

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kentsel Ulaştırma ve Plan. Yönt.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eyüp Kahveci

1989

40
R 150
172

35.000

1125

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL ULAŞTIRMA VE PLANLAMA YÖNTEMLERİ

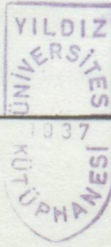
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞ.MÜH.EYÜP KAHVECİ

İSTANBUL 1989

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot R 150
:.....172.....
Alındığı Yer :.....FEN. BİL. ENS.....
Tarih :.....18.10. 1991.....
Fatura :.....- - - - -.....
Fiyatı :.....35.000. TL.....
Ayniyat No :.....1/ 15.....
Kayıt No :.....47765.....
UDC :.....624. 378.242.....
Ek :.....

X



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, yöneticiliğini üstlenen ve gerekli
yöneltilmelerin yapılmasında emeği geçen;

Sayın Prof. Dr. Aydın EREL'e

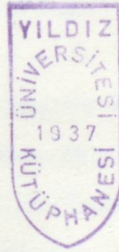
değerli bilgilerinden, bana her zaman faydalama fırsatını veren;

KENTSEL ULAŞTIRMA VE PLANLAMA YÖNTEMLERİ

Sayın Doç. Dr. Ergun GEDİZLİOĞLU'na ve

Sayın Yrd. Doç. Dr. Zerrin TUNA'ya

Ayrıca tez kapsamında gerekli grafik çizimleri yapan Sayın Mim. Metin E. GÜNEY
ve tezi hazırlanmasında emeği geçen Hamit ERBAY'a teşekkür ederim.



YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞ.MÜH.EYÜP KAHVECİ

İSTANBUL 1989

İÇİNDEKİLER

Sayı

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, yöneticiliğimi üstlenen ve gerekli yönlendirilmelerin yapılmasında emeği geçen;

Sayın Prof. Dr. Aydın EREL 'e
değerli bilgilerinden, bana her zaman faydalanma fırsatını veren;

Sayın Prof. Enver BERKMEN 'e

Sayın Doç. Dr. Ergun GEDİZLİOĞLU 'na ve

Sayın Yrd. Doç.Dr. Zerrin TUNA 'ya

ayrıca tez kapsamında gerekli grafik çizimleri yapan Sayın Mim. Metin E. GÜNAY
ve tezin hazırlanmasında emeği geçen Hamit ERBAY'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sahif
Giriş	56
I. BÖLÜM, KENT ve ULAŞTIRMA	57
1.1. Kent	1
1.1.1. Tanımı	1
1.1.2. Kent Oluşumunu Etkileyen Faktörler	1
1.1.3. Kent İçi Fonksiyonlar	2
1.1.4. Kentsel Yapı Tipleri	4
1.2. Aktivite Sistemi ve İnsan Hareketleri Arasındaki Etkileşimler	7
1.2.1. Kentsel Ulaştırma Sistemi	9
2. BÖLÜM, KENTSEL ULAŞTIRMADA PLANLAMA	76
2.1. Kentsel Ulaştırma Planlamasında Etkili Olan Ügeler	12
2.1.1. Ulaştırma ve Aktivite sistemlerinin Karar Değişkenleri	13
2.2. Kentsel Ulaştırma Planlamasının Özü	15
2.3. Ulaştırmanın Sonuçları:Etkiler	18
3. BÖLÜM, KENTSEL ULAŞTIRMA SİSTEMİNDE İSTEM VE PERFORMANS İLİŞKİSİ	82
3.1. Kentsel Ulaştırma İstemi ve Oluşum Ügeleri	20
3.1.2. Kentsel Ulaştırma Sistemini Etkileyen Faktörler	23
3.1.3. Kentsel Ulaştırma İsteminin Belirlenmesinde Kullanılan Yaklaşımlar	26
3.2. Kentsel Ulaştırma Sistem ve Performansı Ügeleri	27
3.2.1. Basit Bir Performans Modeli Örneği	30
3.2.2. Kentsel Ulaştırma Performansı ile Sistem-İşletme ve İlgili Birimlerin Etkileşimi	33
4. BÖLÜM, KENTSEL ULAŞTIRMA PLANLAMASI SİSTEMİ	101
4.1. Kentsel Ulaştırma Planlaması İşleminin Günümüze Kadar Gösterdiği Gelişim	38
4.2. Kentsel Ulaştırma Probleminin Çözümü	41
4.3. Günümüz Kentsel Ulaştırma Planlaması Modelleri	45
4.3.1. Genel Paylaşım Modeli (General Share Model)	48
4.3.2. Dört Aşamalı Model Sistemleri	49
4.3.2.1. Konut Bölgelerinin Seyahat Üretimi	50
4.3.2.1.1. Lineer Regresyon	51
4.3.2.1.2. Lineer Olmayan Regresyon Denklemleri	53
4.3.2.1.3. Korelasyon	54

	Sayfa
4.3.2.1.4. Konut Dışı Bölgelerin Seyahat Üretimi	56
4.3.2.2. Seyahat Dağılımı Modelleri	57
4.3.2.2.1. Gravity (Çekim) Modeli	58
4.3.2.2.2. Çekim Modelinin Kalibrasyonu	60
4.3.2.3. Türel Tercih (Türel Ayırım) Analizi	67
4.3.2.3.1. The Trip Interchange Türel Ayırım Modeli	67
4.3.2.3.2. Davranışsal Esasa Göre Türel Ayırım Modelleri	69
4.3.2.3.2.1. Seyahatin Genelleştirilmiş Maliyeti	69
4.3.2.3.2.2. Binary Choice Stochastic Türel Ayırım Modelleri	70
4.3.2.3.3. İki Aşamalı Türel Ayırım Modelleri	72
4.3.2.4. Seyahat Ataması	75
4.3.2.4.1. Trafik Akım Karakteristikleri	75
4.3.2.4.1.1. Trafik Akımının Temel Diyagramı	76
4.3.2.4.1.2. Akım-Seyahat Süresi İlişkileri	77
4.3.2.4.2. TRC Seyahat Atama Modeli	78
4.3.2.4.2.1. TRC Seyahat Atama Modeli ile İlgili Örnek	79
4.3. Denge Yöntemi	81
4.3.1. İstem Tahmini	82
4.3.1.1. Bireysel (Bütünleşik Olmayan) Düzeyde İstem Tahmini	82
4.3.1.1.1. Bireysel Düzeyde İstem Tahmini ile İlgili Örnek	86
4.3.1.2. Bütünleşik Düzeyde İstem Tahmini	95
4.3.1.2.1. Çekim (Gravity) Modelleri	95
4.3.1.2.2. Bazı Şehirlerarası Yolcu İstem Modelleri	96
4.3.1.2.3. Bileşik Hizmet Düzeyinin (L) Belirlenmesi	97
4.3.1.2.4. Bileşik Aktivite Değişkenleri	99
4.3.1.3. Aktivite Değişimleri	101
4.3.2. Sistem Performansı Tahmini	102
4.4. Dengeleme	110
4.4.1. Seyahat-Pazar Dengelemesi	111
4.4.1.1. Bir Örnek	112
4.4.1.2. Seyahat-Pazar Dengelemesine Bazı Pratik Yaklaşımlar	114
4.4.1.2.1. Bilinen Hizmet Düzeyi Varsayımının Kullanımı	114
4.4.1.2.2. Bilinen Hacim Varsayımının Kullanımı	115
4.4.2. Aktivite-Sistem Dengelemesi ve Tahmin Dinamikleri	115
4.4.3. İşletmeci Dengelemesi	119

5. BÖLÜM, DÜRT-AŞAMALI ve DENGE YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	
5.1. Dört-Aşamalı Yöntemin Değerlendirilmesi	120
5.2. Denge Yönteminin Değerlendirilmesi	122
Sonuç	124
Kaynakça	125
Özgeçmiş	126

ÖZET

Bu tez çalışması, kentsel ulaştırma ve planlama yöntemleri ile ilgili beş bölümünden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, kent ve ulaştırma arasındaki ortak ilişki ortaya konmuştur.

İkinci bölümde, bu ortak ilişkinin sonucu olan istem ve istemin karşılanabilirliğinin ifadesi olan sisteme performansı izah edilmiştir.

Üçüncü bölümde, ulaştırma istemi ve sistem performansı arasındaki optimizasyonu sağlamak için gerekli olan planlama işlemi genel olarak izah edilmiştir.

Dördüncü bölümde, günümüzde kullanılan kentsel ulaştırma planlama yöntemleri ve özellikle dört-aşamalı ve denge yöntemleri özetlenmiştir.

Beşinci bölümde ise bu iki yöntemin kısaca bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

SUMMARY

This study includes urban transportation and planning methods related to five sections.

First section includes the representation of interrelations between urban and transportation.

Second section, includes the discussion of transportation demands and system performance that resulted from demands.

Third Section, includes the general discussion of the planning process that necessary in order to provide the optimization between transportation demands and system performance.

Fourth section, includes the summarization of the existing urban transportation planning methods, especially "Four-Steps Models" and "Equilibrium Method".

Fifth section, includes the evaluation of Four-Steps Models and Equilibrium Method.

GİRİŞ

İnsanlığın varlığıyla yaşıt olan ulaştırma, medeniyetlerin gelişmesi ile birlikte biçim değiştirerek gelişmesini sürdürmüş, özellikle endüstri devriminden sonra büyük kentlerde ve gelişmekte olan ülkelerde problem haline gelmeye başlamıştır. Batılı ülkeler ve özellikle Amerika ve Kanada bu problem daha karmaşık bir hale gelmeden çözüm üretimine başlamışlar ve geliştirdikleri yöntemleri kullanarak ulaşımlarını planlamaya çalışmışlardır.

Ülkemizde ise ulaştırma planlamasıyla ilgili çalışmalar ancak, son yıllarda belirli bir ivme kazanabilmiştir. Daha önceleri politik bir takım kararlarla yapılan ulaştırma yapıları, plansız oluşları nedeniyle sağlıksız kentsel yoğunlaşmalara sebep olmuş ve problemi daha da karmaşık hale getirmişti. Mazisi çok yeni olan bu planlama çalışmalarında yukarıda bahsedilen ülkelerin kendi bünyelerine uygun olarak geliştirdikleri yöntemler kullanılmış ve elde edilen sonuçlar ise problemlere bir çözüm getirmemiştir.

