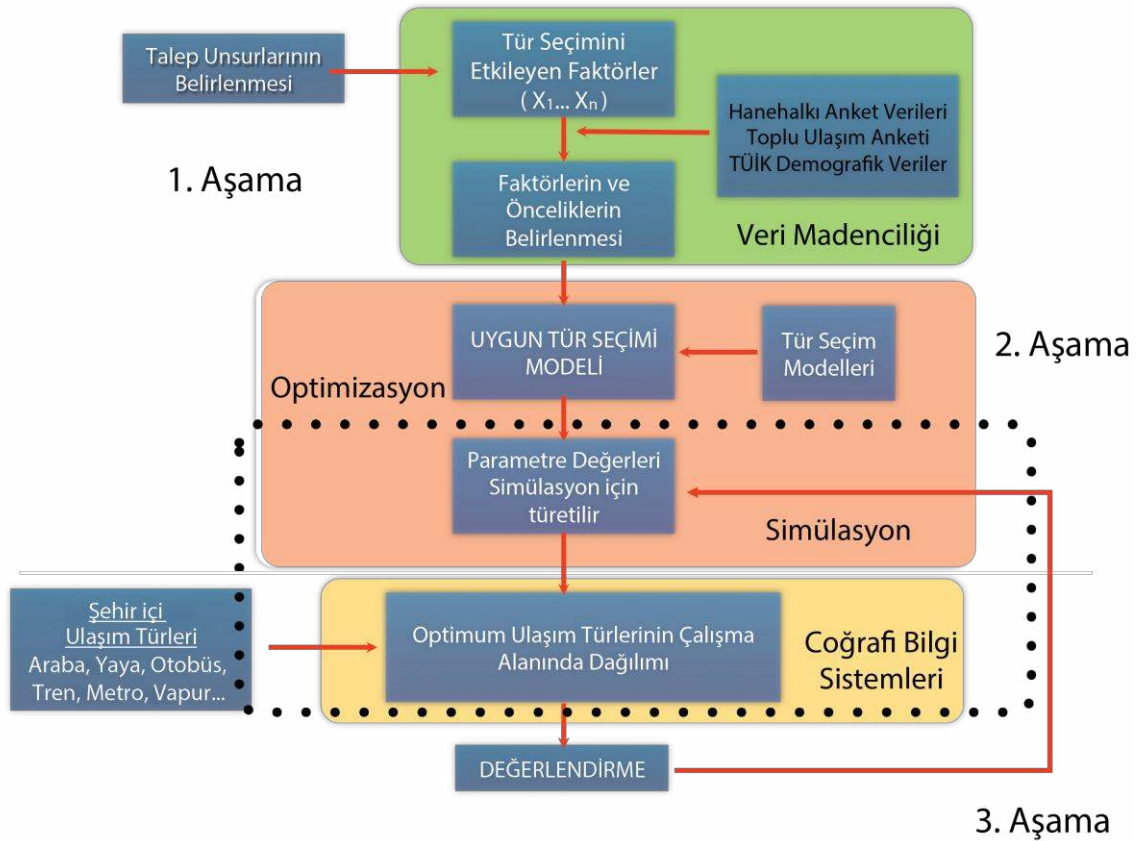
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ULAŞIM TÜR SEÇİMİ BELİRLENMESİ İÇİN MODEL ÖNERİSİ

4.1. ÖNERİ MODELİN ŞEMASI

Ulaşım talebi belirlenirken izlenen adımlardan tür seçimi aşamasında etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve ulaşım türlerinin hareketlerinde karar vericiler tarafından takip edilebilecek bir model geliştirilmiştir. Bu modelin aşamaları Şekil 18’de belirtilen adımlar izlenerek oluşturulmuştur.

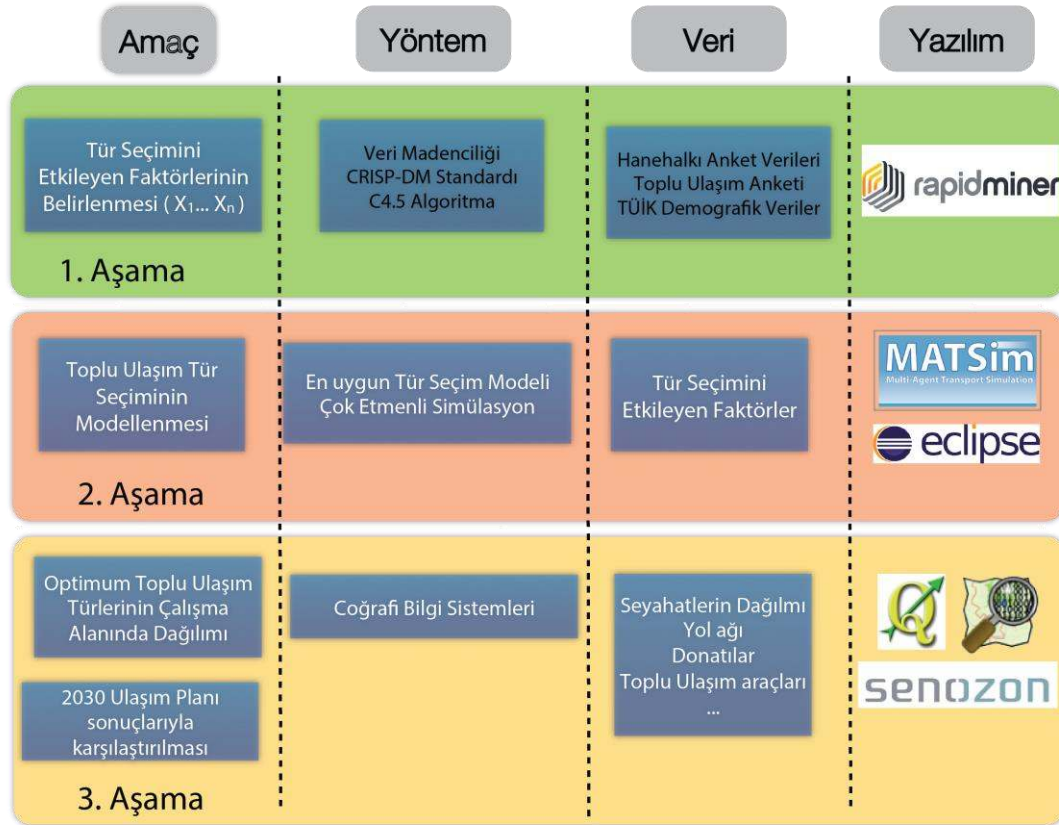
Şekil 18: Öneri Modelin Yapısı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Model üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada elde edilen verilerden hareketle tür seçimini etkileyen faktörlerin veri madenciliği yöntemiyle ortaya konulması ele alınmıştır. İkinci aşamada ise tür seçiminde etkili olduğu tespit edilen faktörler dikkate alınarak tür seçim modelinin belirlenmesi yer alır. Üçüncü aşamada ise ulaşım türlerinin günlük bireysel faaliyetlerinden hareketle çalışma alanında dağılımı simüle edilmiştir. Her üç aşamadaki amaç, yöntem, kullanılan veri ve yazılımlar Şekil 19’da gösterilmiştir. Belirlenen bu aşamalar takip edilerek örnek bir çalışma üzerinden modelin uygulaması yapılacaktır.

Şekil 19: Modelin Aşamaları Hakkında Ayrıntılı Bilgi



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.2. ÇALIŞMA ALANININ BELİRLENMESİ

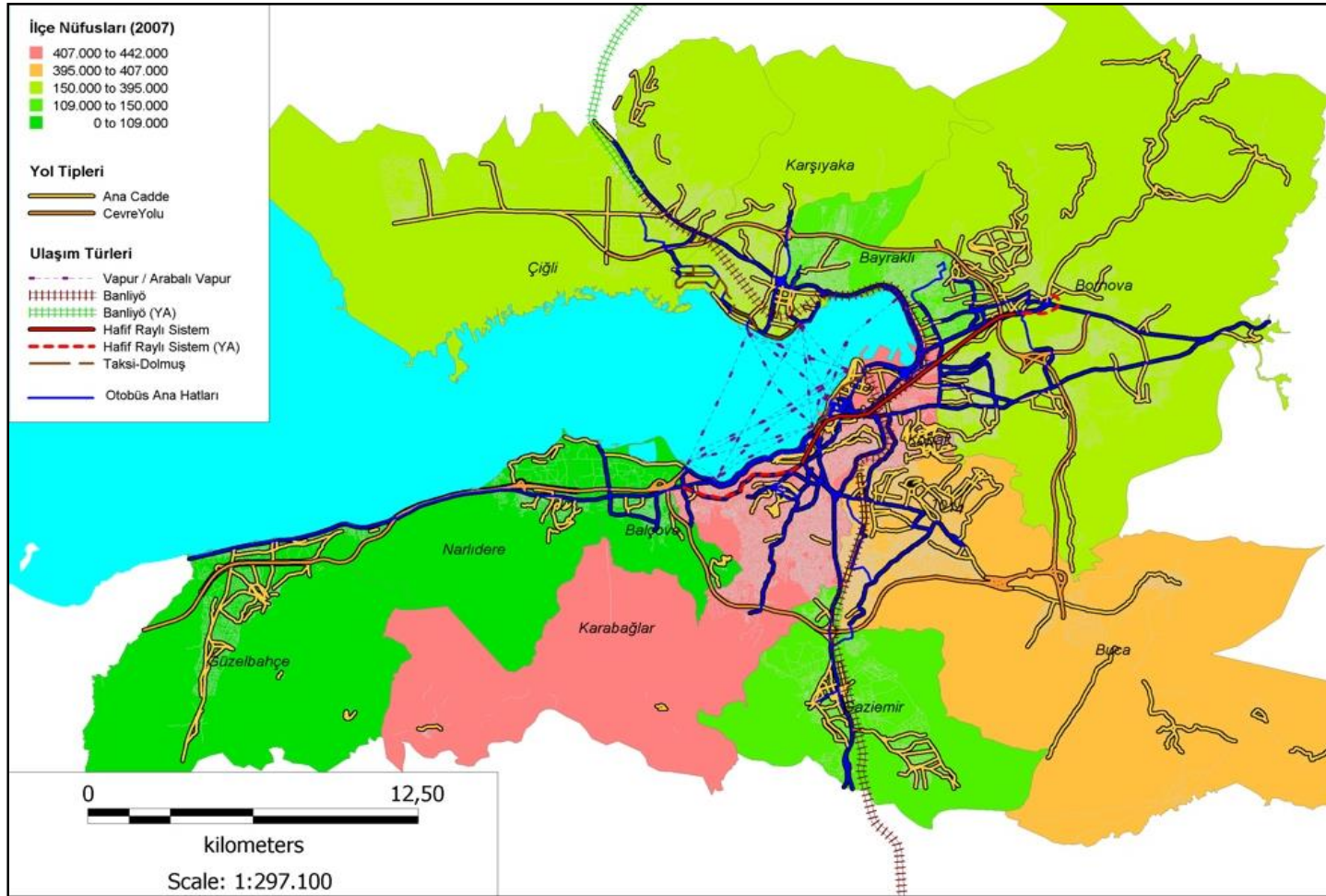
Ulaşım modelleme çalışmaları içerisindeki adımlardan biri olan ulaşım tür seçimi aşaması özellikle ülkemizde yapılan çalışmalarda ayrıntılı olarak üzerinde durulmayan bir aşamadır. Literatür incelendiğinde ulaşım tür seçimini etkileyen birçok faktör olduğu görülmüştür. Bu çalışmada İzmir ili Buca ilçesindeki kişilerin bireysel özellikleri ve tercihlerinden hareketle tür seçiminde etkili olan faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Faktörlerin belirlenmesi aşamasında veri madenciliği yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler İzmir Ulaşım Planı çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen 2007 Hanehalkı anket çalışmasından elde edilmiştir.

Ulaşım tür seçimini etkileyen faktörlerin, ulaşım planlaması yapılan çalışma alanına göre önem dereceleri değişmektedir. Dolayısıyla çalışma alanı belirlendikten sonra çalışma alanından elde edilmiş verilerle bu faktörlerin belirlenmesi gerekir.

4.3.ÇALIŞMA ALANI KAPSAMINDAKİ VERİLERİN YAPISININ ORTAYA KONULMASI

İzmir'deki Merkez ilçelere (Bayraklı, Bornova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Güzelbahçe, Karabağlar, Karşıyaka, Konak, Narlıdere) ait mevcut toplu ulaşım ağı ve ana caddeleri Şekil 20'de görüldüğü gibidir. Ayrıca bu şekilde 2007 yılında ait nüfus bilgilerinin ilçelere göre dağılımı da gösterilmiştir.

Şekil 20: İzmir Merkez İlçelerine Ait Toplu Ulaşım Ağı ve 2007 Nüfus Dağılımı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından İzmir Ulaşım Ana Planı çalışmaları kapsamında Hanehalkı Konut Anketi 2007 yılında gerçekleştirilmiştir. Hanehalkı Konut Anketi, dört sayfadan ve yaklaşık ellibeş sorudan oluşan bir anket çalışmasıdır. Bu anket çalışması kapsamında 20.000 haneden 99.258 kişiye ait adres bilgisi, konut bilgisi, araç sahipliği, taşıt bilgisi, hanedeki kişi bilgisi, yolculukta kullanılan araç sayısı ve yolculuk bilgisi toplanmıştır.