Türkiye gibi gelişimi kararsızlık gösteren ülkelerde insan davranışlarının sonucu üretilen seyahatlerin gelecekteki miktarların tahmin etmek ve bu isteme karşılık sunuları planlamak için o ülkenin spesifik koşullarını dikkate alarak, yöntemlerin uyarlanması veya en uygun yöntemin seçilmesi ve daha sonra uygulamaya geçilmesi problemin çözümünde çok daha etkin olacaktır görüşündeyim.

Türkiye koşullarında en uygun planlama yönteminin belirlenmesi gereksinimine katkıda bulunabilmek amacıyla bu çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir. Ancak, çalışmanın esasını oluşturan genel ulaştırma planlaması yöntemleri ile ilgili kaynakların yabancı dilde oluşu ve bu konu ile ilgili Türkçe kaynağın yeterli olmayışı çalışmanın yükünü ağırlaştırmıştır.

Dünyada yaygın olarak kullanılan planlama yöntemleri ile ilgili kaynakları ilk önce dilimize çevirmem gereğinden dolayı tez çalışmanın süre

I.BÖLÜM

KENT VE ULAŞTIRMA

1.1 KENT /1,2,6/

1.1.1. Tanımı: Bir çok ülkede ,idari bölünmenin sağlanabilmesi nedeniyle idarî sınırlar,bu sınırlar içinde yaşayan insan sayısı dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu idarî bölünmenin temel elemanları sırasıyla şehir ya da kent,kasaba ve köydür.Kent,nüfus ve idarî etkinlik açısından en büyük yerleşim birimini ifade eder.Fakat gerçekte,bir yerleşim biriminin kent olabilmesi içerdiği aktivitelerle bağlıdır.O halde kent,"uygar ve bilinçli bir kent yaşamını oluşturan insanların yaşadığı aktiviteler topluluğu " olarak tanımlanabilir.Kent,içinde bir çok aktiviteyi içerdiğinden sürekli gelişmeye,ve canlılılaşmaya gereksinim duyan bir organizmadır.

1.1.2. Kent Oluşumunu Etkileyen Faktörler:

Bir kentin karakterini belirleyen en önemli faktör ,kuruluş nedenidir.Bunun yanında kent karakterini etkilemede ikincil etkileri olan başka faktörler de sözkonusudur.Bu faktörler aşağıda özetlenmiştir.

a)Kentin kuruluş nedeni:

-Sosyal ve ekonomik nedenler

-Coğrafya ile ilgili nedenler

-Askerî nedenler

-Yöneticilerin özel kararları

b)Topoğrafik yapı:

-Düz arazide kurulan kentler

-Eğimli arazide kurulan kentler

-Semerlerde kurulan kentler

-Vadilerde kurulan kentler

-Su kenarlarında kurulan kentler

c)Jeolojik yapı :Temel inşaatı için sağlam zeminler,aktivite mekânlarının yapımına çok daha uygun olduklarından,jeolojik yapı kent yapısını etkileyen bir faktördür.Dep.rem bölgeleri de yerleşme şeklinde etkili olup,bu bölgelerde yapılabilecek yapılar için aranan özel koşullar yerleşmenin genel karakterini belirler.

d)Meteorolojik etkiler:Yağmur,güneş,rüzgar,sıcaklık ve hava rutubeti gibi insanların yaşamalarında başlıca rolü oynayan ve topluca iklimi oluşturan unsurlar ,mekân tercihinde kent yerleşimini kısmen etkileyen faktörler olmuşlardır.Dünya üzerinde nüfus büyüklüklerine göre ,kentlerin en önemlilerinin ,iklim bakımından da uygun yerlerde ve diğerlerine nazaran birbirlerine yakın mesafelerde oluştukları görülmektedir.

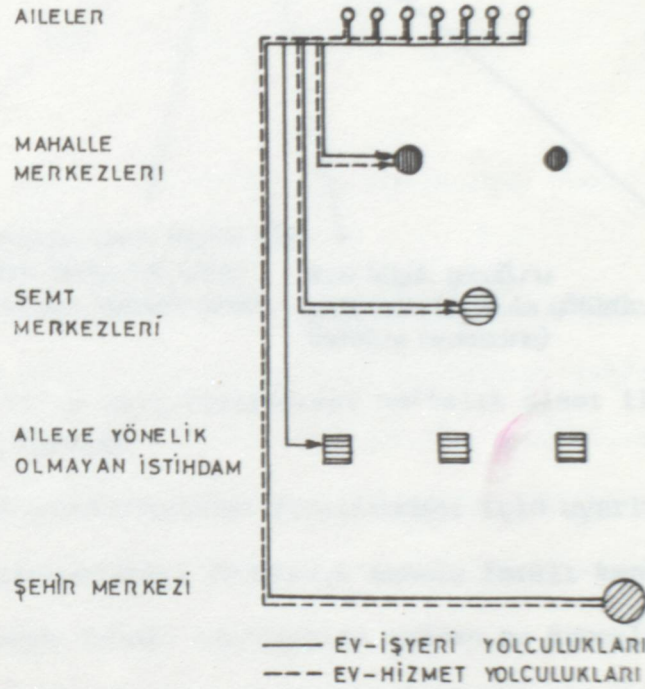
e)Kent planlamasına esas oluşturan tutum :Kent karakterini etkileyen en önemli faktörlerden biri de plancıların kişisel tutumlarıdır.

1.1.3. Kent içi Fonksiyonlar:

"Kent hayatı" ,çalışma,dinlenme ve kültür esasına dayalı olan bir organizmanın yaşamını ifade eder.Bir kenti oluşturan insanların temel fonksiyonları ,böylece ikamet,çalışma,dinlenme ve kültür olarak sıralanabilir.İnsanların bu fonksiyonlarını yerine getirmesini sağlayan ,ulaşım fonksiyonudur.Ulaşım fonksiyonu organizma içindeki dolaşımı ve organizmanın canlılığını sağlar.

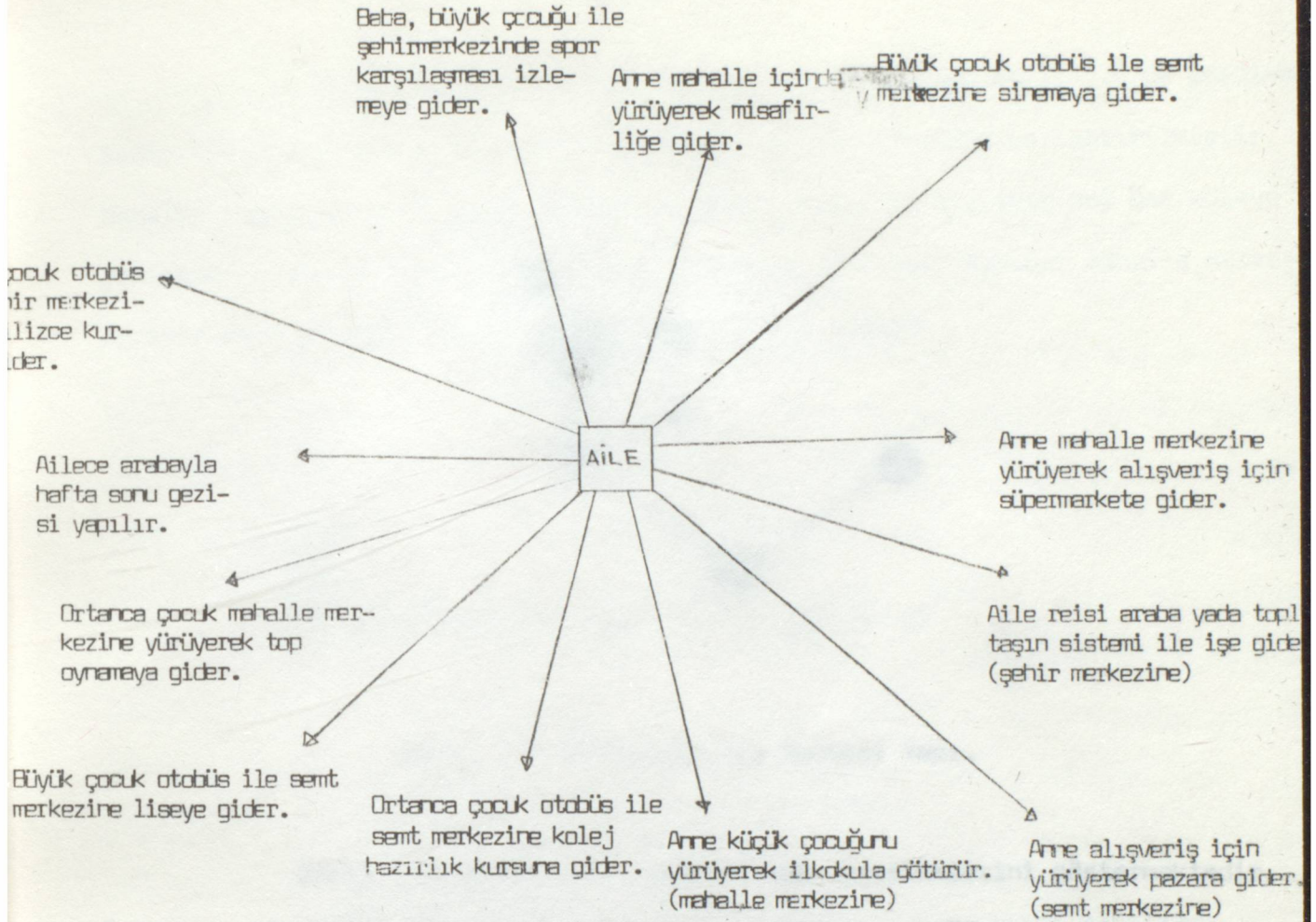
Bu dört temel fonksiyon ile ulaşım fonksiyonu;yerleşme,iş-endüstri, idare-eğitim,serbest sahalarla,trafik yüzeyini oluşturmaktadır. İnsan gereksinimlerini karşılamak üzere bu fonksiyonları oluşturan elemanların bir araya gelmesiyle ,şekil 1.1. de görülen hiyerarşik yapıdaki aktivite merkezleri oluşmaktadır.Mahalle merkezleri;ilkokulları,küçük alışveriş merkezlerini. Semt merkezleri;nispeten daha büyük alışveriş merkezlerini,ilkokul ilerisi

eğitim merkezlerini, tıbbî klinikleri, kültür ve eğlence fonksiyonlarının belirli tiplerini içermektedir. Şehir merkezleri; resmi binaları, özel nitelikli alışveriş merkezlerini, personel hizmetlerini, ana sağlık hizmetlerini ve ana kültür-eğlence fonksiyonlarını barındırırlar. Ayrıca semt ve şehir merkezleri arasında bulunan, hanehalkına hizmet getirmeyen ve "hanehalkına yönelik olmayan istihdam" olarak adlandırılan bir aktivite merkezi de bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Kentiçi Aktivite Yoğunlaşmalarının Hiyerarşik Yapısı.

Aile bireylerinin fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için yapabilecekleri seyahat modeli global olarak şekil 1.2 de verilmiştir. Bu şekil bir büyük kentte yaşayan üç çocuklu ve orta gelir düzeyindeki bir ailenin haftalık olası ev kökenli seyahatleri hakkında fikir vermektedir.

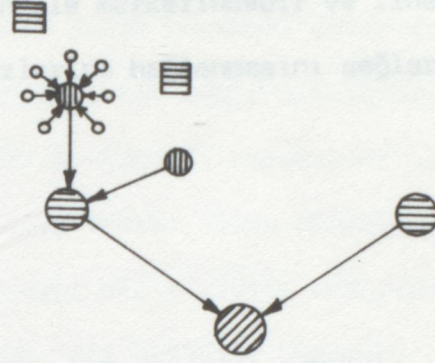


Şekil 1.2. Ev ve aktivitelerarası haftalık olası ilişki örneği.

1.1.4 Kentsel Yapı Tipleri

İnsan gereksiniminin karşılanması için uyarlanan aktivite merkezlerinin yerleşim biçimlerindeki farklılık sonucu farklı kent tipleri oluşmuştur. Çok kentsel yapılaşma örneği varolmasına rağmen, bu örneklerden üçü diğerlerine göre daha fonksiyonel olup, yaygın olarak görülmektedir. Bunlar sırasıyla; Merkezci tip kentsel yapı, Izgara tipi kentsel yapı ve Lineer tip kentsel yapıdır.

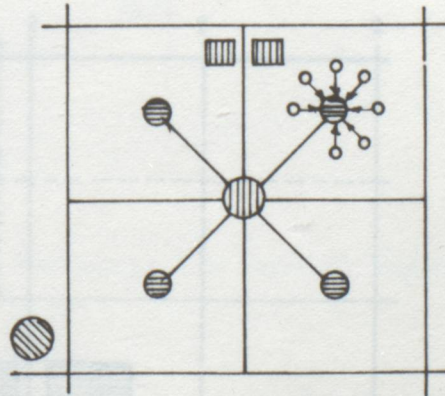
Şekil 1.3 de merkezci tip kentsel yapıya ait, aktivite merkez yerleşimi görülmektedir. En küçük kentsel yerleşim birimi olan aileler mahalle merkezi çevresinde odaklanmış, bu mahalle merkezlerinin odaklanması ile de semt merkezleri belirlenmiştir. En büyük aktivite merkezi olan şehir merkezi de, semt merkezleri ile çevrelenmiştir.



Şekil 1.3. Merkezci Tip Kentsel Yapı.

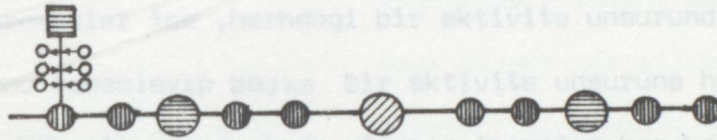
Şekil 1.4. Izgara tipi kentsel yapı özelliklerini göstermektedir.

Izgaranın hücreleri aktiviteler arasındaki bağlantıyı sağlayan yollar ile oluşturulur. Mahalle ve semt merkezleri izgaranın hücre içlerine yerleştirilmiştir. Haneler mahalle merkezleri ile semt merkezlerinde odaklanmıştır. Bu yapı tipi, hanelerin bağımsız olarak şehir merkezinde odaklanabilmelerinden dolayı merkezci yapıdan ayrılır.



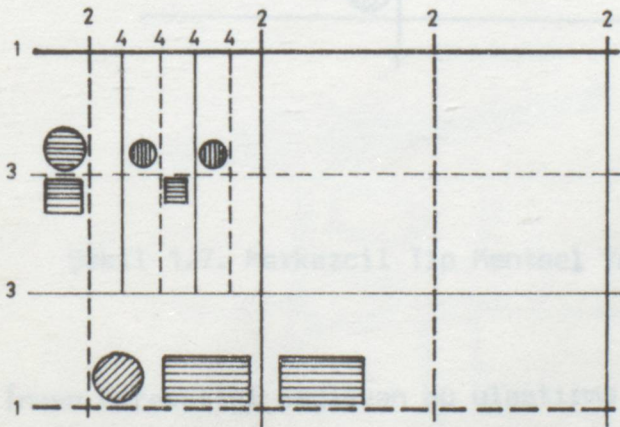
Şekil 1.4. Izgara Tipi Kentsel Yapı

Linear tipteki kentsel yapıya ait özellikler şekil 1.5 de görülmektedir. Tüm aktivite hizmet merkezleri aynı koridor üzerinde yerleştirilmiştir. Haneler, hanehalkına yönelik olmayan endüstri tipi ile birlikte sağ üst köşeye yerleşmişlerdir. Haneler mahalle merkezindedir ve linear koridor mahalle merkezlerinin, semt ve şehir merkezlerine bağlanmasını sağlar.



Şekil 1.5. Linear Tip Kentsel Yapı.

Ayrıca, karma kentsel yapı tipi denilen ve yukarıda açıklanan üç kentsel yapı tipinin sentezi olarak oluşturulmuş bir kentsel yapı tipi de mevcuttur. Şekil 1.6. da karma kentsel yapı ile ilgili özellikler gösterilmektedir.



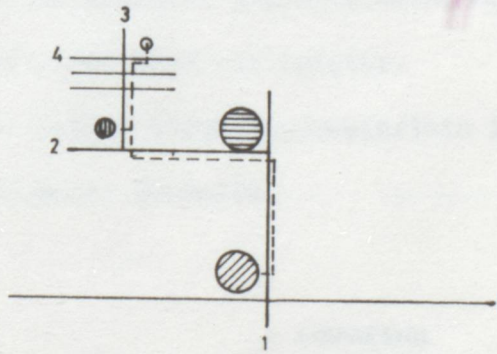
— Direkt yollar

- - - Yan yollar

Şekil 1.6. Karma Kentsel Yapı

1.2. AKTİVİTE SİSTEMİ VE İNSAN HAREKETLERİ ARASINDAKİ ETKİLEŞİMLER

Şekil 1.2. de de gösterildiği gibi ,insanlar yaşam fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için ,çok çeşitli aktivitelerle etkileşim halindedirler ve bu etkileşimin temelinde de insan hareketi yatar.İnsan hareketleri ise yapılaş amacına göre çok genel olarak ikiye ayrılır.Ev-kökenli hareketler ve Ev-kökenli olmayan hareketler.Ev-kökenli hareketler ,bir insanın evinden çıkara hareket fonksiyonunu tamamlayıp tekrar evine döndüğü hareket tipidir.Ev-kökenli olmayan hareketler ise ,herhangi bir aktivite unsurundaki bir insanın ,buradaki fonksiyonunu tamamlayıp başka bir aktivite unsuruna hareketi ile oluşan hareket tipidir.Ev kökenli olsun ya da olmasın,insanlar hareketlerini bir ulaşım yüzeyi üzerinde yapmak zorundadırlar.Böylece,insanların fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için oluşan aktiviteler arasındaki bağlantı plânlı bir ulaştırma yüzeyine ve düzenine gereksinim gösterir.Bu yüzeye ve düzene örnek olarak şekil 1.7. de görülen merkezci yapıdaki aktivitelerarası bağlantı gösterilebilir.



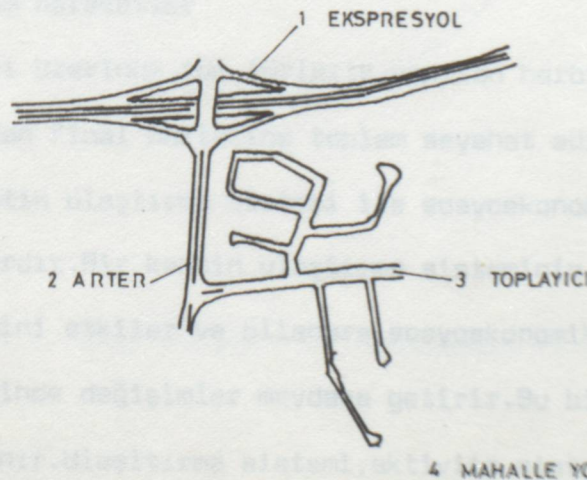
Şekil 1.7. Merkezci Tip KentSEL Yapıda Aktivitelerarası Bağlar

İnsan hareketini sağlayan bu ulaştırma yüzeyi,kullanım amacına göre taşıt için ve yaya için gerekli yüzey olmak üzere ikiye ayrılabilir.Taşıt için gerekli yüzeyi diğer bir ifadeyle taşıt yollarını gördükleri hizmet açısından ayrıca dört sınıfa ayırmak mümkündür.