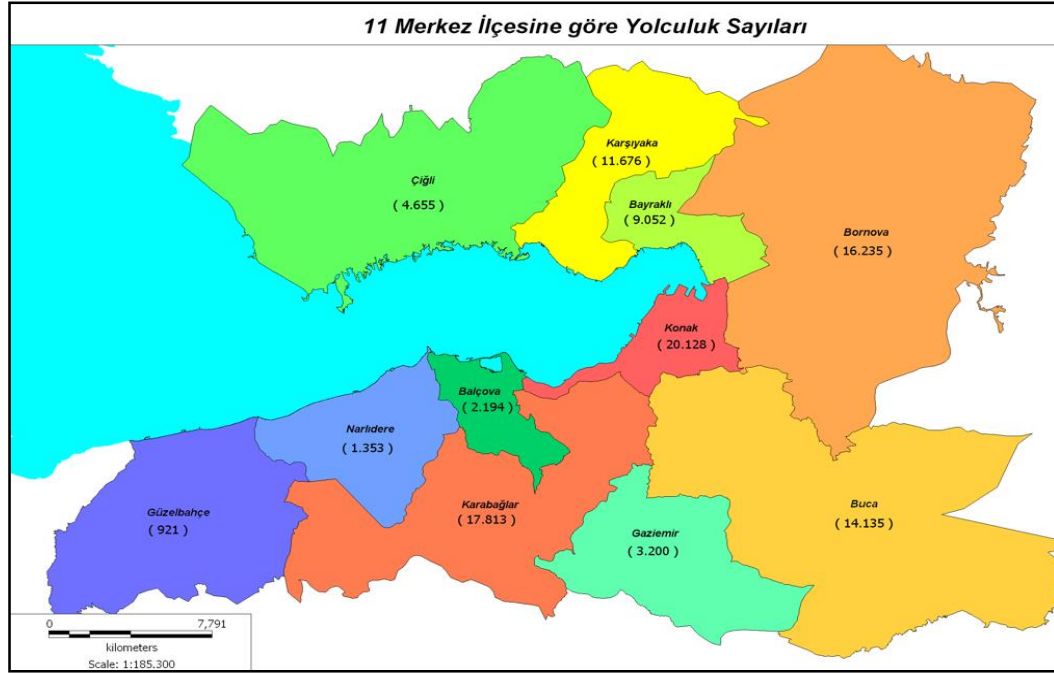
Tablo 15: 2007 Hanehalkı Anketine göre İzmir İlçelerinin Yolculuk Bilgisi Dağılımı

İlçe	2007 yılı ilçe ayrımına göre		2009 yılı yeni ilçe ayrımına göre	
	Mahalle Sayısı	Yolculuk Bilgisi	Mahalle Sayısı	Yolculuk Bilgisi
Konak	139	37.941	86	20.128
Balçova	8	2.194	8	2.194
Bornova	37	16.235	32	14.131
Buca	41	14.135	41	14.135
Çiğli	23	4.655	23	4.655
Gaziemir	13	3.200	13	3.200
Güzelbahçe	8	921	8	921
Karşıyaka	42	18.624	23	11.676
Narlıdere	11	1.353	11	1.353
Karabağlar	-	-	55	17.813
Bayraklı	-	-	24	9.052
TOPLAM	322	99.258	324	99.258

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Anket sonuçlarından elde edilen İzmir ili merkez ilçelere göre yolculuk sayısının dağılımı Tablo 15’te gösterilmiştir. Bu tablodan da anlaşılacağı üzere en çok yolculukların gerçekleştiği ilk üç ilçe sırasıyla Konak, Karşıyaka ve Bornova’dır. En az yolculuk sayısı ise Güzelbahçe ilçesinde olmaktadır. Ancak 2009 yılından itibaren Türkiye genelinde ilçe ayrımları değişmiş ve yeni ilçeler oluşmuştur. Yeni ilçe ayrımlarına göre yolculuk sayıları tekrardan hesaplandığında Konak ilçesinde yolculuk sayısı azalmış olsa da yine de 20.128 ile en fazla yolculuk sayısına sahip ilçedir. Konak ilçesini, Karabağlar ve Buca ilçeleri takip etmektedir. En az yolculuk sayısına sahip olan ilçe değişmemiş olup halen Güzelbahçedir. 2009 yılı ilçe ayrımına göre İzmir merkez ilçelerindeki yolculuk sayıları Şekil 21’de gösterildiği gibidir.

Şekil 21: 2009 Yılı İlçe Ayrımına Göre İzmir Merkez İlçelerindeki Yolculuk Sayıları



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.4. VERİ MADENCİLİĞİYLE FAKTÖRLERİN ORTAYA KONULMASINDA SÜREÇ MODELİNİN UYGULANMASI

Önerilen modelin birinci aşamasında belirtildiği gibi tür seçimini etkileyen faktörlerin bulunmasında veri madenciliği yöntemlerinden faydalanırken sistematik bir yaklaşım sunan CRISP-DM süreç modeli adımları izlenerek sonuca ulaşılmıştır. Bu adımlar izlenerek hanehalkı anket verisi üzerinden süreç yaşam döngüsü takip edilerek tür seçimine etki eden faktörler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

4.4.1. İşletmenin / Problemin Anlaşılması

Süreç modelinin ilk aşamasında hedeflerin belirlenmesi, uzman kişilerin atanması, kullanılacak verinin ve yazılımın belirlenmesi ve süreç boyunca karşılaşılabilecek veya doğabilecek risklerin ortaya konulması adımlarından oluşmaktadır. Süreç modelinin

hedefi İzmir içerisinde elde edilen kentsel veri seti kullanılarak tüm kentsel ulaşım türlerini etkileyen faktörlerin keşfedilmesidir. Bu hedefe ulaşmak için istatistiksel veri analisti ve ulaşım uzmanı gibi konusunda uzmanlar belirlenmiştir. Veri olarak, 2007 yılında gerçekleştirilen İzmir ulaşım çalışmaları kapsamında yapılan hanehalkı anket verileri seçilmiştir. Süreç yaşam dönüğüünün farklı aşamalarında kullanılmak üzere IBM SPSS Statistics, Microsoft Excel ve Rapidminer yazılımlarının kullanılmasına karar verilmiştir. Süreç boyunca karşılayabilecek riskler ortaya konulmuştur. Bu riskler;

- Etkin bir karar ağacını oluşturmak için veri setindeki alanların ve bilgilerin sayıca yeterli olmaması sorunuyla karşılaşılabilir. Çünkü kullanılan veri başka bir çalışma kapsamında farklı hedeflerle toplanmıştır.
- Belirlenen hedefleri karşılayamayacak şekilde bir veri setiyle karşı karşıya kalınmış olunabilir.
- Gerçekçi analizler yapmaya engel olabilecek şekilde verinin karmaşıklığıyla karşılaşılabilir.

Eğer süreç boyunca belirtilen ve öngörülmeleyen risklerle karşılaşılırsa, analist riski oluşturan durumu çözmek için ilgili aşamaya geri dönebilir.

4.4.2. Verinin Anlaşılması

Hanehalkı anket verisi İzmir Metropolitan Bölgesinde 2007 yılında 25.000 hanede gerçekleştirilmiştir. Anket, her bir hanehalkıyla evlerinde yüz yüze görüşerek gerçekleştirilmiştir. Toplamda ellibeş anket sorusu; kullanıcı no, adres bilgisi (her bir ev için), ev bilgisi (her bir ev için), araç sahipliği (kendi veya herhangi bir için), araç bilgisi (her bir araç için), kişi özellikleri (evdeki her bir kişi için), yolculukta kullanılan araç bilgisi (her bir kişi için) ve yolculuk bilgisi (her bir yolculuk için) başlıkları altında toplanarak hazırlanmıştır. Yapılan bu anket çalışmasının amacı çalışma alanından alınan belirli bir örneklem üzerinden evde yaşayan her bir bireyin yolculuk amaçları hakkında bilgi sahibi olmaktır.

4.4.3. Verinin Hazırlanması

Bilgi keşfi sürecinin en zor ve zaman alıcı aşamasıdır. Bu aşamada veri, analitik yöntemlerin kullanılması için hazır hale getirilmiştir. Veri hazırlama adımları; veri seçimi, veri temizleme, filtreleme, dönüşüm, yaratım, etkileşim ve yapılandırma aşamalarından oluşmaktadır. Yapılan çalışma da bu adımlar izlenerek verinin analitik yöntemlerle hazırlanması gerçekleştirilmiştir.

4.4.3.1. Verinin Seçimi

Hanehalkı anketinden elde edilen tüm verileri kullanmak analiz yaparken karmaşıklığı artırmaktır. Bunun yanında tüm veri setinin kullanılması çalışmanın amacına uygun değildir. Dolayısıyla veri setinden bazı verilerinin çıkartılması gerekmektedir. Literatürde belirlenmiş ve Bölüm 1.4’te ortaya konan tür seçimini etkileyen faktörler dikkate alınarak yirmibeş değişken Tablo 16’da belirtildiği şekilde seçilmiştir.

Tablo 16: Çalışma Kapsamında Dikkate Alınan Değişkenler

Grup Adı	Değişken adı
Konut Bilgisi (her hane için)	Konut Türü, Mülkiyet Türü, İkinci Ev Sahipliği, Kişi Sayısı, Araç Sayısı, Özel Araç Sayısı
Hanedeki kişi bilgisi (hanedeki her bir kişi için)	Kişi Sıra No, Hane Reisine Yakınlık, Yaş, Yaş Grubu, Cinsiyet, Öğrencilik, Eğitim, Çalışma Durumu, Süreklilik, Ehliyet, Toplu Ulaşım Kart Sahipliği
Yolculuk bilgisi (hanedeki her bir kişi için)	Yolculuk No, Yolculuk Nedeni, Başlangıç Mahallesi, Başlangıç Arazi Kullanımı, Başlangıç Mahalle Kodu, Başlangıç Zamanı, Ulaşım Aracı, Bitiş Mahallesi, Bitiş Mahallesi Kodu, Bitiş Arazi Kullanımı, Bitiş Zamanı, Yolculuk Süresi, Sorunlar

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.4.3.2. Verinin Temizlenmesi

Yapılan 25.000 anket çalışması farklı çalışma grupları tarafından sahada gerçekleştirilmiş ve dijital ortama kayıtları da yine bu kişiler tarafından ayrı ayrı yapılmıştır. Dolayısıyla veri girişlerinin standart olarak girilmesine dikkat edilse bile verilerin hepsi birleştirildiğinde bazı kısımlarda farklılıkların olduğu görülmüştür.

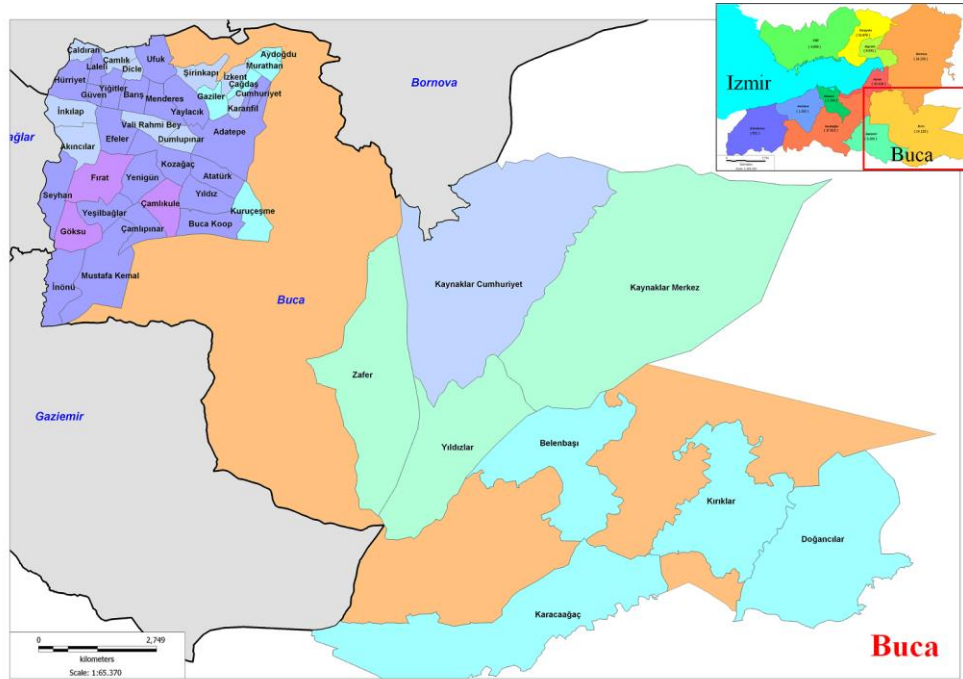
Dolayısıyla verilerinin hepsinin standart yapıya kavuşması için yanlışlıklar temizlenmiş ve düzeltilmiştir.

4.4.3.3. Verinin Filtrelenmesi

Hane halkı anketi İzmir şehrine ait 25.000 hanenin verisini içermektedir. Dolayısıyla yaklaşık her bir evde yaşayan sayısı dikkate alındığında yaklaşık 101.000 yolculuk bilgisine ulaşılmış olacaktır. Her ne kadar tüm İzmir’e ait tür seçimi çalışması için veri seti kullanılabiliyorsa olsa da bu çalışmada İzmir’e bağlı ilçelerden biri olan Buca ilçesi üzerinde durulmaktadır. Çünkü İzmir merkez ilçelerine bağlı 20.000 veri girildiğinde karar ağacı oluşturmak konusunda problem yaşanmıştır.