- 1.Sınıf Yollar (ekspresyollar) :Yüksek hacim ve göreceli olarak ana aktivite yoğunluklarına ve bu yoğunluklardan ters istikamette hızlı hareketi sağlarlar.Bu ulaştırma yüzeyleri üzerindeki trafik hareketleri ,farklı yüzeyler arasındaki hareketleri ,farklı yüzeyler arasındaki hareketleri ,farklı yüzeyler arasındaki hareketleri aktarmalardan ve yan yollardan etkilenmezler.
- 2.Sınıf Yollar (Arterler) :Toplayıcı nitelikli yüzeyler ile ekspresyollar arasındaki yolculuk hareketlerini sağlarlar. Bazı direkt girişlere de müsaade ederler.
- 3.Sınıf Yollar (Toplayıcılar) :Arterler ve mahalli yollar arasındaki yolculuk hareketlerini sağlarlar.
- 4.Sınıf Yollar (Mahalle Yolları) :Aktivite bölgesindeki trafiğin dağıtımını sağlar.İkamet mahalleri ile bu tip yüzeyler arasında hareket kolaylığı ancak iyi bir entegrasyonla mümkündür.

Şekil 1.7. de aktivite bağlantılarına numaralar ,bu ulaşım yüzeylerinin sınıflarını belirtmek için verilmiştir.

Şekil 1.8. ,taşıt hareket yüzeylerinin işlevsel fonksiyonları açısından sınıflandırılmasını gösterir.



Kent içindeki ulaşım yüzeyleri üzerinde oluşan diğer bir hareket türü de eşya hareketidir. Bu hareket, genellikle aktivite merkezlerine gerekli gereksinim maddelerini ulaştırmak için oluşur. Bir kentteki insan veya eşya hareketleri çok büyük oranda taşıt vasıtasıyla oluşur. Böylece, insanlar ve eşyaların kentiçi aktiviteler arasındaki bağlantısını sağlayan ulaştırma yüzeyleri, taşıtlar ve diğer yardımcı elemanlar, bir kentin ulaştırma sistemini oluşturur.

1.2.1. Kentsel Ulaştırma Sistemi

Yukarıda yüzeysel olarak değindiğimiz, kent organizmasının hayat damarlarını oluşturan ve canlılığın en büyük unsuru olan ulaştırma sistemi daha detaylı analiz etmek istenildiğinde, iki temel yapıtaşının sözkonusu olduğu görülür. Bunlar;

1-Ulaştırma sisteminin tümü

2-Ulaştırma ve aktivite sistemleri arasındaki ortak ilişki

Bir kentin ulaştırma sistemini;

1-Kullanılan tüm ulaştırma türleri

2-Ulaştırma ile ilgili tüm şahıs ve eşyalar

3-Taşıtlar ve taşıtların kullandığı bağlantı yüzeyleri

4-Terminaller, transfer noktaları

5-Sistem içindeki tüm hareketler

6-Ulaştırma yüzeyleri üzerinde tüm türlerle yapılan herbir belirli hareket için, başlangıç noktasından final noktasına toplam seyahat süresi oluşturur.

Bir kentin ulaştırma sistemi ile sosyoekonomik sistem arasında çok güçlü bir ilişki vardır. Bir kentin ulaştırma sisteminin yapısı o kentin sosyoekonomik sistemini etkiler ve bilahare sosyoekonomik yapıdaki değişimler de, ulaştırma sisteminde değişimler meydana getirir. Bu bileşke sistem, üç temel değişken ile tanımlanır. Ulaştırma sistemi, aktivite sistemi ve her iki sistemin



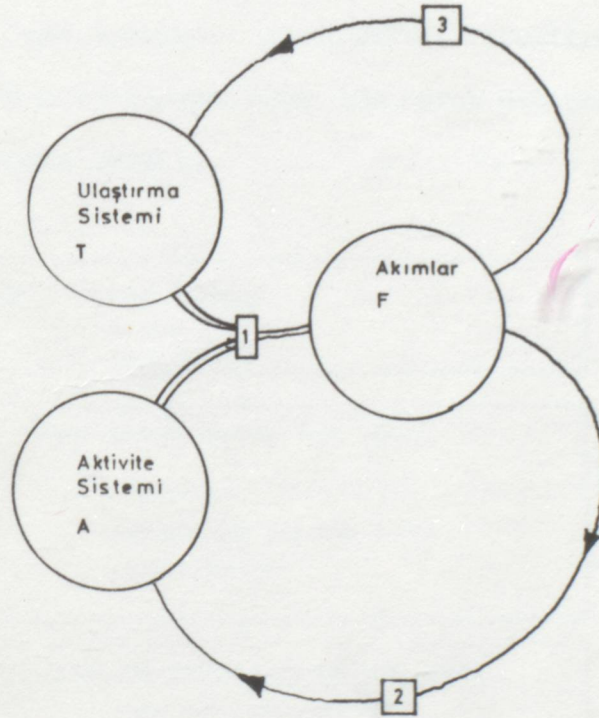
sonucu olan hareket modeli bu değişkenleri oluşturmaktadır.

Bu değişkenler arasında şu üç tip ilişki tanımlanabilir.(şekil 1.9.)

1-Ulaştırma sisteminde ki hareket(akım) modeli,ulaştırma ve aktivite sisteminde değişimlere yol açar.

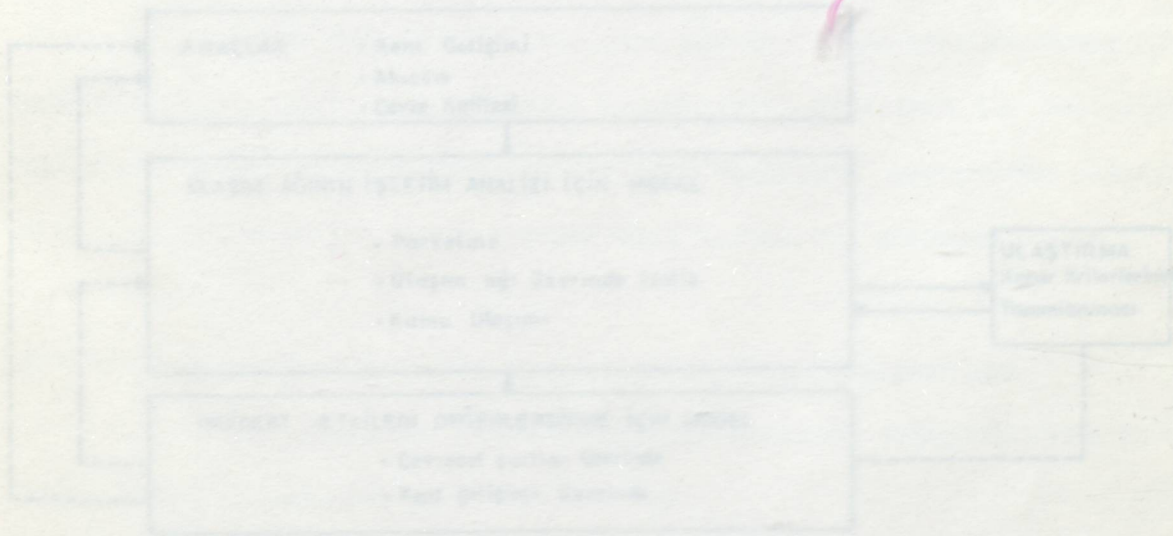
2-Mevcut hareket modeli,zaman içinden aktivite sisteminde değişimlere yol açar.

3-Mevcut hareket modeli,zaman içinde ulaştırma sisteminde de değişimlere neden olur.



şekil 1.9. Temel Değişkenler Arasındaki İlişkiler

Aktivite sisteminin tek bir sistem olarak kabul edilmesi gerekir. Bir kentin ya da gelişmekte olan bir ülkenin aktivite sistemi, ortak ilişki içinde ki birçok alt sistemden oluşur.-Sosyal yapı, politik kuruluşlar, iskân piyasası v.b.-Ulaştırma bu alt sistemlerden yalnızca biridir.Ulaştırma kentsel aktivite sisteminin gelişmesini etkileyici bir rol oynar.Fakat gelişmeyi belirleyici belli başlı bir sistem değildir.



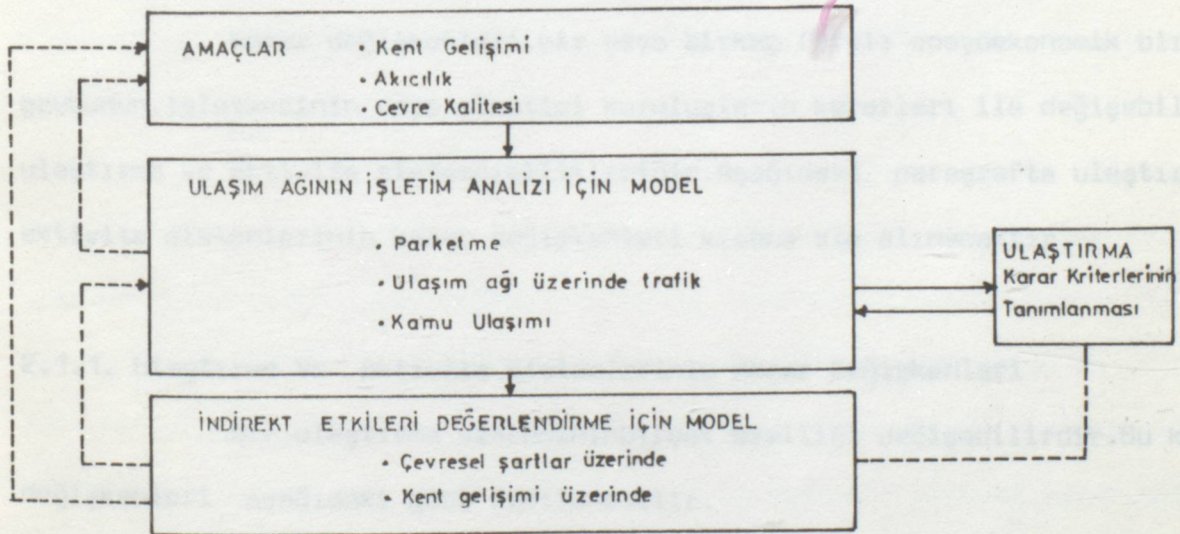
Şekil 2.1. Ulaştırma Sisteminin Diğer Sistemlerle İlişkisi

2. BÖLÜM

KENTSEL ULAŞTIRMADA PLANLAMA

2.1. Kentsel Ulaştırma Planlamasında Etkili Olan Ügeler /1,3,5 /

Ulaştırma; insan ve eşya taşımacılığı için insan organizasyonu ile yönetilen bir fiziksel bileşenler sistemidir. Birçok bileşeni içeren ve sosyal, ekonomik ve diğer güçlerle çok sıkı bir etkileşim içinde bulunan bu sistemin en yararlı şekilde kullanılabilmesi ise ,belirli bir süreç için insanların ve eşyaların zaman ve mekân içinde yer değiştirmesi ile ilgili yol, taşıt ve işletme özelliklerinin neler olması gerektiğine karar verilmesi ile yani ,planlama ile mümkündür. Ulaştırma sisteminin etkili planlanabilmesi için öncelikle ulaştırma ile ilgili tüm birimlerin ve elemanların, amaç ve hedefler doğrultusunda sistematik bir analize tabi tutulması gerekmektedir. (Şekil.2.1.) Bu nedenle ,insan ve eşya taşımacılığını etkileyebilecek tüm karar değişkenlerinin detaylı bir şekilde tanımlanması gerekir.



Şekil 2.1. Ulaştırma Planlamasında Basit Bir Sistemik Analiz

Şeması

Bir kentteki aktiviteler, hareket modelleri ve, dolayısıyla ulaştırma sistemi; farklı sosyoekonomik gruptaki kullanıcılar, işletmeciler ve değişik

yönetim kademelerinin istem, çalışma koşulları ve kararlarından etkilenmektedir. Ulaştırma sisteminin kullanıcısı;seyahat edip etmeyeceğine, nereye, ne zaman ve nasıl seyahat edeceğine; bir ulaştırma işletmecisi; taşıt güzergahları ve orerler, ücret ve sunulacak hizmet, filodaki taşıt parkı hakkında karar verir. Yönetim kademeleri ise ; vergiler, subvansiyonlar, kullanıcı ve işletmeciyi etkile diğer finansal konular, yeni ve geliştirilmiş olanakların sağlanması ve işletme ya da kullanıcı kararlarını kısıtlamaya veya teşvik etmeye yönelik konular ile ilgili kararları verir. Bu birimlerin kararlarında meydana gelebilecek herhangi bir değişiklik ulaştırma planlamasını direkt etkiler.

Çağımız hızlı değişmeye açık olduğundan bu değişimin özellikle ulaştırma üzerindeki etkisi çok önemlidir. Teknolojideki , insan fonksiyonlarındaki ve karar vericilerin değer yargılarında ki değişimler, zamanla ilgili ulaşma elemanları üzerinde önemli etkiler yaratabileceğinden, bu değişimden en çok hangi grupların etkileneceğini belirlemek önemlidir. Bu etkileri belirleyebilmek de , karar değişkenlerinin iyi tanımlanabilmesi ile mümkündür.

Karar değişkenleri, bir veya birkaç farklı sosyoekonomik birey grubunun, işletmecinin veya yönetici kuruluşların kararları ile değişebilen ulaştırma ve aktivite sistem özellikleridir. Aşağıdaki paragrafta ulaştırma ve aktivite sistemlerinin karar değişkenleri kısaca ele alınacaktır.

2.1.1. Ulaştırma Ve Aktivite Sistemlerinin Karar Değişkenleri

Bir ulaştırma sisteminin birçok özelliği değişebilir. Bu karar değişkenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

-Teknoloji: Bir ulaştırma sisteminin teknolojisini o sistemin, güzergah ve network yapısının karakteristikleri; yolcu ve yük taşımacılığı yapan taşıtların miktarı, boyutu, verimlilik oranı ve genel işletme türleri oluşturur.

-Ağlar (networkler): Bir network karar değişkenini oluşturan alt karar değişkenleri, o networkün genel yerleşim düzeni ve network bağlantılarının yaklaşık coğrafik yerleşimidir.

-Bağlantı (Link) karakteristikleri : Netwörkler bağlantılardan (link) ve düğüm noktalarından (nod) oluşur. Bağlantılar; karayolları, raylı hatlar ya da kentse caddelere karşılık gelir. Kavşak noktaları ya da transfer noktaları da birer bağlantıyı ifade eder. Bağlantı karakteristiği karar değişkeninin alt karar değişkenleri ise; bağlantıların ve düğüm noktalarının detaylı fiziksel yerleşimleri ve karayollarının şerit sayısı, demir yollarının hat sayısı, kurbaların yarıçapı, sinyalizasyon ya da trafik kontrol tipi gibi akımı etkileyen bağlantı karakteristikleridir.

-Taşıtlar : Ulaştırma sistemlerinin bir çoğunda taşıt mevcuttur.(İstisnalar: boruhatları ve konveyörler.). Taşıtlar karar değişkeninin alt karar değişkenleri ise taşıt sayısı ve taşıtların karakteristikleridir.

-Sistem işletme politikaları : Bu karar değişkeni, sistemin işletilmesi ile ilgili herşeyi içerir. Bu karar değişkeninin alt karar değişkenleri; taşıt güzergahları, tarifeler, sunulan hizmet türleri, ücretler, ulaştırmaya yardımcı hizmetler, sübvansiyon ve vergi tarifeleri ve düzenleyici kararlar.

-Organizasyonel politikalar : Bu karar değişkeni; yönetim, organizasyon ve kurumsal kararları içerir.

Aktivite sistemi; sosyal, ekonomik, politik, ve bir bölgede zaman ve mekan boyunca varlığı bulunan eylemler demeti olarak tanımlanabilir. Bu var olan ve gerçekleştirilecek eylemler demeti, ulaştırma yüzeyi üzerinde insan ya da eşya hareketi istemini belirler.Ulaştırma sisteminin hizmeti ya da performansı ise ,bu hareket istemini kısmen etkiler.Bu açıdan,ulaştırma sistemlerini modellemede ,ulaştırma istemini etkileyen bu aktivite sistemi karar değişkenlerini açıkça belirlemeliyiz.Şöyle ki;

-Yolculuk ile ilgili karar değişkenleri:Bu karar değişkenleri;yolculuk yapsın ya da .. yapmasın,nereye yolculuk yaparsa yapsın,her olası kullanıcıya açıktır. Yolculuk hakkındaki bireysel kararların tümünün bütünleşik sonucu ulaştırma için istem olarak ifade edilir.

-Aktivite ile ilgili diğer karar değişkenleri:Sosyal,ekonomik ve politik faktörlerin birçoğu ,kendi aktivitelerini nasıl,nereye ve ne zaman kullanacakları

hakkında çok geniş bir karar değişkenleri dizisine sahiptirler. Uzun bir zaman periyodu boyunca bu seçenekler ulaştırma istemini önemli bir şekilde etkiler. Ekonominin ulaştırma sistemine yaptığı harici baskı-ulusal ekonomi politikası, hızlı sosyal değişim gibi-aktivitelerin mekân boyuncaki şekillenmelerinde etkili olabilir ve böylece ulaştırma istemi de paralel olarak etkilenebilir.

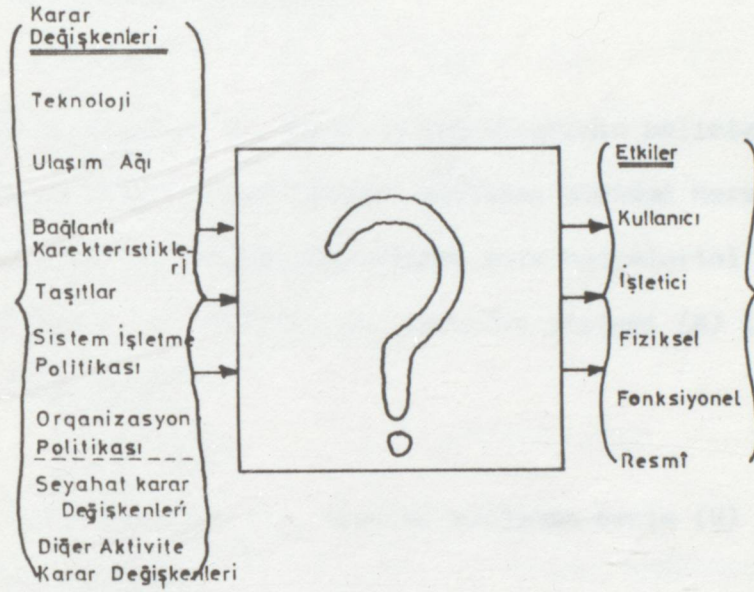
Ekonomik büyüme oranı, sektörel ve kentsel büyüme modelleri, bütünlük nüfus gibi bazı aktivite karar değişkenlerinin etkileri kontrol altında tutulamayabilir. Bunların kontrol altında tutulabilmesi ancak doğrusallık gösteren aktiviteler için sözkonusudur. Bazı aktivite karar değişkenleri ise kontrol altında tutulabilirler. Bunlar kent içindeki arazi kullanım ve arazi gelişim kontrolü gibi değişkenlerdir.

Ne tür bir karar değişkeni olursa olsun, tüm ulaştırma ve aktivite karar değişkenleri, ilişkinin boyutunun belirlenmesinde son derece önemlidir.

2.2. Kentsel Ulaştırma Planlamasının Özü /1/

Ulaştırma planlaması için çok genel olarak; "insanların, fonksiyonlarını yerine getirmek için gerekli hareket istemleri ile, eşya hareketi istemine eldeki mevcut olanaklar ve hedeflenen amaçlar doğrultusunda ulaştırma hizmetlerinin optimum düzeyde cevap vermesini sağlayacak çözümler üretme çabası içindedir." denilebilir. Bu tanıma biraz daha açmak için, ulaştırma planlamasının özünü oluşturan elemanlar şöyle açıklanabilir.

Mevcut ulaştırma sistemi (T) ve mevcut aktivite sistemi (A) ile sembolize edildiğinde, belirli bir öneri planı, ulaştırma karar değişkenlerindeki (ΔT) ve aktivite sistemi karar değişkenlerindeki (ΔA) değişimleri vasıtasıyla tanımlanacaktır. Planın uygulanması, ulaştırma sistemini T'den T'ne ve aktivite sistemini de A'dan A'ne değiştirecektir. Bu değişimlere karşılık olarak hareket (akım) modellerinde de değişim olacaktır. Yani, F akımı F'ne değişecektir. Ulaştırma planlamasının en önemli elemanı, hareketlerdeki değişimlerin tahminidir. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Tahmin Problemi.