Buca ilçesine ait 2.579 hane bilgisine ve 14.135 yolculuk bilgisine ulaşılmıştır. Buca’nın seçilmesi, tüm İzmir için yapılacak tür seçimi çalışması için eğitim kümesi olmaktadır. Şekil 22’de Buca ilçesinin İzmir İli ilçesi içerisindeki konumu gösterilmiştir.

Şekil 22: İzmir’e Bağlı Buca İlçesinin Konumu



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.4.3.4. Verinin Dönüşümü

Hanehalkı anketi verilerine IBM SPSS Statistics yazılımı formatı olan **.sav** şeklinde ulaşılmıştır. Mekansal analize izin verebilmesi açısından ilçe, mahalle ve sokak isimleri düzenlendikten sonra, tüm veri **.xls** formatına dönüştürülmüştür. Verinin mevcut yapısında tüm yolculuk bilgilerinin karşılığında haneye ve kişiye ait bilgiler girilmemiş olduğu için boşluklar oluşmaktadır. Dolayısıyla her bir yolculuğun bilgisi bireysel ve hane özellikleriyle kesişmemektedir. Bu problemin ortadan kaldırılması için her bir yolculuk bilgisiyle aynı satıra seyahati gerçekleştiren kişinin bilgileri ve seyahati gerçekleştiren kişinin bulunduğu hane ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda gösterildiği çoğaltılmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken Microsoft Excel için hazırlanış makrolar yardımıyla veri setinde çoğaltma işlemi yapılmıştır. Böylelikle tüm yolculukların her türlü bilgisine sahip olmak ve rahatlıkla analiz edilebilmesi için hanehalkı ortak bilgileri tüm yolculuklara atanmış olmuştur ve veri setindeki boşluklar doldurulmuştur. Kullanılan ulaşım türüne ait bilgiler hariç tüm bilgiler çoğaltılmıştır.

Veri üzerinden; tüm yolculukların her türlü bilgisine sahip olmak ve bilgilerin rahatlıkla analiz edilebilmesi için hanehalkı ortak bilgileri tüm yolculuklara atanmıştır. Bu atama işlemi sırasında, hanehalkındaki taşıta ait bilgiler hariç tüm bilgiler çoğaltıldı. Taşıt sıra no, taşıt kodu, otopark bilgisi, marka, model, yılı, hacmi, yolcu kapasitesi, diğer, yakıt türü bilgileri çoğaltılmamıştır.

Tüm veriler Tablo 17'deki gibi düzenlenmiş ve Buca'daki birgün içerisinde gerçekleştirilen yolculuklarda kullanılan ulaşım türleri dağılımı Şekil 23'teki gibi saptanmıştır. Hiç yolculuk etmeyenler dikkate alınmadığında birçok yolculuk eden kişi için toplu ulaşım en çok tercih edilen ulaşım türü olduğu sonucuna varılmıştır. Bu ulaşım türlerine etki eden faktörleri sürecin modelleme aşamasında ortaya konulacaktır.

Tablo 17: Verinin Dönüştürülmesi

Yolculuk Sıra No	Konut Bilgisi		Hanehalkı Özellikleri		Yolculuk Bilgisi	
	Anket No	$X_{1...m}$	Kişi No	$Y_{1...m}$	Yolculuk No	$Z_{1...k}$
1	1	---	1	---	1	---
2	2	---	1	---	1	---
3	2	---	2	---	1	---
4	3	---	1	---	1	---
5	3	---	2	---	1	---
6	3	---	2	---	2	---
7	3	---	2	---	3	---
8	3	---	3	---	1	---
9	3	---	3	---	2	---

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Yolculuk Sıra No: Tüm veri setindeki tüm yolculukların sayısı

Kişi No: Bir hanede yaşayan kişilerin sıra numarası

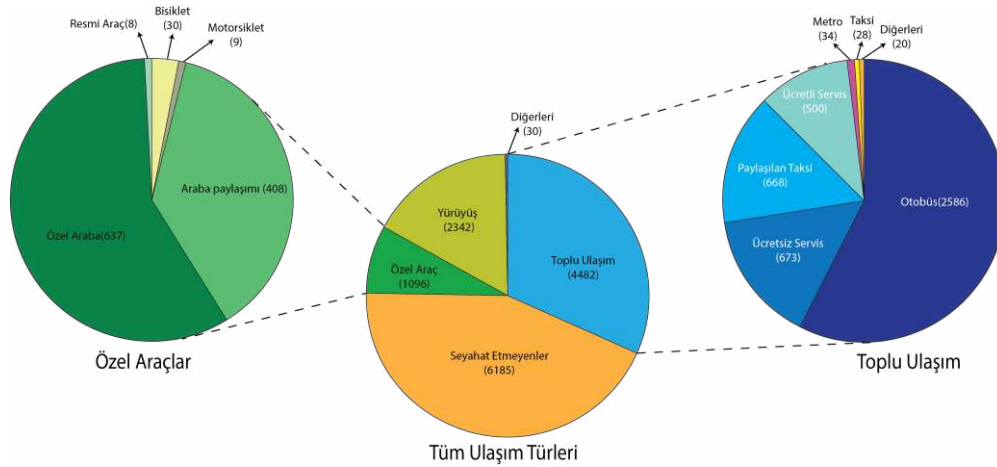
Yolculuk No: Bir kişinin bir gün içerisinde yaptığı yolculuk sırasını gösteren numara

$X_{i,...,n}$: Hane bilgisi grubundaki değişkenler

$Y_{1,...,m}$: Kişi bilgileri grubundaki değişkenler

$Z_{i,...,k}$: Yolculuğa ait değişkenler

Şekil 23: Buca'daki Bir Günlük Yolculukta Kullanılan Tüm Ulaşım Türleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.4.3.5. Verinin Yapılandırılması

Veri madenciliği yöntemleri uygulanırken ilgili yazılımların verinin yapısını anlaması için her bir değişkenin türünün tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada açık

kaynak kodlu veri madenciliği yazılımı olan Rapidminer, yöntemlerin uygulanması için seçilmiştir. Bu yazılım için verinin yapısı Tablo 18’de gösterildiği şekilde tanımlanmıştır.

Tablo 18: Rapidminer Değişken Tanımlaması

Değişken adı	Veri türü	Değerler
Konut türü	binomial	müstakil, apartman...
Mülkiyet türü	binomial	kendi, kira, lojman...
İkinci ev sahipliği	binomial	var, yok
Kişi Sayısı	integer	1,2,...n
Araç Sayısı	integer	1,2,...n
Özel Araç sayısı	integer	1,2,...n
Hane reisine yakınlık	polynomial	eşi, çocuk...
Yaş grubu	polynomial	0-6,7-12,...,55 ve üzeri
Cinsiyet	binomial	kadın, erkek
Öğrencilik	binomial	var, yok
Eğitim	polynomial	ilkokul, ortaokul, lise...
Çalışma durumu	polynomial	özel, kamu
Süreklilik	polynomial	çalışan, iş sahibi...
Ehliyet	binomial	var, yok
Kentkart sahipliği	binomial	var, yok
Yolculuk sayısı	polynomial	1,2,...n
Yolculuk nedeni	polynomial	iş, ev, alışveriş, okul ...
Başlangıç mahallesi	polynomial	izmirin mahalleleri
Baş. Arazi kullanımı	polynomial	ev, okul, hastane ...
Başlangıç zamanı	time	24 saat
Ulaşım aracı*	polynomial	araba, otobüs, tren...
Bitiş mahallesi	polynomial	İzmir’in mahalleleri
Bitiş arazi kullanımı	polynomial	ev, okul, hastane ...
Bitiş zamanı	time	24 saat
Yolculuk süresi	integer	dakikalar

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.4.4. Modelleme

Süreç modelinin bu aşamasında veri madenciliği yönteminin seçilip ilgili veri seti üzerinde uygulaması gerçekleştirilmiştir. Veri seti düzenlendikten sonra kullanılacak veri madenciliği yönteminin belirlenmesi için literatürdeki yöntemler incelenmiştir. Bu çalışmada kişilerin ulaşım tür seçiminde hangi ortak özelliklere sahip olduğu ortaya konmak istendiğinden, veri madenciliği yöntemlerinden *Sınıflandırma* yöntemi seçilmiştir. Sınıflandırma yöntemleri içerisinde makine öğrenmesi olarak da tanımlanan *Karar Ağacı* yöntemi seçilmiştir. Karar ağacı ile karar noktalarındaki farklı değerlere göre tür seçiminin nasıl ayrıştığı ortaya konulmuştur. Sınıfları belli olmayan ve ikiden fazla bölünmeyle karar ağaçları oluşturulacağı için karar ağacı yöntemlerinden *Entropi Tabanlı Algoritmalar* seçilmiştir. Veri seti içerisinde hem kategorik hem de sayısal nitelikli veriler olduğu için entropi tabanlı algoritmalar içerisinde *C4.5 algoritması* seçilmesine karar verilmiştir.

Ulaşım tür seçimini etkileyen faktörlerin ortaya konulması amaçlı karar ağaçları oluşturulmak istendiğinden hedef değer olarak veri türündeki *ulaşım türü* değişkeni seçilmiştir. C4.5 algoritması Buca ilçesinden elde edilen 14.134 yolculuk verisine Rapidminer yazılımında uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında yazılım içerisindeki **Veriyi Al** (Retrieve) ve **Karar Ağacı** operatörleriyle oluşturulmuştur. Excel verilerini .csv formatına dönüştürüldükten sonra Rapidminer yazılımı içerisinde “Import Data” ile csv dosyası yazılıma yüklendi. Süreç içerisine Şekil 24’teki gibi “Retrieve (Veriyi al)” ve “Decision Tree (Karar Ağacı)” kutuları yerleştirilip işleme sokulmuştur.

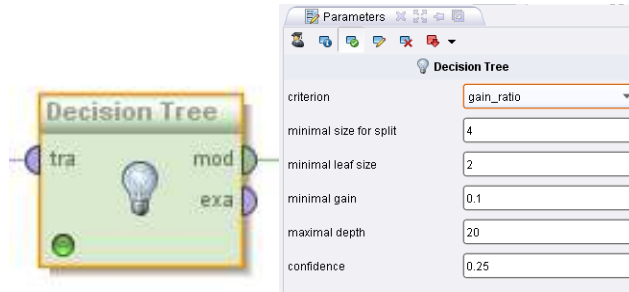
Şekil 24: Veriyi al (Retrieve) Operatörü ve Parametresi



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Verinin yazılım tarafından okunabilmesi için öncelikle **Retrieve** operatörü içerisinde düzenlenmiş olan veri seti tanımlanmıştır. Veri seti program içerisine aktarılırken, veri setindeki verilerin türleri ve karar ağacında belirlenmesi gereken hedef değer tanımlanmıştır. Retrieve operatörü ile Karar Ağacı operatörü arasında bağlantı kurulmuştur.

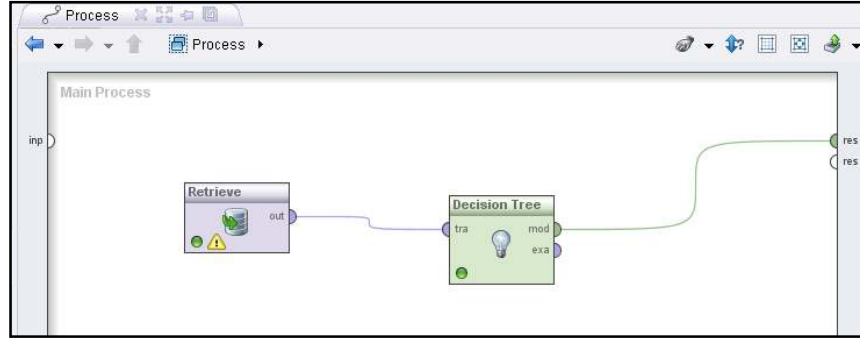
Şekil 25: Karar Ağacı Operatörü ve Parametresi



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Retrieve operatöründe veri seti tanımlanmıştır. Daha sonra *Decision Tree* operatöründe kriterler belirlenmiştir. Karar ağacı oluşturma işlemi başlatılmadan bazı parametrelerin tanımlanması gerekmektedir. C4.5 algoritması kullanıldığı için kriter olarak kazanç oranı seçilmiştir. Denemeler sonucunda anlamlı yapıda karar ağacı Şekil 25'te belirtildiği gibi bölünme için minimum sayının dört, minimum yaprak sayısının iki, minimum kazancın 0.1, maksimum derinliğin yirmi ve güven seviyesi 0.25 olduğu yapıda oluşmuştur. Sonuçta Buca ilçesine ait hanehalkının verileri dikkate alınarak karar ağacı oluşturulmuştur. Şekil 26'da gösterildiği gibi karar ağacı süreci çalıştırıldığında çıktı elde edilmiştir.

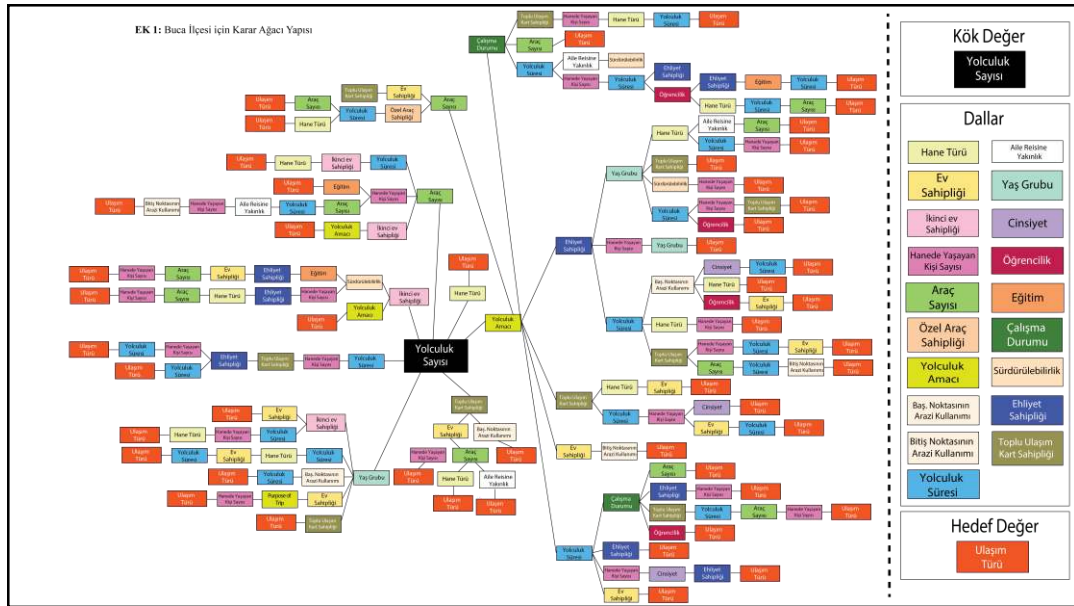
Şekil 26: Rapidminer Programında Karar Ağacı Sürecine ait Ekran Görüntüleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Süreçte belirtilen alt ağaçlar %25 güven limitinin altında kalırsa budama gerçekleşecektir. Bu limitin altında kalan dallar ağaçtan çıkarılıp bir üstteki yaprakta sonlandırılacaktır. Buca'daki hanehalkı anketinden elde edilen 14134 yolculuk verisi dikkate alınarak oluşturulan basitleştirilmiş karar ağacı Şekil 27'de gösterildiği gibidir. Kök değeri "Yolculuk sayısı" olarak oluşmuştur. Tür seçimini etkileyen faktörler hanehalkı karakteristikleri ve yolculuk seçimlerine göre farklılaşmaktadır.

Şekil 27: Buca İlçesi İçin Karar Ağacı Yapısı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Buca ilçesi bazında oluşturulan karar ağacından sonra İzmir ili tüm merkez ilçeleri dikkate alınarak da karar ağacı oluşturulmuştur. Şekil 27, Ek 1’de daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilir.

4.4.5. Değerlendirme

Modelleme aşamasında belirtildiği gibi “yolculuk sayısı” değişkeni karar ağacının kök değer olarak oluşmuştur. Bu değişkenin farklı değer almasına göre, ağaçta dallanmalar oluşmakta ve bölünme kurallarına göre bu dallar artmaktadır. Ortaya çıkan karar ağacında en çok tekrar eden ve dallanmaya götüren yaprak değerleri, tür seçimini en çok etkileyen faktörler olarak tanımlanmıştır. Bu bakış açısıyla Tablo 19’da gösterildiği gibi hane bilgisi, yolculuk edenin özellikleri ve yolculuk özellikleri üst başlıklarında toplanan hanedeki kişi sayısı, araç sayısı, ev tipi, ev sahipliği, ehliyet sahipliği, yaş grubu, çalışma durumu, toplu ulaşım kart sahipliği, yolculuk süresi ve yolculuğun amacı değişkenleri etkin role sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 19: Ulaşım Tür Seçimini En çok Etkileyen Faktörler

Hane Bilgisi	Yolculuk Edenin Özellikleri	Yolculuk Özellikleri
Hanedeki Kişi Sayısı	Ehliyet Sahipliği	Yolculuk Süresi
Araç Sayısı	Yaş Grubu	Yolculuğun Amacı
Ev Tipi	Çalışma Durumu	
Ev Sahipliği	Toplu Ulaşım Kart Sahipliği	

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Karar ağacından test verisi olarak hanehalkı anket verisinden dallanma kuralları oluşturulmuştur. Yeni bir veri (bir hanehalkının yolculuk bilgisi) karar ağacına sokulduğunda, bu yeni gözlem için tür seçimi dallanma kurallarıyla rahatlıkla yapabilmek mümkün olmaktadır. Bu ilçeden elde edilen dallanma kuralları diğer ilçelere hatta tüm İzmir’e uygulanabilir.

Seyahatlerin başlangıç noktası ve bitiş noktaları da değişken olarak karar ağacına dahil edilmiştir. Ancak bu çalışma sonucunda bunların ulaşım tür seçimi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Konumla ilgili bu değişkenlerin karar ağacının branslaşmasında çok küçük etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak bireysel yolculuk edenlerinin konum bilgisinin Buca ilçesi için tür seçiminde etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.4.6. Dağıtım

CRISP-DM süreç modelinin son aşaması olan dağıtım aşamasında çalışmanın karar vericilere sunulması için final raporunun hazırlanması gerekmektedir. Hedefe ulaşmanın başarısı ve yöntemin başarısının bu rapor içerisinde sunulmalıdır. Kentsel ulaşım ile ilgili karar vericilerle bu raporun paylaşılması gerekmektedir. Sonuç olarak hanehalkı seviyesinde tür seçimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi bu çalışmada başarılmıştır.

Ortaya konan parametrelerden birindeki değerlerin değişmesiyle, hanehalkına ait bireyinde ulaşım türü seçimi de değişecektir. Tek bir ilçeden hareketle tür seçimini etkileyen faktörlerin tanımlanması diğer ilçelere veya şehirlere uygulanamayabilir. Dolayısıyla sadece bir ilçeyle sınırlı kalmayıp İzmir iline ait diğer ilçelere de bu çalışma genişletilmelidir. Ayrıca yol ağı altyapısı, ücretlendirme politikası gibi verilerinde entegre edilmesi tür seçimine etki eden faktörlerin önemini de arttıracaktır.

Ulaşım planlama aşamalarından biri olan ulaşım tür seçimi aşamasında dikkate alınan tür seçimini en çok etkileyen faktörler, hanehalkı anket verisinden faydalanarak belirlenmeye çalışılmıştır. İzmir ili merkez ilçelerinde yapılan ulaşım planı çalışması kapsamında 2007 yılında gerçekleştirilen hanehalkı anketi çalışmasından elde edilen konut bilgisi, hanehalkı bilgisi ve yolculuk bilgisi grupları altındaki değişkenlerden hareketle öncelikle Buca ilçesi için karar ağacı oluşturulmuştur. Başlangıçta eğitim kümesi olarak tanımlanan Buca ilçesi verilerinin tüm il için yeterli olmadığı ortaya çıkmıştır. Çünkü ilçenin konumu gereği denizden uzak olması vapur ve feribot gibi deniz ulaşım araçları dikkate alınmalıdır. Bir sonraki aşamada ise İzmir ili tüm merkez ilçeleri

için karar ağacı oluşturulmuştur. Bu oluşturulan karar ağacı sonucunda hem Buca ilçesinde hem de İzmir ili merkez ilçeleri için ulaşım tür seçimini en çok etkileyen faktörler ortaya konmuştur.

Tablo 20: Buca İlçesi ve İzmir Merkez İlçeleri İçin Tür Seçimini Etkileyen Faktörler

	Buca	İzmir (Merkez İlçeler)
Anket (hane)	2579	20000
Yolculuk Bilgisi	14135	99258
Faktörler	Çalışma Durumu Ehliyet Durumu Hanedeki Kişi Sayısı KentKart Sahipliği Kişi Sayısı Konut Sahipliği Mülkiyet Türü Yaş Grupları Yolculuğun Amacı Yolculuk Süresi	Araç Sayısı Başlangıç Arazi Kullanımı Hanedeki Kişi Sayısı Hane reisine yakınlık İkinci Ev sahipliği Konut Türü Mülkiyet Türü Süreklilik Yaş Grubu Yolculuk Sayısı Yolculuk Süresi

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu sonuçlara göre Buca ilçesi ve İzmir merkez ilçelerinde hanehalkı anket verisinden hareketle ulaşım tür seçimini en çok etkileyen faktörler Tablo 20’de gösterilmiştir.

4.5. ÇALIŞMA ALANINA İLİŞKİN GELECEĞE YÖNELİK MEKANSAL ÇOK ETMENLİ SİMÜLASYONUN YAPILMASI

Ortaya konan tür seçimini etki eden faktörlerin sadece bir ulaşım türü değil, tüm kentsel ulaşım araçları dikkate alınarak yol ağı üzerinde simülasyon yöntemiyle hareketleri incelenmektedir. Hanehalkı anket verisinden hareketle, çok etmenli simülasyon tekniği kullanılmıştır. Yol ağı, donatılar, nüfusun belli bir miktarının günlük

seyahat bilgileri ve ulaşım araçları etmen olarak dikkate alınmıştır. Bu etmenlerin içerisine karar ağaçları yöntemiyle ortaya konan parametreler eklenmiştir.

Simülasyon için gerekli olan yol ağı, plan ve yapılandırma dosyaları Tablo 21’deki özelliklere sahip olarak girdi dosya olarak dikkate alınmıştır. Yol ağı dosyası içerisinde, linkler, kesişim noktaları, koordinat bilgisi ve yolların kapasiteleri vardır. Plan dosyalarında, yolculuk eden kişi ve yolculuk ile ilgili özellikler bulunmaktadır. Yapılandırma dosyasında ise simülasyon senaryosu tanımlanmaktadır. Tüm etmenler girdi dosyasında tamamlandıktan sonra, tür seçimine dayalı olarak smülasyon davranışlarının nasıl olacağı tanımlanmıştır. Böylelikle, etmenler arasında etkileşim kurulmuş olacaktır. Hanehalklarından mekansal olarak gerçekleşmiş senaryolar çıktı olarak elde edilmiştir. Bu süreçte Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı, açık kaynaklı, platform bağımsız MATSim kullanılmıştır.

Tablo 21: XML Girdi Dosyalarının İçerikleri

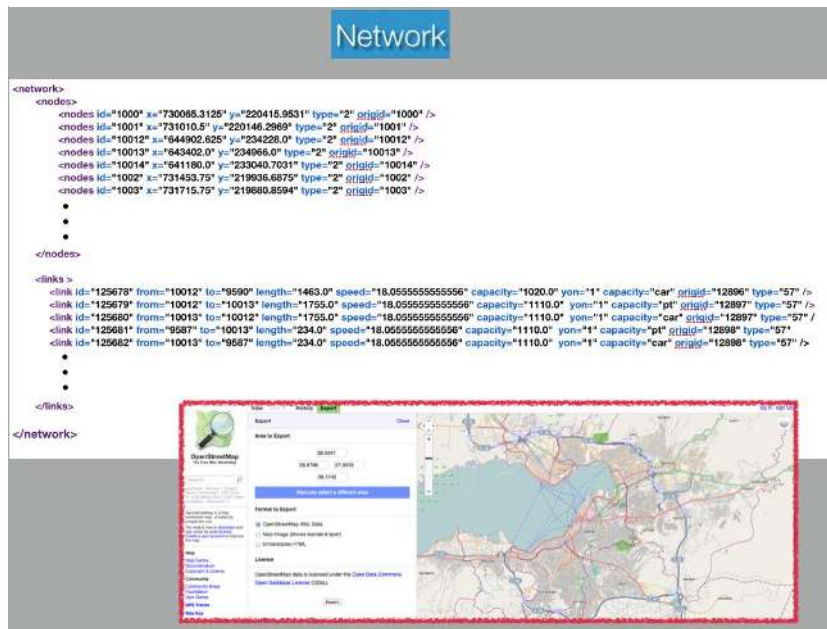
Dosya adı	Özellikleri
yolagi.xml	Çizgiler, noktalar, koordinatlar, kapasite
plan.xml	Seyahat süresi, seyahat amacı, hanede yaşayan insan sayısı, ehliyet sahipliği, araç sahipliği, ev tipi, ev sahipliği, yaş grubu, çalışma durumu, toplu ulaşım kart sahipliği
donatılar.xml	Planlarla ilişkili donatıların koordinatları, active türleri, faaliyetlerin başlama ve bitiş saatleri
yapılandırma.xml	Simülasyonun senaryosu tanımlanır. Tür seçim modeli tanımlanır.

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

MATSim içerisinde bireysel davranışları simüle etmek için, yol ağı, plan/nüfus, donatılar, toplu ulaşım araç bilgileri kullanılmıştır. Plan dosyalarında hanehalkı anket verisinden elde edilen seyahat bilgileri kullanılmıştır. Ancak anket verisindeki tüm parametreler dikkate alınmamıştır. Sadece karar ağacı yöntemiyle ortaya çıkarılmış tür seçimini etkileyen faktörler dikkate alınmıştır. Plan dosyaları içerisinde, karar ağacı yöntemiyle elde edilen faktörlerin hepsi eklenememiştir. Hanede yaşayan kişi sayısı, mülkiyet türü, ev sahipliği ve toplu ulaşım kart sahipliği gibi parametreler MATSim’de tanımlanmamış parametreler olduğu için eklenememiştir. Ancak MATSim’in

gelişmesiyle ileriki çalışmalarda eklenebilecektir. Şekil 28’de yol ağı dosyasının yapısı gösterilmiştir. Yol ağı dosyası oluşturulurken Open Street Map (www.openstreetmap.org) üzerinden çalışma alanının sınır koordinatları içerisinde kalan yol bilgileri .osm dosyası olarak indirilmiştir. Daha sonra MATSim aracılığıyla oluşturulan kodlarla yolların ve kesişim noktalarına ait koordinat bilgileri, kapasiteleri ve hangi araçlar tarafından kullanılabileceklerini gösteren bilgiler .xml formatına dönüştürülmüştür.