Herhangi bir zaman periyodunda, aktivite sisteminin herhangi bir durumundaki ulaştırma sisteminin belirlenmesi, akım ya da hareket modellerini belirler. Bu ifade altında yatan temel hipotez, ulaştırma piyasasının diğer piyasalardan ayrı olarak dağılım gösterdiğidir. Bu hipotezi açıklayabilmek için, yukarıdaki üç değişkene ek olarak iki değişkene daha ihtiyaç vardır. Bu değişkenler; belirli bir akım ya da akımlar kümesinde tecrübe edilmiş hizmet karakteristiği (S) ve ulaştırma yüzeyindeki akımın hacmi (V)'dir

Bu beş değişken vasıtasıyla planlama çözümüne gidilebilir.

Şöyle ki;

1- Ulaştırma sistemi (T)'nin belirlenmesiyle, hizmet fonksiyonları (J) saptanır. Bu hizmet fonksiyonları; hizmet düzeyinin, akım hacminin ve ulaştırma karar değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak nasıl değiştiğini ifade eder. Hizmet düzeyi (S); belirli bir ulaştırma sistemi (T) için, sistemi kullanan yolcuların hacminin (V) bir fonksiyonudur.

$$S = J(T, V)$$

2- Aktivite sisteminin (A) karar değişkenlerinin belirlenmesi, istem fonksiyonu (D) saptar. Bu istem fonksiyonları, aktivite sistemi karar değişkenlerinin ve hizmet düzeyinin bir fonksiyonu olarak akım hacimlerini verir. Sistemi kullanan yolcuların hacmi (V) ; belirli bir aktivite sistemi (A) için, hizmet düzeyinin (S) bir fonksiyonudur.

$$V = D(A, S)$$

3-Hareket (akım) modeli (F), sistemi kullanan hacim (V) den ve hizmet düzeyi (S) den elde edilir.

$$F = (V, S)$$

Belirli bir ulaştırma sistemi (T) ve aktivite sistemi (A) için ,gerçekte oluşan akım, $F = F(T, A)$, V hacmi ve S hizmet düzeyi denge çözümü olarak belirlenir.

$$\left. \begin{array}{l} S = J(T, V) \\ V = D(A, S) \end{array} \right\} \rightarrow (V, S)$$

Böylece, T ve A nın belirlenmesi ile V denge hacmi ve S denge hizmet düzeyi değerleri elde edilmiş olur.

$$(T, A) \longrightarrow (J, D) \longrightarrow "F(T, A) = (V, S) "$$

Sonuç olarak denilebilirki; istemi oluşturan V hacmine bağlı D istem fonksiyonu ile performansı oluşturan S hizmet düzeyine bağlı J hizmet fonksiyonunun kesiştiği noktada oluşan akım , denge akımını belirleyecektir. Buna basit denge denilmektedir. Şekil 2.3.

Bu etkiler şöyle sınıflandırılabilir.

1-Kullanıcı etkileri:Bu etkiler;eşya taşıyıcıları ve yolcular üzerindeki etkilerdir.Kullanıcılar;kent içindeki yerleşimlerine ,yolculuk amaçlarına ve sosyo-ekonomik gruplarına göre farklı etkilenirler.

2-İşletmeci etkileri:Ulaştırma yüzeyleri ve hizmetlerinin işleticileri üzerindeki etkilerdir.Türe,bağlantıyla (linke) ve güzergaha göre etkiler farklılık gösterir.

3-Fiziksel etkiler:Kullanıcı ya da işletmecilerin bir çoğunu etkilemeyen hizmetlerin veya ulaştırma yüzeylerinin fiziksel varlıklarından kaynaklanan etkilerdir.

Bu etkilenme grupları,etkilenme tipine ve yerleşime göre farklılık gösterirler.

Örnek olarak:Yeni inşaalardan dolayı gayr-ı menkullerdeki yer değiştirmeler ve çevrenin kötüleşmesinden dolayı;gürültü,duman ve hava kirliliğinden etkilenen aileler.

4-Fonksiyonel etkiler:Kullanıcıların, ulaştırma sistemindeki değişimlere tepki olarak seyahat modellerini değiştirmelerinden dolayı aktivite sistemi üzerinde oluşan etkilerdir.Bölge tipine ve yerleşime göre farklılıklar gösterirler.Örnek olarak : Merkezî iş bölgelerinde ve banliyö alışveriş merkezlerindeki perakende alışveriş alanlarında meydana gelen değişim,üretim maliyetlerinde ki değişimle ve arazi değeri değişimleri.

5-Resmî etkiler:Yerleşime ve resmiyet düzeyine göre etkiler farklılık gösterirler.

Örnek olarak:Belediye veya devlet etkileri.

Ulaştırmanın önemli özelliklerinden biri,etkilerinin farklı oluşumudur.Herhangi bir ulaştırma değişiminden bazı gruplar kazançlı çıkarken diğerleri kaybedebilir.Aslında,ulaştırma tercihleri sosyopolitik tercihlerdir. Farklı ilgili gruplar arasındaki dengenin bu açıdan çok iyi sağlanması gerekir.

3. BÖLÜM

KENTSEL ULAŞTIRMA SİSTEMİNDE İSTEM VE PERFORMANS İLİŞKİSİ

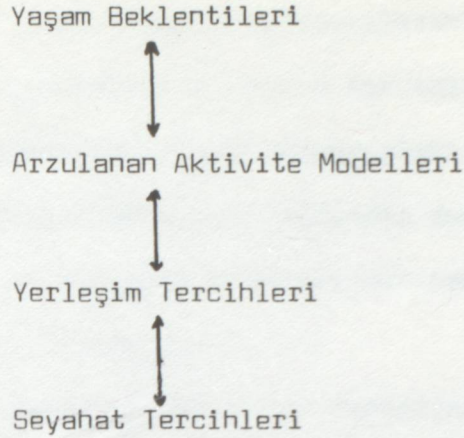
3.1. Kentsel Ulaştırma İstemi Ve Oluşum Ügeleri: /1.2/

Ulaştırma istemini anlayabilmek için başlangıçta, insan davranışlarını ve bu davranışlar sonucu oluşan insan istemini anlamak gerekmektedir.

Her bir bireyin kendine göre tatminkâr ve dolu dolu bir hayat yaşamak için kafasında oluşturduğu bir aktivite model kavramı vardır. Bu, bireyin ve aile üyelerinin kararlarını motive eden "temel istem" dir. Bir bireyin aktivite modeli; o kişinin iş mekânını, gelir ve iş tipini kapsayan istihdam; komşuluk tipini, ev tipini ve mekânını içeren ikamet; okullar, alışveriş mekânına erişme, komşuluk ilişkileri gibi komşuluk ve ikamet ile ilgili faktörler; kira ve gayri menkul oranları; tüketim modelleri; sosyal ve eğlence aktiviteleri gibi konularda yaptığı tercihlerle belirlenir.

Her bir bireyin yapması gereken bir kaç tercih düzeyi vardır. (Şekil 3.1) . En üst düzeydeki tercih, bir kişinin yaşamdan beklediklerini yansıtan ve en temel tercih düzeyi olan bir aktivite tercih modelidir. Bir sonraki tercih düzeyi ise, bir insanın tercih ettiği aktivite modelini uygulamak için, belirli bir zamanda belirli bir mekânda olması gerekliliğinden doğan, çalışma ve ikamet yeri tercihini içeren yerleşim tercihidir. Tercih edilen yerleşimde arzu edilen aktiviteleri yerine getirebilmek için üçüncü düzeyde bir tercihe gereksinim vardır. Bu tercihler; nereye, nasıl ve ne zaman seyahat edileceği ile ilgili tercihlerdir.

Seyahat tercihleri direkt olarak yolculuk istemini oluşturur. Ancak, yolculuk istemlerinin türetilmiş olduğunu bilmek gerekir. Çünkü, insanlar genelde seyahat etmek istediklerinden seyahat etmezler, seyahati belirli zamanlarda belirli mekânlarda bulunmaları gerektiğinden yaparlar. Böylece seyahat istemini anlamak için, değişik aktivite modellerinde oluşabilecek insan arzularını anlama ihtiyacı vardır. Aktivite yerleşimleri için, özellikle ikamet ve işyerleri için istem, bu mantık çerçevesinde türetilebilir ve yerleşim isteminden de seyahat istemi türetilir.



Şekil 3.1. Bir Birey İçin Tercih Düzeyleri

Günümüzde, insan davranışlarını anlama amacıyla yapılan çalışmaların sonucu, ulaştırma sistemlerindeki değişimleri açıklayabilmek açısından tam olmaktan uzaktır. Ancak bu çalışmalarla önemli gelişmeler sağlanabilir. İnsan davranışları hakkında elde edilen bu bilgiler istem fonksiyonunda özetlenebilir. İstem fonksiyonu, şartların değişimine karşın, şirketlerin, birey gruplarının ya da toplum bireylerinin nasıl tepki göstereceklerini belirlemek için kullanılan, insan davranışlarının bir ifadesidir.

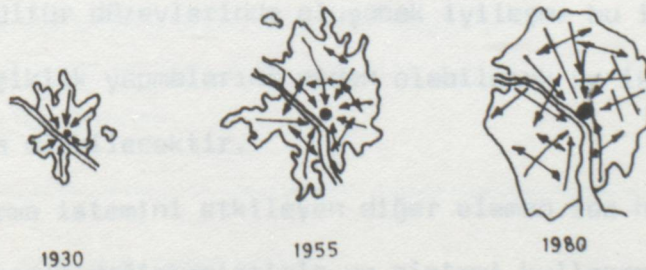
İstem fonksiyonunun içerdiği ulaştırma istemi hakkında, genellikle yeterli veriye sahip olunabilmesine rağmen bu fonksiyonun içeriğinin diğer bir kısmını oluşturan belirli aktivite modellerinin arzulanması hakkında çok az şey bilinmektedir. Bunun için, ulaştırma ve sosyoekonomik aktiviteler arası etkileşimi belirlemede bazı kabuller yapılması gerekmektedir. Bu kabullerin oluşturduğu hipotez şöyle özetlenebilir. "Yerleşim birimlerinde uzun vadede oluşacak değişimleri ve sosyoekonomik aktivitenin boyutunu, kısa vadedeki ulaştırma sektörü davranışından ayrı değerlendirmek gerekir". Bu hipotez ışığında, ulaştırma istemi hesaplanırken sosyal ve ekonomik aktivite modellerinin belirli vesabit olduğu varsayılabilir.