Şekil 28: Yol Ağı Dosyası



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Tür Seçim Modeli, yapılandırma dosyası içerisinde tanımlanmaktadır. Birçok alternatif ulaşım türü dikkate alındığı için çok terimli lojit model kullanılmaktadır. MATSim içerisinde çok terimli lojit model, yapılandırma dosyası içerisinde SelectExpBeta strateji modülünde tanımlanmaktadır. Yapılandırma dosyası içerisinde fayda olarak tanımlanan puanlar ve betaBrain parametresi ölçek parametresi olarak dikkate alınmaktadır. Denklemi;

$$p_i = \frac{\exp(\beta_{brain} * S_i)}{\sum_j \exp(\beta_{brain} * S_j)}$$

p_i , i. türün olasılığıdır.. S_i , i.türün aldığı puan ve S_j , j.türün aldığı puandır.

Şekil 29: Bir Kişinin Günlük Faaliyeti

```
<person id="21" sex="m" age="20" employed="no" license="no" car_avail="sometimes">
  <plan selected="yes">
    <act type="home" x="27.168634" y="38.373209" end_time="14:00:00" />
    <leg mode="walk" dep_time="14:00:00" trav_time="00:20:00"/>
    <act type="leisure" x="27.169802" y="38.369415" start_time="14:20:00" end_time="17:00:00" />
    <leg mode="walk" dep_time="17:00:00" trav_time="00:15:00"/>
    <act type="home" x="27.168634" y="27.168634" start_time="17:15:00" end_time="20:30:00" />
    <leg mode="walk" dep_time="20:30:00" trav_time="00:10:00"/>
    <act type="leisure" x="27.1661" y="38.371128" start_time="20:40:00" end_time="21:00:00" />
    <leg mode="walk" dep_time="21:00:00" trav_time="00:10:00"/>
    <act type="home" x="27.168634" y="38.373209" start_time="21:10:00"/>
  </plan>
</person>
```

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Kişilerin günlük yolculukları, gerçekleştirdikleri faaliyetlerden ve bu faaliyetler arasında kullandıkları araçlardan oluşmaktadır. Her bir kişi için birden fazla yolculuk olabileceği için herbirinde kullanılan araç ve faaliyetler hakkında bilgi plan.xml dosyalarında tutulmalıdır. Oluşturulan plan.xml dosyasından örnek olarak bir kişinin günlük hareketi Şekil 29’da gösterilmiştir.

Tablo 22: Plan Skorları Hesaplama için Değerler

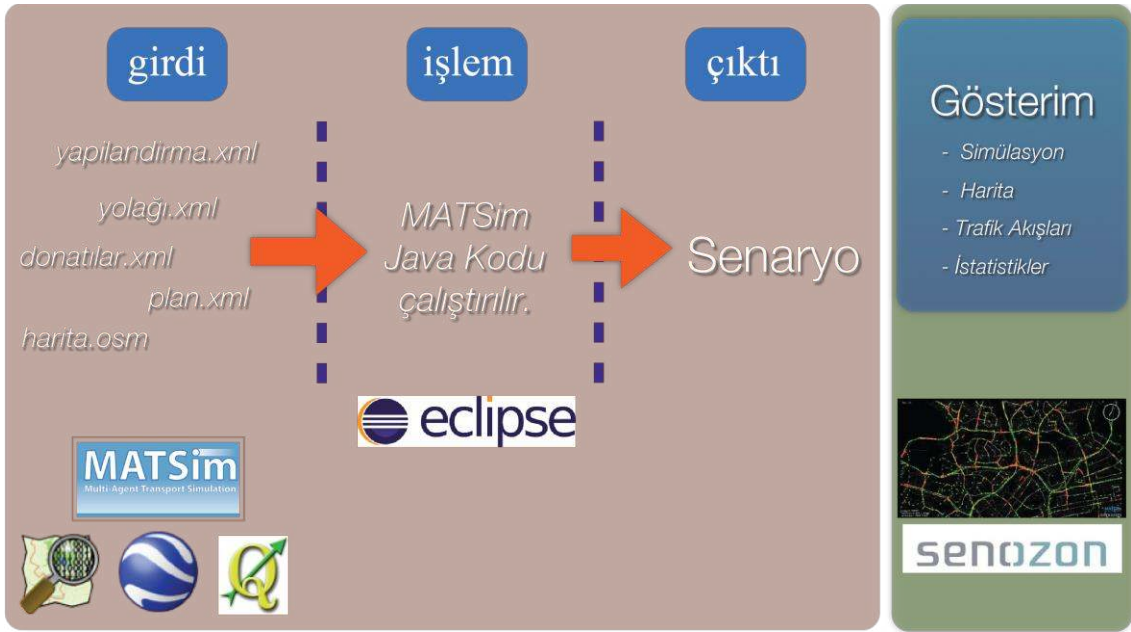
Adı	Kod tanımı	Değer
Faaliyet Türü	activityType_x	Ev, işyeri, eğitim...
Faaliyetin Önceliği	activityPriority_x	1.0, 2.0
Faaliyetin Yaklaşık Süresi	activityTypicalDuration_x	00:00:00-24:00:00
Faaliyetin Min. Süresi	activityMinimalDuration_x	00:00:00-24:00:00
Faaliyetin En Geç Başlama Zamanı	activityLatestStartTime_x	00:00:00-24:00:00
Faaliyetin En Erken Bitme Zamanı	activityEarliestEndTime_x	00:00:00-24:00:00
Faaliyetin Başlama Zamanı	activityOpeningTime_x	00:00:00-24:00:00
Faaliyetin Bitme Zamanı	activityClosingTime_x	00:00:00-24:00:00

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Yapılandırma dosyası içerisinde faaliyetlerin gerçekleşme süreleri, kullanılan tür seçim modeli ve katsayıları tanımlanır. İleriki simülasyonlarda faydalı olması için

planların skorlarını hesaplamaya faydası olan, Tablo 22’de belirtilmiş olan değerler tanımlanmıştır. x ile ifade edilen, faaliyet türünü göstermektedir. Herbir faaliyet için mutlaka tanımlanmalıdır. Tüm girdi dosyaları tanımlandıktan sonra Şekil 30’da gösterildiği gibi simülasyon adımları izlenir.

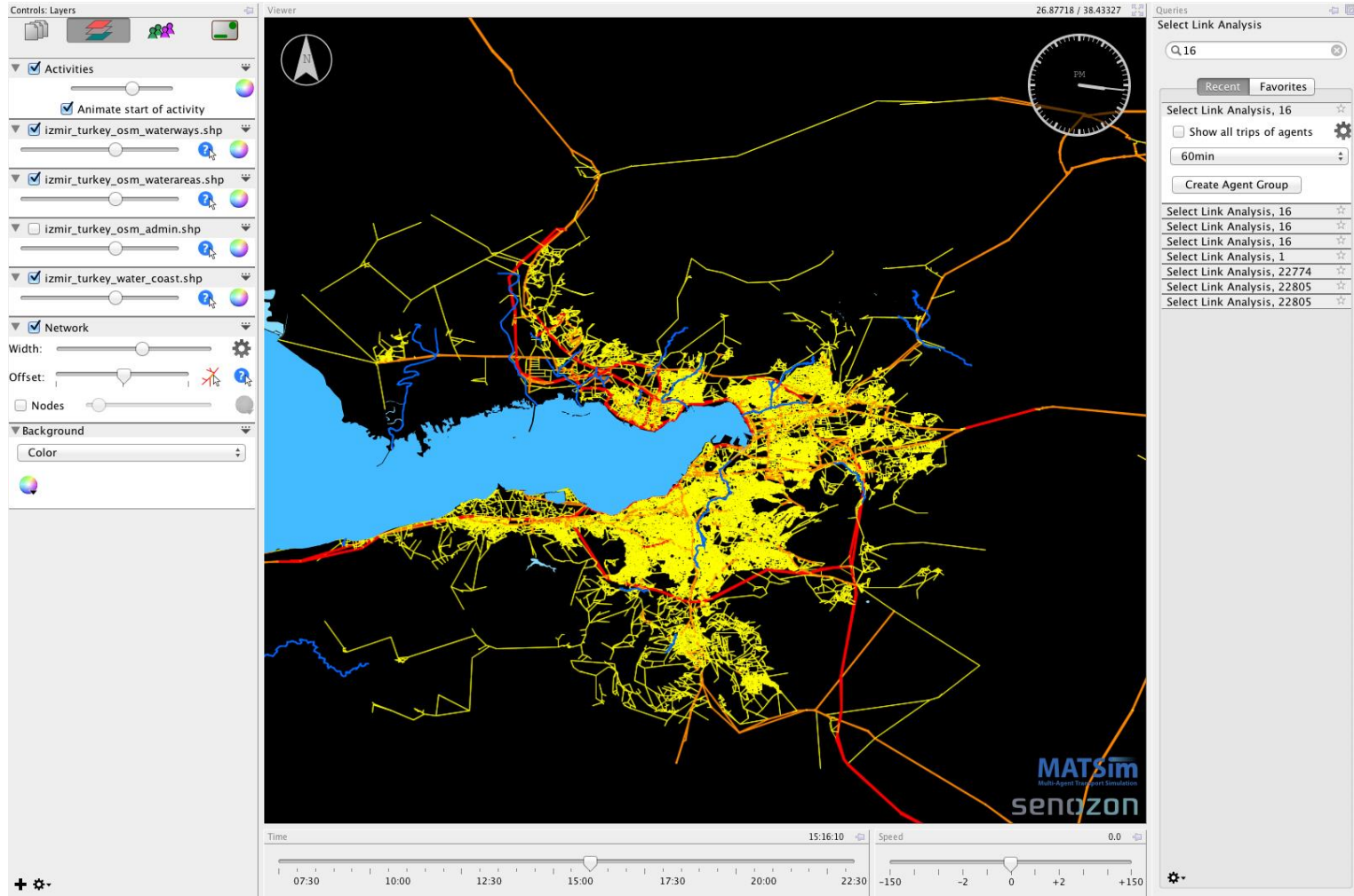
Şekil 30: Simülasyonun Adımları



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Simülasyon sonunda, bireysel davranışlardan hareketle seyahat edenlerin kişisel tercihlerinin ulaşım tür seçimi üzerindeki etkisinin mekansal olarak dağılımı Senozon yazılımı yardımıyla ortaya konmuştur. Yol ağı üzerinde, hanehalkı anketi verisinden tür seçimi için etkili olduğu ortaya konulmuş faktörler günlük yolculuk plan dosyaları içerisine işlenmiştir. Şekil 31’de simülasyon sonucunda elde edilen yol ağı ve plan dosyaları Senozon yazılımı içinde mekansal olarak gösterilmiştir. Etmenlerin oluşturduğu linkler ve planlar da gösterilmektedir.

Şekil 31: Simülasyonun Yapısı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.6. ÇALIŞMANIN SONUÇLARININ ORTAYA KONULMASI

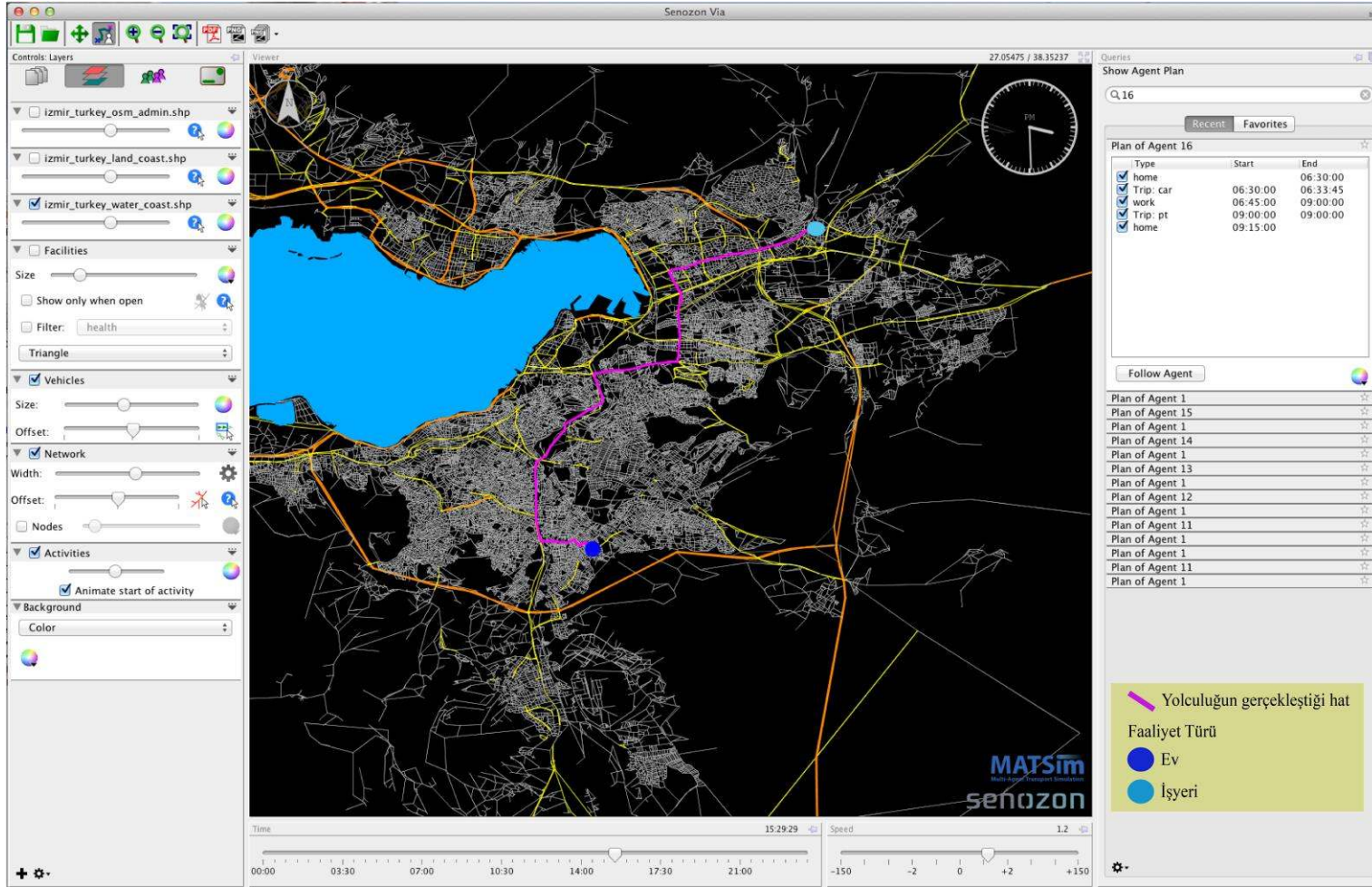
Tür seçimi sürecinde ulaşım yol ağının mekânsal olarak nasıl dağıldığını, kişisel ve seyahat özelliklerinin tür seçim üzerinde nasıl etkileri olduğu analiz edilmiştir. Sonuç olarak, belirli güzergahlardaki tür seçimi ulaşım yatırımlarına yol göstericisi etkisi olabilecektir.

Bir kişinin günlük yolcuğunun gösterimi Şekil 32’te gösterilmiştir. Yolculuk evden başlayarak işyerinde son bulmakta ve bu yolculuk sırasında araba ve toplu ulaşımdan faydalanmaktadır. Gün içerisinde farklı saatlerde faaliyetler tiplerinin nasıl değiştiği Şekil 33’te gösterilmiştir.

Simülasyon sonucunda Şekil 34’te gösterildiği gibi skor tablosu ve istatistikleri elde edilmiştir. Yapılandırma dosyası içerisinde tür seçim modeli katsayılarını değiştirerek ve iterasyon sayısını arttırarak farklı skorlar elde edilebilir. Bu skorlarla elde edilen maksimum faydayı sahip tür seçimi modeli seçilebilecektir.

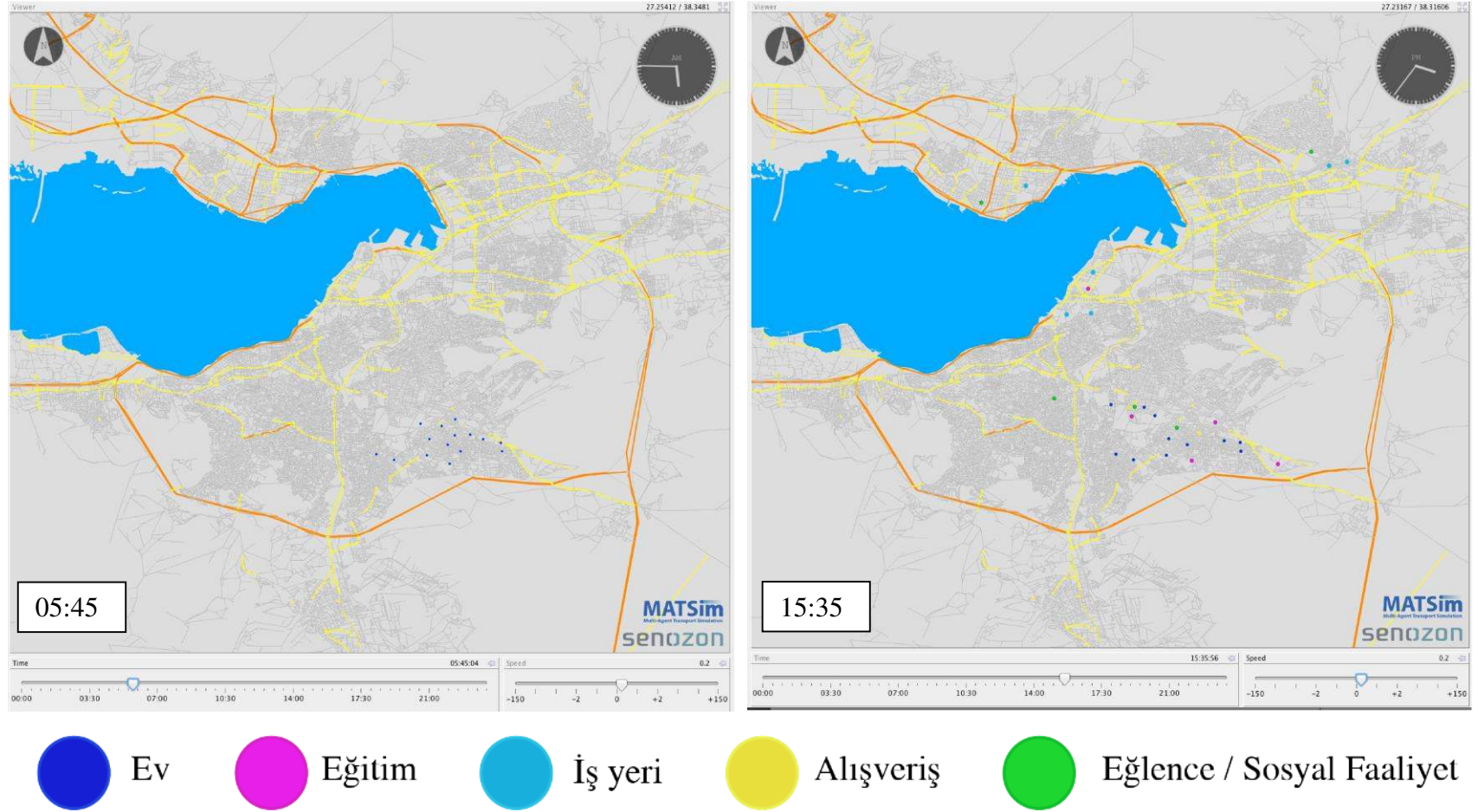
Kent ulaşımını geliştirmeye yönelik kararlar alınacağı zaman, yerel otoritelerdeki karar vericiler şehirde yaşayan kişilerin kişisel özelliklerini göz önünde tutmalı ve bireysel taleplerini karşılayacak ulaşım ağı yaratmalıdırlar. Bunu yaparken, yerel otoriteler tarafından verinin değiştirilmesine imkan veren yöntemler daha kullanışlı olacaktır. Bu yöntemle elde edilmiş veriler, farklı şehirlerde ya da sürdürülebilir toplu ulaşım ağı geliştirilmek istenen kentiçi ulaşım çalışmalarına örnek olacaktır.

Şekil 32: Bir Kişinin Günlük Yolculuğu



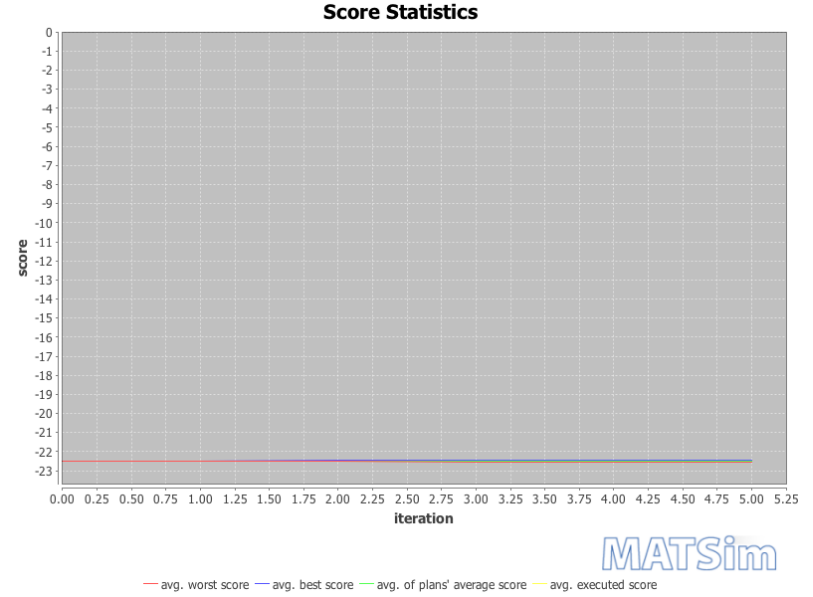
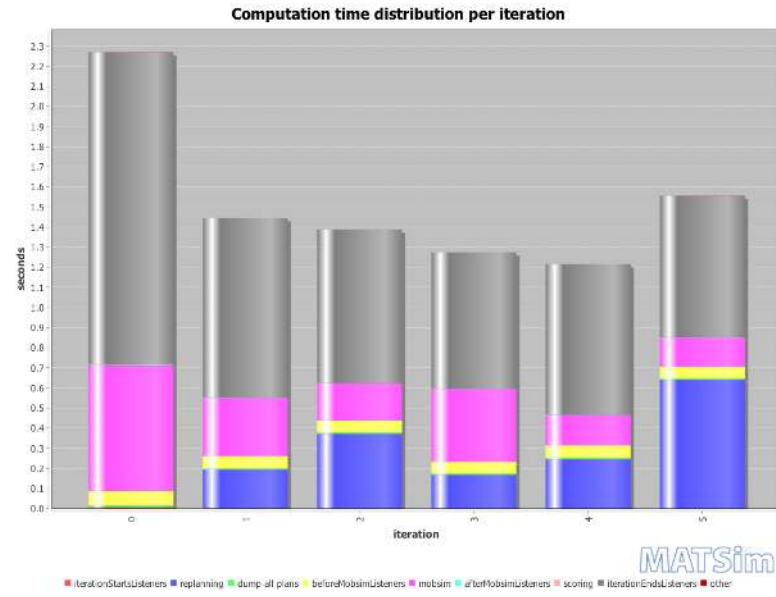
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir

Şekil 33: Günlük Faaliyetlerinin Değişimi



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 34: İterasyon ve Sonuçların Gösterimi



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

SONUÇ

Şehir içi ulaşım çalışmalarında ulaşım talep modellerinden faydalanılmaktadır. Ulaşım talep modelleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan dört aşamalı modelin aşamalarından biri olan tür seçimi, ülkemizde birçok çalışmada göz ardı edilmektedir. Şehir içi ulaşımında bireysel yolculukların ve yolculuk edenlerin özelliklerinden hareketle, tür seçimi üzerinde durmak literatüre oldukça faydalı olacağı düşüncesiyle bu çalışmaya başlanılmıştır.

Tür seçimi aşamasını etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler yolculuğun özelliğinden veya yolculuk yapanın ekonomik veya sosyal özelliklerinden oluşmaktadır. Ayrıca kullanılan yolculuk aracının özellikleri de ulaşımında tür seçimini etkileyen faktörler arasında gösterilebilir. Literatürde tür seçimini etkileyen birçok modele ulaşılmıştır. Bireysel yolculuklar dikkate alınarak çalışmalar başlatılacağı için ulaşım tür seçimi modeli için lojit model altyapı dikkate alınmıştır. Çalışma alanı içerisinde araba, otobüs, vapur, metro ve hafif raylı sistemler, yaya, bisiklet, motorsiklet gibi birçok farklı ulaşım türü kullanılmakta olup bu araçlarla yapılan yolculuk verilerine ulaşılmıştır. Bunun sonucu olarak çalışma alanı kapsamındaki tüm şehir içi ulaşım araçlarının dikkate alınmasından dolayı çok terimli lojit model altyapısı kullanılmasına karar verilerek çalışmalar başlatılmıştır.

Tür seçimi işlemleri için çalışma alanı İzmir iline ait en güncel ulaşım çalışması olan ve 2009'da tamamlanan İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan İzmir Ulaşım Planı kapsamında İzmir ili şehir içinde gerçekleştirilen hanehalkı anketi verileri kullanılmıştır. Bu veriler içerisinden alınan belirli bir örneklem üzerinden bireylerin bir günlük yolculuklarının ne yönlü ve hangi amaçlı olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Ancak elde edilen bu bilgilerin tür seçimi üzerindeki etkisi üzerine herhangi bir çalışma yapılmamış olması bu çalışmayı güçlü kılmaktadır.

Aynı faktörlerin etkin olduğu gibi farklı faktörlerin de farklı ölçeklerde etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İleri ki çalışmalarda hanehalkı anket verisinin yanında nüfus vb. veri setleri dikkate alınarak tür seçimini etkileyen faktörlerin belirlenmesinde daha etkili sonuçlara ulaşılabilecektir.