Bu açıdan bakıldığında, bütün haldeki istem fonksiyonunu, "Ulaştırma İstem Fonksiyonu" ve "Aktivite Değişim Fonksiyonu" olarak ikiye bölmek uygun olacaktır.

Ulaştırma istem fonksiyonu;"Koşulların gelecekte değişmesi durumunda bireylerin ve birey gruplarının ulaştırma tercihlerindeki değişimlerinin nasıl olacağını tahminde kullanılan ,insan davranışları ifadesidir".Aktivite değişim fonksiyonu ise;"Koşulların gelecekte değişmesi durumunda,bireylerin vebirey gruplarının aktivite ve yerleşim tercihlerinin nasıl olacağını tahminde kullanılan,insan davranışları ifadesidir".

Ulaştırma istemini,insanların fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri amacıyla aktivite yoğunluklarıyla etkileşimleri oluşturduğuna göre,bir kent içinde oluşabilecek seyahat istem modellerinin bilinmesi gerekir.Şekil 3.2. de de görüleceği gibi seyahat istem modelleri,aktivite yoğunlukları,kent gelişimi ve kant yapısıyla değişen modellerdir.Fakat,genelde kullanılan beş tip seyahat istem modelinden söz edilebilir.Şöyle ki,

- 1.Tip: Kent merkezine yönlenmiş koridorlar boyuncaki radyal tip yolculuklar.
- 2.Tip: Kent banliyölerinde bulunan aktiviteler arasındaki muhitsel tip yolculuk
- 3.Tip: İkamet bölgesindeki mahalli aktiviteler arasında oluşan yolculuklar.
- 4.Tip: Kent merkezindeki aktiviteler arasında yapılan ya dakent merkezinde bulunankentsel ulaştırma yüzeylerinin terminallerine veya bu terminallerden aksi istikamette yapılan yolculuk tipi.
- 5.Tip: Hava alanları,üniversite kampüsleri,eğlence alanları gibi kent merkezinde bulunmayan ana aktivite yoğunluklarına veya bu yoğunluklardan aksi istikamette oluşan yolculuk tipi.



Şekil 3.2. Genelleştirilmiş Bir Kentsel Seyahat İstem Örneği

3.1.2. Kentsel Ulaştırma İstemini Etkileyen Faktörler /1/

Ulaştırma istemini etkileyen faktörler hakkında bilgi verebilmek için, ilk önce ulaştırma istemini oluşturan temel değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. İstem fonksiyonu daha önce, $V = D(A, S)$ şeklinde formüle edilmiş, aktivite sistemi karar değişkenlerinin ve hizmet düzeyinin bir fonksiyonu olarak, akım hacmini verdiği belirtilmişti .

Buradan, istemi oluşturan iki temel değişkenin; aktivite sistemi ve hizmet düzeyi olduğu belirlenebilir. Ancak, aktivite sisteminin istemi belirleyici kantitatif değişmelerindirekt etkisi varken , hizmet düzeyi bu istemi kısmen etkileyebilir. Aktivite sistemi; sosyal, ekonomik, politik ve bir bölgede zaman ve mekân boyunca yer alan işler olarak tanımlanmış ve bu işlerin ulaştırma istemini belirlediği ve ilave olarak , insanların seyahat tercihlerini ise, tercih ettikleri aktivite modellerinin belirlediği belirtilmişti. Yani, bir insanın sosyoekonomik grubunu belirleyen gelir, otomobil sahipliği, çalıştığı işin türü , oturduğu ev tipi ve hatta kültür düzeyi gibi parametreler o insanın yapacağı seyahat tercihlerini etkiler ve büyük ölçüde de belirler. Örnek olarak: İstanbul'da , ulaştırma isteminin belirlenmesinde en temel etken ev-işyeri seyahatleridir. Çünkü, büyük bir kütleyi oluşturan insan grubunun gelir düzeyi ve buna paralel olarak kültür düzeyi düşüktür. Bu insanların, başlıca fonksiyonlarını çalışma ve ev içi aktiviteleri oluşturur. Çünkü, sağladıkları gelir; dinlenme, eğlenme ve kültürel aktivitelerini minimuma indirmekte ve belki de yalnızca güneşli bir hafta sonu denizkenarı gezintisinden ibaret kalmaktadır. Fakat uzun vadede bu insanların gelirlerinde ve kültür düzeylerinde oluşacak iyileşme bu insanların seyahat modellerinde değişiklik yapmalarına neden olabilecek ve istem, mevcut duruma nazaran daha fazla olabilecektir.

Ulaştırma istemini etkileyen diğer eleman ise hizmet düzeyidir. Hizmet düzeyi, ulaştırma karar değişkenlerinin ve sistemi kullanan hacmin fonksiyonu olarak tanımlanmıştı. Yani, hizmet düzeyini oluşturan değişkenler, ulaştırma

sistemi ile ilgili hizmet nitelikleridir.Bu nitelikler tablo 1 de özetlenmiştir. O halde,hizmet fonksiyonu bir ulaştırma kullanıcısının diğer bir ifade ile tüketicisinin;seyahat yapıp yapmayacağını,yapacaksa nereye,ne zaman ve nasıl yapacağını etkiler.

Zaman :

Toplam seyahat süresi
Güvenilirlik (seyahat süresindeki değişim)
Transfer noktalarında harcanan zaman
Hizmet frekansı
Tarife frekansı

Kullanıcıya maliyet

Direkt ödemeler;seyahat ücreti,köprü ücreti,yakıt v.b.
Direkt işletme maliyetleri
İndirekt işletme maliyetleri;sigorta,bakım amortisman maliyetleri

Güvenilirlik

Ölümcül kaza yada yük tahribi ihtimâli
Herhangi türde kaza ihtimali
Kaza tiplerinin dağılma ihtimali
Algılanan emniyet

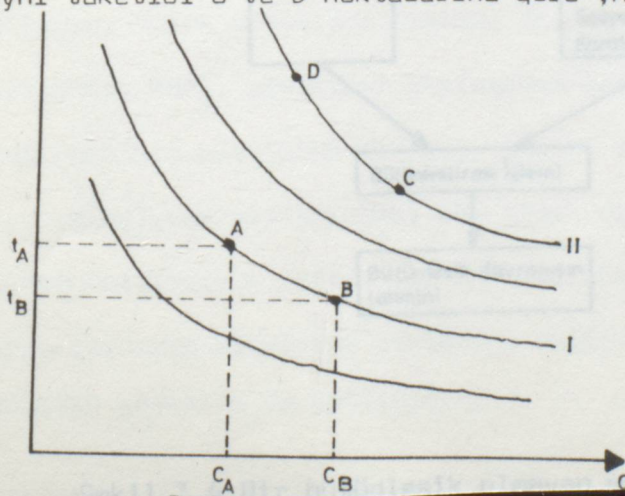
Kullanıcı için konfor ve uygunluk

Yürüme mesafesi
İhtiyaç yüzünden taşıt değişim sayısı
Fiziksel konfor (ısı,nem,temizlik v.b.)
Fizyolojik konfor

Tablo I :Hizmet Nitelikleri

Genelde, farklı tüketicilerin farklı hizmet niteliklerine daha fazla önem verdikleri ve yolculuk modellerini , önem verdikleri bu hizmet niteliklerini dikkate alarak belirledikleri söylenebilir. Bu, tüketicilerin sosyoekonomik karakteristiklerine ve tercihlerine bağlıdır. İstem tahmininde bir hizmet fonksiyonunun tüm olası hizmet niteliklerini içermesi mümkün değildir. Çünkü, konfor ve güvenlik gibi bazı hizmet niteliklerinin ölçülebilmesi zordur. Bazı hizmet nitelikleri ise, çok az bir kesimi ilgilendirir. Genellikle hizmet düzeyi belirlenirken tüketici tercihlerinde en çok etkili olan hizmet nitelikleri dikkate alınır. Bunların en önemlileri de seyahat süresi , taşıt dışında harcanan süre ve sayahat maliyeti ya da ücretidir. Herhangi bir kamu taşıma sektöründe bu üç değişkenin büyüklüğü azalırca, bu taşıma modunu kullananların sayısı artacak demektir.

Tüketici tercihleri , yalnızca önem verdikleri hizmet nitelikleriyle değişmez aynı zamanda değişik niteliklere verdikleri göreceli değere göre de değişir. Bu değişimi ifade etmek için kayıtsızlık eğrisi kavramı kullanılır. Bu eğri boyunca tüm tercih kombinasyonları için tüketici kayıtsızdır. Yani, tüketici için herhangi bir kombinasyonu seçmek farketmez. Şekil 3.3'de , iki hizmet niteliğini içeren (t seyahat süresi ve c seyahat maliyeti), bir kayıtsızlık eğrisi kümesi görülmektedir. Bu eğriler kümesi belirli bir tüketicinin tercihlerini ifade eder. Tüketici, genellikle bir eğri üzerindeki tüm zaman ve maliyet kombinasyonları için kayıtsızdır. Örnek olarak tüketici, I eğrisi üzerindeki A ve B noktaları ile ifade edilen iki ayrı zaman , maliyet kombinasyonu için kayıtsızdır. Fakat aynı tüketici C ve D noktalarına göre , A ve B yi tercih edecektir.