Tür seçimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi aşamasında veri madenciliği yöntemlerinden **Sınıflandırma** kapsamında yer alan **Karar Ağacı** yöntemi uygulanmıştır. Kişilerin ulaşım tür seçiminde hangi ortak özelliklere sahip olduğu dikkate alınarak sınıflandırma yapılmak istendiğinden dolayı veri madenciliği yöntemlerinden sınıflandırma seçilmiştir. Karar noktalarındaki farklı değerlere göre tür seçiminin nasıl ayrıştığı ortaya konulurken sınıflandırma yöntemlerinden karar ağaçları kullanılmıştır. Karar noktalarını oluşturan tür seçim faktörlerinin aldığı değerler ikiden fazla değerdir. Dolayısıyla sınıfları belli olmayan ve ikiden fazla bölünmeyle karar ağacı oluşturulurken kullanılan Entropi Tabanlı Algoritmalar içerisinde hem kategorik hem de sayısal nitelikli verilerle çalışmaya imkan veren C4.5 algoritması uygun bir araç olarak seçilmiştir. Çünkü veri seti içerisinde hem kategorik hem de sayısal değerler bulunmaktadır. Ancak veri madenciliği çalışmalarına başlamadan önce izlenecek adımların doğru sırayla atılması için sistematik bir yaklaşım sunan ve birçok farklı amaç için geliştirilmiş olan süreç modeli yaklaşımı incelenmiştir. Bu modellerden kolay anlaşılır ifadelerle izlenecek adımların tanımlandığı, sektöründe uzman firmaların işbirliğiyle geliştirilirken, Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen ve hem sanayi sektörü hem de teknoloji kullanımı bağımsız olan veri madenciliği projeleri için çerçeve sunan CRISP-DM süreç modeli seçilmiştir. Bu modelin adımları takip edilerek modelleme aşamasında C4.5 algoritması uygulanmıştır. Öncelikle İzmir'in bir ilçesi olan Buca ilçesinde deneme yapılmıştır. Daha sonra İzmir şehir içindeki tüm ilçelerin üzerinden tür seçimini etkileyen faktörler ortaya konmaya çalışılmıştır. Buca ilçesi için çalışma durumu, ehliyet durumu, hanedeki kişi sayısı, kentkart sahipliği, kişi sayısı, konut sahipliği, mülkiyet türü, yaş grupları ve yolculuğun amacı önemli faktörler olarak ortaya çıkmıştır. İzmir genelinde ise araç sayısı, başlangıç arazi kullanımı, hanedeki kişi sayısı, hane reisine yakınlık, ikinci ev sahipliği, konut türü, mülkiyet türü, süreklilik, yaş grubu, yolculuk sayısı ve yolculuk süresi faktörleri öne çıkmıştır. Buca ilçesi ve İzmir genelinde aynı faktörlerin etkin olması yanında farklı faktörlerin farklı ölçeklerde etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İleri ki çalışmalarda hanehalkı anket verisinin yanında nüfus vb. veri setleri dikkate alınarak tür seçimini etkileyen faktörlerin belirlenmesinde daha etkili sonuçlara ulaşılabilecektir.

Tür seçimini etkileyen faktörler belirlendikten sonra çok etmenli simülasyon yöntemiyle yolculukların tür seçimi temelinde hareketleri simüle edilmeye çalışılmıştır. Tür seçimini etkileyen faktörler, kişilerin özellikleri ve yolculuğun özellikleri dikkate alınarak plan dosyalarına eklenmiştir. Ancak anket verisindeki tüm parametreler dikkate alınmamıştır. Sadece karar ağacı yöntemiyle bu tez kapsamında ortaya çıkarılmış tür seçimini etkileyen faktörler dikkate alınmıştır. Hanede yaşayan kişi sayısı, mülkiyet türü, ev sahipliği ve toplu ulaşım kart sahipliği gibi parametreler MATSim’de tanımlanmamış parametreler olduğu için eklenememiştir. İleriki bu faktörlerin tanımlanması durumunda daha etkin sonuçlar elde edilecektir. Başlangıç noktası Buca olan şehir içi yolculuklardan plan dosyaları oluşturulmuştur. Plan dosyaları, yol ağı üzerinde simüle edilerek, hangi amaçlı yolculukların hangi yönlerde yapıldığı ve bu yolculuklar yapılırken hangi ulaşım aracının kullanıldığı ortaya konmuştur. Simülasyon başlatılmadan önce yapılandırma dosyası içerisinde tür seçim modeli yapısının çok terimli lojitm model olarak tanımlanması yapılmıştır. Bu modele göre çeşitli iterasyonlar yapılmış ve elde edilen skorlar ortaya çıkmıştır. Skorlar, elde edilen fayda olarak değerlendirildiği için skorların artması için daha fazla iterasyon yapılması ve yolculuk sayısının artırılarak simüle edilmesi gerekmektedir. Çok etmenli simülasyonun mekânsal olarak gösterimi ile sayısal göstergelerin mekânsal olarak dağılımı ortaya konmaktadır.

Tür seçimi sürecinde ulaşım yol ağının mekânsal olarak nasıl dağıldığını, kişisel ve yolculuk özelliklerinin tür seçim üzerinde nasıl etkileri olduğu analiz edilmiştir. Sonuç olarak, belirli güzergahlardaki tür seçimiyle ilgili ulaşım yatırımlarına yol göstericisi etkisi olabilecektir. İleriki çalışmalarda, senaryo türetme çalışmaları arttırılarak, alternatif tür önerileri sunulabilecektir. Yaratılan planların ortalama puanlarının artmasıyla, karar vericiler için en uygun türler seçilmiş olacaktır.

Kent ulaşımını geliştirmeye yönelik kararlar alınacağı zaman, yerel otoritelerdeki karar vericiler şehirde yaşayan kişilerin kişisel özelliklerini göz önünde tutmalı ve bireysel taleplerini karşılayacak ulaşım ağı yaratmalıdırlar. Bunu yaparken, yerel otoriteler tarafından verinin değiştirilmesine imkan veren yöntemlerin kullanılması daha kullanışlı olacaktır. Bu yöntemle elde edilmiş veriler, farklı şehirlerde ya da sürdürülebilir toplu ulaşım ağı geliştirilmek istenen kentiçi ulaşım çalışmalarına örnek olacaktır.

Bireysel yolculuk bilgilerinin yanında veri çeşitliliği arttırılabilir. Ulaşım çizelgeleri, şehirçi ulaşım sistemlerinde yolculuklarında kullandıkları ulaşım kart bilgileri gibi bilgilerin de planlara eklenmesi daha etkin çözümler sunabilecektir.

KAYNAKÇA

Agent Analysis. (2015). <http://resources.arcgis.com/en/help/sozagent-analyst/> (29.07.2015).

Ahrens, G-A. (2009). Sustainable Urban Transport Plans(SUTPs). Buletinul AGIR nr.4/2009 syf: 20-27. <http://www.agir.ro/buletine/498.pdf>.

Akpınar, H. (2014). *DATA Veri Madenciliği Veri Analizi*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Arentze, T.A ve Timmermans, H.J.P. (2004). A Learning-Based Transportation Oriented Simulation System. *Transportation Research Part B* 38: 613-633.

Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaşım Genel Müdürlüğü. (2009). *PROCEED DELIVERABLE 4 Guidelines for European High Quality Public Transport in small and medium sized cities*. <http://ssh.is/images/stories/S%C3%B3knar%C3%A1%C3%A6tlun/heimas%C3%AD%C3%B0a/PROCEED%20%20principles%20of%20successful%20high%20quality%20transportation%201.pdf>, (03.12.2010).

Baykal, A. (2006). Veri Madenciliği Uygulama Alanları, *D.Ü.Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi* 7: 95-107.

Bekhor, S., Dobler, C. ve Axhausen, K.W. (2011). Integration of Activity-Based with Agent-Based Models: Case of Tel Aviv, Israel. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2255: 38-47.

Cios, K.J, Pedrycz, W., Swiniarski, R.W. ve Kurgan, L. (2007). Chapter 2: The Knowledge Discovery Process. *Data mining: A Knowledge Discovery Approach* (ss. 9-24).

City of Alexandria. (2008). City of Alexandria Comprehensive Transportation Master Plan 2030. https://alexandriava.gov/uploadedfiles/tes/info/tes_tmp_complete.pdf, (03.12.2010).

City of Edmonton Transportation Planning. (2009). Edmonton Transportation Master Plan. [http://www.edmonton.ca/city_government/documents/land_sales/Transportation Master Plan.pdf](http://www.edmonton.ca/city_government/documents/land_sales/Transportation_Master_Plan.pdf), (30.11.2010).

Chaudhury, P.D. (2005). Modal Split Between Rail And Road Modes Of Transport In India. *Vikalpa* 30 (1).

Corpuz, G. (2007). Public Transport or Private Vehicle: Factors That Impact on Mode Choice. 30th Australasian Transport Research Forum. <http://www.bts.nsw.gov.au/Publications/Conference-papers/> (17.02.2015).

Çolak, N. ve Çubukçu, K.M. (2009). Konak Meydanı'na Yapılan İş Amaçlı Yolculuklarda Türel Seçimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. *İzmir Ulaşım Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (ss:305-313), Düzenleyen: TMMOB İzmir Şubesi, İzmir. 8-9 Aralık 2009.

Demir, Y.K. ve Gerçek, H. (2006). Ulaştırma Türü Seçiminde Esnek Hesaplama Yöntemleri. *İTÜ Dergisi*. 5 (6): 61-73.

Dener, M. Dörterler, M. ve Orman, A. (2009). Açık Kaynak Kodlu Veri Madenciliği Programları: WEKA'da Örnek Uygulama. *Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, Düzenleyen: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa. 11-13 Şubat 2009.

Dillan Consulting Limited. (2004). *Kingston Transportation Master Plan Final Report*. http://archive.cityofkingston.ca/pdf/transportation/ktmp/KTMP_FinalReport_July04.pdf, (30.11.2010).

Earth Tech (Canada) Inc. (2005). *City of Greater Sudbury Transportation Study Report*. Project No. 69286. http://www.greatersudbury.ca/content/div_planning/documents/Transportation_Study.pdf, (28.11.2010).

Entran, Plc. (2007). New Albany Inner-City Grid Transportation Study Final Report. http://www.kipda.org/files/PDF/Transportation_Division/Information/Floyd_County/NAInnerCityGridStudy.pdf, (30.11.2010).

Haluzova, P. (2008). Effective Data Mining For A Transportation Information Systems. *Acta: Polytechnica* 48(1): 24-29.

Han, J.ve Kamber, M. (2006). *Data Mining Concepts and Techniques, Second Edition*. San Francisco.CA: Morgan Kaufmann Publishers.

Hensher, D.A. ve Ton,T. (2002). TRESIS: A Transportation, Land Use and Environmental Strategy Impact Simulator for Urban Areas. *Transportation* 29:(439-457).

İlıcılı, M., Camkesen, N. ve Dünder, S. (2009). Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımanın Önemi ve İstanbul Örneği. *İzmir Ulaşım Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (ss:101-110), Düzenleyen: TMMOB İzmir Şubesi, İzmir. 8-9 Aralık 2009.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü. (2011). *İstanbul Metroliten Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı*. http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/ulasimPlanlama/Documents/%C4%B0UAP_Ana_Raporu.pdf, (20.07.2015).

İzmir Büyükşehir Belediyesi. (2008). İzmir Ulaşım Ana Planı 2.Aşama ve Sonuç Raporu – Özet Rapor. Ulaşım Dairesi Başkanlığı Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü.

Jansson, J.O. (2001). Efficient Modal Split. Threadbo Conference in Molde. 25-28 Haziran 2001.

Jennings, N.R. (2000). On Agent-Based Software Engineering. *Artificial Intelligence*. 117 (2000): 277–296.

Jingjing, L., Hua, L. ve Dengchao, L. (2009). Evaluation Model of The Urban Public Transportation System Based on The Unascertained Measurement Model. *International Conference on Transportation Engineering 2009* (ICTE 2009). (ss. 219-224).

Kang, K., Han, K. ve Kim, J. (2010). A Study on Passenger Level Change Mode Choice in a Public Transport Transfer System-Gwangmyeong Station Case. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 8(100331).

Kaya, M. ve Özel, S.A. (2014). Açık Kaynak Kodlu Veri Madenciliği Yazılımlarının Karşılaştırılması. *XVI. Akademik Bilişim*. Mersin Üniversitesi 5-7 Şubat 2014. Mersin.<http://ab.org.tr/ab14/bildiri/79.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.08.2015).

Khalesian, M ve Delavar, M.R. (2008). A Multi-Agent Based Traffic Network Micro-Simulation Using Spatio-Temporal GIS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XXXVII (B2): 31-36.

Khan, O. (2007). *Modelling Passenger Mode Choice Behaviour Using Computer Aided Stated Prefence Data*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). School of Urban Development Queensland University of Technology.

Kolombiya Planlama ve Geliştirme Departmanı (2008). 2030 Catso Long-Range Transportation Plan. https://www.gocolumbiamo.com/community_development/planning (28.11.2010).

Liang, Z. ve Ling-Xiang, Z. (2012). Public Transportation Dynamic Guidance Model and Algorithm. *Advanced Materials Research: Advances In Civil Engineering and Architecture Innovation*, Pts 1-6 Book Series: 368-373:3113-3116.

Ligtenberg, A. Wachowicz, M., Bregt, A.K., Beulens, A. ve Kettenis, D.L. A Design and Application of A Multi-Agent System for Simulation of Multi-Actor Spatial Planning. *Journal of Environmental Management*. 72 (2004): 43–55.

Lockwood, Andrews & Newnam, Inc. (2005). *City of Kyle Transportation Master Plan*. <http://www.cityofkyle.com/sites/default/files/fileattachments/kyletmpfinalreduced.pdf>, (30.10.2010).

Los Angeles Vatandaşlık ve Ulaşım Komitesi. (1957). *Transportation in the Los Angeles Area The Final Report*. http://libraryarchives.metro.net/DPGTL/trafficplans/1957_transportation_in_the_los_angeles_area.pdf, (30.11.2010).

LSA Associates Inc. (2003). *City of Boulder 2008 Transportation Master Plan*. <https://www.ci.boulder.co.us/publicworks/depts/transportation/masterplan>, (01.12.2010)

Lu, Y. ve Kawamura, K. (2010). Data-Mining Approach to Work Trip Mode Choice Analysis in Chicago, Illinois, Area. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2156: 73–80.

Luke, S., Cioffi-Revilla, C., Panait, L., Sullivan, K. ve Balan, G. (2005). MASON: A Multiagent Simulation Environment. *Simulation* 81(7):517-527. <http://dx.doi.org/10.1177/0037549705058073>.

MASON. (2015). <https://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>. (29.07.2015).

Meignan, D., Simonin, O. ve Koukam, A. (2007). Simulation and Evaluation of Urban Bus Networks Using a Multiagent Approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 15: 659–671.

Meister, K., Balmer, M., Ciari, F., Horni, A., Rieser, M., Waraich, R.A. ve Axhausen, K.W. (2010). Large-Scale Agent-Based Travel Demand Optimization Applied To Switzerland, Including Mode Choice. *12TH Wctr*. Lisbon, Portugal. 11-15 Temmuz 2010.

Moeckel, R., Schürmann, C. ve Wegener, M. (2002). Microsimulation of Urban Land Use. *42nd European Congress of the Regional Science Association*. Dortmund. 27-31 Ağustos 2002.

NetLogo (2015). <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (29.07.2015).

Oral, Y. (2000). Ulaşım Ekonomisine Temel Kavramlar ve Şehir Planlama Kullanımı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü.

Ortuzar, J.D. ve Willumsen, L.G. (2001). *Modelling Transport 3rd Edition*. Chichester (UK): John Wiley & Sons.

Ottawa Şehri Planlama ve Gelişme Yönerisi Bölümü (2003). *Ottawa 2020 Transportation Master Plan*. http://www.ottawa.ca/city_services/planningzoning/2020/transpo/pdf/tmp_en.pdf, (30.10.2010).

Önelçin, P., Mutlu, M.M. ve Alver, Y. (2013). Evacuation Plan Of An Industrial Zone: Case Study Of A Chemical Accident In Aliaga, Turkey And The Comparison Of Two Different Simulation Softwares. *Safety Science*. 60:123-130. Aralık 2013.

Özalp, M. (2007). *Türkiye’de Kentsel Ulaşım Planlaması Çalışmalarında Benimsenen Yaklaşımlar: Sorunlar ve Çözüm Önerileri*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özalp, M. ve Öcalır, E.V. (2009). İzmir İçin Yapılan Kentiçi Ulaşım Planlama Çalışmalarının Değerlendirilmesi. *İzmir Ulaşım Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. (ss:111-120). 8-9 Aralık 2009.

Özkan, Y. (2008). *Veri Madenciliği Yöntemleri*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Özuysal, M. (2010). *Şehirsel Yerleşimlerde Erişilebilirlik Ölçütünün Modellenmesi ve Kullanımı: Ulaşım Türü Seçimi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Paradigm Transportation Solutions Limited, Totten Sims Hubicki Associates ve GSP Group Incorporated. (2005). *Guelph-Wellington Transportation Study*. <https://guelph.ca/wp-content/uploads/GuelphWellingtonTransportationStudy.pdf> (30.11.2010).

PBSJ. (2004). *Fort Collins Transportation Master Plan*. <http://www.fcgov.com/transportationplanning/tmp.php>, (03.12.2010).

Pursula, M. (1999). Simulation of Traffic Systems – An Overview. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*. 3(1): 1-8. http://publish.uwo.ca/~jmalczew/gida_5/Pursula/Pursula.html (10.01.2015).

Repast Symphony (2015). http://repast.sourceforge.net/repast_symphony.php. (29.07.2015).

Rieser, M., Dobler, C., Dubernet, T., Grether,D., Horni,A., Lammel,G., Waraich,R. Zilske, M., Axhausen, K.W., Nagel,K. (2015). MATSim User Guide Development Version. <http://ci.matsim.org:8080/view/All/job/UserGuide/ws/trunk/docs/user-guide/user-guide.pdf>. (01.05.2015).

Rindsfußer, G., Klügl, F. ve Freudenstein, J. (2000). Multi Agent System Simulation for the Generation of Individual Activity Programs. *Applications of Agent Technology in Traffic and Transportation*, (ss.165-180). Franziska Klügl Ana Bazzan Sascha Ossowski Editors.

Saliba Neto, T., Almeida, P.E.M., Ribeiro, R.G. ve Moita, G. F. (2010). An Open-Source Based GIS And Simulation Software: A Case Study For Contingency Planning In Microregions. *12th WCTR*. Lisbon, Portekiz. 11-15 Temmuz 2010.

Sariel, S. (2002). *Kullanıcı Etkileriyle Yüz İfadelerini Analiz Eden Bir Çoklu Etmen Sistemi Uygulaması*. (YayınlanmamışYüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Shen, Z., Wang, K. ve Zhu, F. (2011). Agent-based Traffic Simulation and Traffic Signal Timing Optimization with GPU. *14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems* (ss. 145-150).Washington, DC, USA. 5-7 Ekim 2011.

Soehodho, S., Hyodo,T. Fujiwara,A. ve Montalbo, C.J. (2005).*Transportation Issues and Future Condition in Tokyo, Jakarta, Manila and Hiroshima*, Proceedings of ohe Eastern Asia Society For Transportation Studies, 5: 2391 – 2404.

Skillicorn, D. (2007). Understanding Complex Datasets: Data Mining with Matrix Decompositions (ss.1-22). Chapman and Hall/CRC.

StarLogo (2015). http://education.mit.edu/portfolio_page/starlogo-tng/ (30.07.2015).

Swarm. (2015). http://savannah.nongnu.org/projects/swarm_ (30.07.2015).

Takçi, H. (2008). Veri Madenciliğine Giriş, (Ders Notları) GYTE (10.05.2008).

The Louis Berger Group, Inc. (2010). *Crabtree Valley Transportation Study Draft Report*. (28.11.2010). http://www.crabtree-valley-transportationstudy.com/pdfs/8sept2010/crabtree_valley_report_draft_7sep010_rev1_webopt.pdf. (04.12.2010).

The Sydney Morning Herald.(2010). *Independent Public Inquiry into A Long-Term Transport Plan for Sydney 2040 Final Report*. http://www.transportpublicinquiry.com.au/pdf/F2_Public_Transport_Inquiry_Final_Report_26May2010_full_report.pdf. (04.12.2010).

Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation (2nd ed.)*. New York: Cambridge University Press.

Toint, Ph., Thomas, I., Verhetsel, A., Witlox, F. ve Cornelis, E. (2007). Project CP/41 - “Spatial Analysis and Modelling Based on Activities (SAMBAs)” SPSD II - Part I - Sustainable production and consumption patterns – Transport. Belgian Science Policy.

Türkiye Belediyeler Birliği (2014). *Ulaşım Planlama Çalışmaları ve Ulaşım Ana Planı Hazırlama Kılavuzu*. <http://www.tbb.gov.tr/cevre-ve-sehircilik/ulasim/>, (20.07.2015).

Ulaştırma Bakanlığı (2008). *Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik*. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080609.htm>, (10.07.2015).

UrbanSIM. (2015). <http://www.urbansim.org/Main/WebHome>, (30.07.2015).

Wegener, M. (2004). Overview Of Land-Use Transport Models. Chapter 9 in David A. Hensher and Kenneth Button (Eds.): *Transport Geography and Spatial Systems*. Handbook 5 of the *Handbook in Transport*. (ss. 127-146) Kidlington, UK: Pergamon/Elsevier Science.

Wirth, R. and Hipp, J. (2000). CRISP-DM: Towards a Standard Process Model for Data Mining. *Proceedings of the Fourth International Conference on the Practical Application of Knowledge Discovery and Data Mining*. (ss:29-39).

Wooldridge, M. ve Jennings, N.R. (1995). Intelligent Agents: Theory and Practice. *Knowledge Engineering Review* 10(2):115–152.

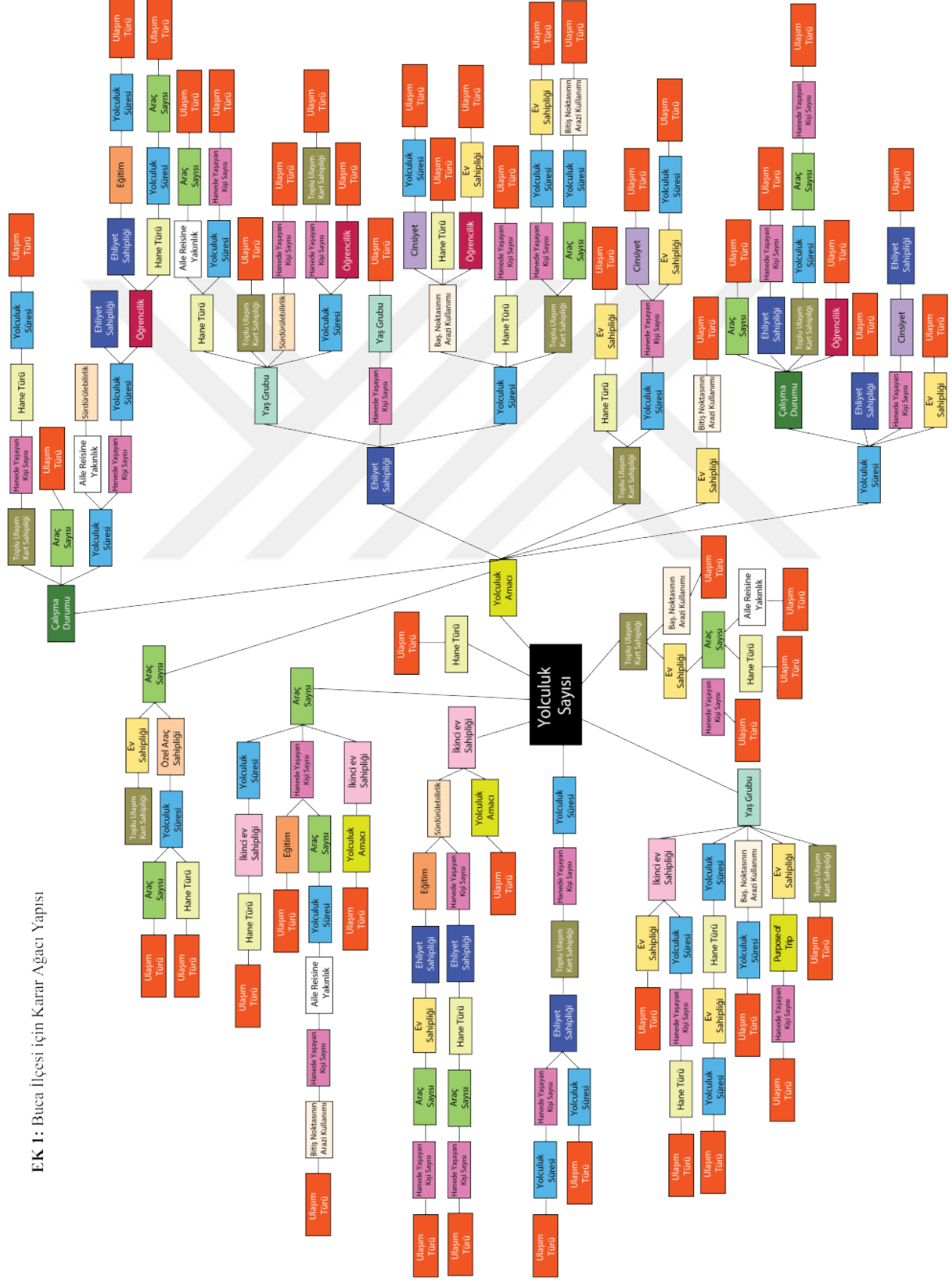
Wooldridge, M. (1999). Intelligent Agent. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Modern Approach to Artificial Intelligence* (ss:27-78). Editor Gerhard Weiss. Cambridge, Massachusetts, ABD: MIT Press.

Xie, C., Lu, J. ve Parkany, E. (2003). Work Travel Mode Choice Modeling With Data Mining: Decision Trees and Neural Networks. *Transportation Research Record*. 1854: 50-61.

Yongzheng, K., Xueqin, N. ve Ruifen, L. (2009). Research on a model of Public TRansportation Network Optimization Based on the Demand of Citizen Trips. *ICCTP 2009: Critical Issues in Transportation Systems Planning, Development and Management*. ASCE (ss:1326-1331).

EKLER

EK 1: Buca İlçesi için Karar Ağacı Yapısı



Kök Değer

Yolculuk Sayısı

Dallar

Hane Türü	Alle Reisine Yakınlık
Ev Sahipliği	Yaş Grubu
İkinci ev Sahipliği	Cinsiyet
Hanede Yaşayan Kişi Sayısı	Öğrencilik
Araç Sayısı	Eğitim
Özel Araç Sahipliği	Çalışma Durumu
Yolculuk Amacı	Sürdürülebilirlik
Baş. Noktasının Arazi Kullanımı	Ehliyet Sahipliği
Bitiş Noktasının Arazi Kullanımı	Toplu Ulaşım Kart Sahipliği
Yolculuk Süresi	

Hedef Değer

Ulaşım Türü