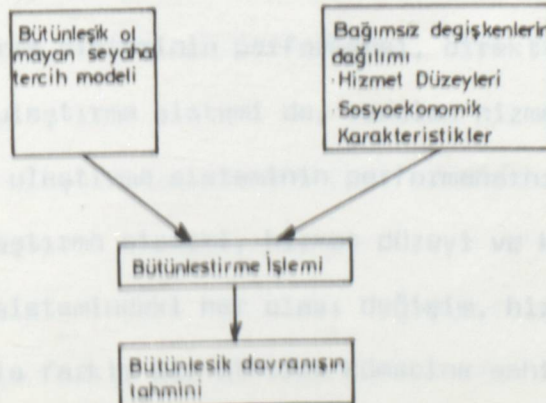


3.1.3. Kentsel Ulaştırma İsteminin Belirlenmesinde Kullanılan Yaklaşımlar /1/

Kentsel ulaştırma istemi tahmini problemine iki düzeyde yaklaşılabilir. Bireysel düzeyde ve birey grupları düzeyinde. Birey, ulaşım ile ilgili kararlarını verirken tek bir birim olarak davranan herhangi bir gruptur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, bir bireyin birden çok insandan oluşabileceğidir. Fakat bu insanlar, kararlarında tek bir noktaya ulaşmalıdır.

İstem tahminine bireysel düzeyde yaklaşıldığında oluşturulacak istem fonksiyonuna "Bütünleşik Olmayan İstem Fonksiyonu" ya da "Ayrık İstem Fonksiyonu" denir. Birey grupları düzeyinde yaklaşıldığında oluşturulacak istem fonksiyonuna ise, "Bütünleşik İstem Fonksiyonu" denir.

Bütünleşik olmayan bir istem fonksiyonu; bir bireyin, kayıtsızlık eğrisi yardımıyla türetilen kullanım fonksiyonuna eşdeğerdir. Ulaştırma istem fonksiyonunu elde edebilmek için, bireysel düzeyden birey grupları düzeyine, diğer bir ifadeyle bütünleşik düzeye geçilmesi gerekmektedir. Bu geçiş ya da bütünleştirme işlemi bir çok pratik yaklaşım kullanılarak yapılabilir. Fakat naive yaklaşımı, sınıflandırma ve örnekleme yaklaşımları en çok kullanılan bütünleştirme yaklaşımlarıdır. Bütünleşik olmayan bir istem fonksiyonundan, bütünleşik bir istem fonksiyonuna geçiş, Şekil 3.4'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.



Bütünleşik istem fonksiyonları ise, aynı karakteristiklere sahip her bir birey grubu için ayrı ayrı oluşturulmuş ise, bu fonksiyonlar bu birey gruplarına karşılık gelen davranışları tahmin için direkt olarak kullanılabilir. Bu tip istem fonksiyonlarının oluşturulmasında en yaygın olarak kullanılan modeller; çekim modelleri ve seyahat üretimi, seyahat dağılımı, türel ayırım ve atama aşamalarından oluşan dört aşamalı model sistemidir.

Bütünleşik olmayan modeller gibi, bütünleşik modeller de stokastik veya deterministik olabilir. Böylece seyahat istem modelleri, dört ana gruba ayrılabilir.

- Bütünleşik olmayan deterministik
- Bütünleşik olmayan stokastik
- Bütünleşik deterministik
- Bütünleşik stokastik.

Günümüz teknikleriyle kullanımı pratik olan seyahat istem modelleri ise, bütünleşik olmayan stokastik ve bütünleşik deterministik modellerdir.

3.2. Kentse Ulaştırma Sistem ve Performansı Ügeleri: /1.7/

Bir ulaştırma sisteminin, planlama süresince oluşabilecek ulaştırma istemine optimum kaynak tüketimi ile sağlayabileceği hizmet, o ulaştırma sisteminin performansı olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle; sistem performansı mevcut isteme karşılık gelen denge sunusunun özel bir halidir.

Bir ulaştırma sisteminin performansı, direkt olarak ulaştırma sistemi ile ilgilidir. Ancak ulaştırma sistemi de, sunulan hizmet ve tüketilen kaynak ile belirlenir. Yani, ulaştırma sisteminin performansının özünü üç değişken oluşturur. Bunlar; ulaştırma sistemi, hizmet düzeyi ve kaynak tüketimidir.

Ulaştırma sistemindeki her olası değişim, hizmet düzeyleri ve kaynak tüketimleri vasıtasıyla farklı bir etkiler kümesine sahiptir. Bu etkilerin boyutları, yalnızca ulaştırma sistemine bağlı değil, aynı zamanda hizmetleri kullananların sayısına da bağlıdır.

Bu anlatılanlar şu şekilde sembolize edilebilir. Bir sistem tarafında tüketilen kaynak (R) miktarı; ulaştırma sisteminin (T), sistemde var olan coğrafik ve ekonomik çevrenin (E) ve sistemi kullanan hacmin (V) bir vektörü olarak ifade edilen, sistem dizaynı ve işletimi hakkında verilen kararlara bağlıdır.

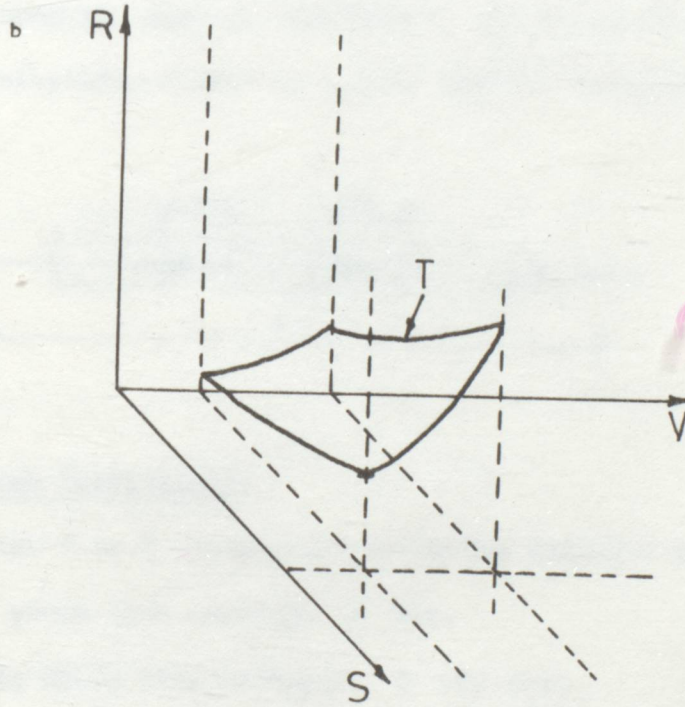
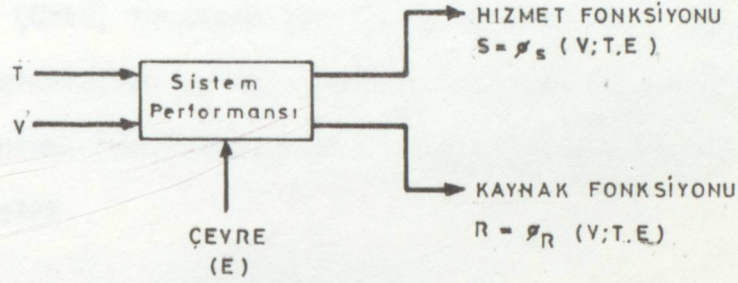
Bir ulaştırma sisteminin, birincil amacı kullanıcılara hizmet götürmektir. Belirli bir sistem tarafından sunulan hizmet düzeyi (S), ulaştırma sistemi (T), değişmemesine rağmen, sistemi kullananların hacmi (V) ile de değişir.

Böylece, ulaştırma sistemi; T, E ve V'nin fonksiyonları olarak S ve R ile karakterize edilebilir. Diğer bir anlatımla, ulaştırma sistemi belirli bir çevrede ulaştırma hizmeti vermek için kaynakların tüketildiği bir işlem olarak da görülebilir. Ulaştırma \emptyset (R,S,T,V) şeklindeki bir performans fonksiyonu ile karakterize edilir. Bu fonksiyon, belirli bir ulaştırma sistemi için uzayda bir yüzeyi (R,S,V) ifade eder (şekil 3. 5.b). Bu fonksiyondan anlaşılan, eğer ulaştırma sistemi (T) ve çevre (E) belirlenmiş ise kaynak tüketimi (R) ve hizmet düzeyi (S), hacmin bir fonksiyonu olarak değişir.

Kaynak tüketimi (R) ve hizmet düzeyi (S), birlikte sistem çıktılarını oluştururlar. Buna rağmen hizmet düzeyi (S), ulaştırma istemini etkileyici bir parametre olduğundan kaynak tüketiminden ayrı olarak hesaba katılmalıdır. Ayrıca, kaynak tüketimi (R) de bazı durumlarda ulaştırma üretim işlemine girdi olarak düşünülür. Bu açıdan belirli bir çevredeki kaynak tüketimi ve hizmet düzeyi ayrı fonksiyonlar olarak düşünülmelidir. Yani, $S = \emptyset_S(V;T,E)$ ve $R = \emptyset_R(V;T,E)$ (şekil 3. 5.a).

Kaynak tüketimi ve hizmet düzeyi arasındaki ortak ilişki ulaştırma sistem performansının temel özelliğidir. Şekil 3.5.b'de, ulaştırma sistemi (T) nin belirlenmesi halinde; kaynak tüketimi (R), hizmet düzeyi (S) ve sistemi kullanan hacim (V) arasında özgün bir ilişki oluşacağı ve ulaştırma sistemi (T) veya hacim (V) değiştiğinde, genellikle kaynak tüketimi (R) ve hizmet düzeyi (S) nin birlikte değişeceği görülmektedir.

Bu ilişkilerin gerçek boyutları önemli oranda, belirli bir sistemin işletildiği çevreye ve o sistemin özelliklerine bağlıdır. Çevre ise fiziksel çevre (mesafe, coğrafya vb.), ekonomik çevre (işgücü, kamulaştırma, enerji vb.) ve kurumsal çevreden oluşur.



Şekil 3. 5 a.)Performans fonksiyonunun hizmet ve kaynak özellikleri.
b.)Uzayda (R,S,V) bir performans fonksiyonu yüzeyi

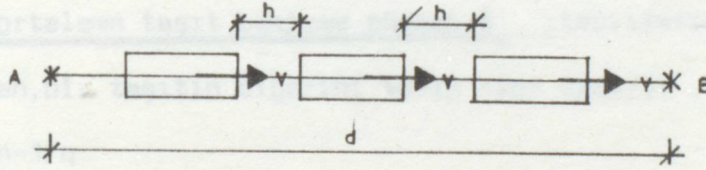
Ulaştırma isteminin belirlenmesinden sonra, mevcut ulaştırma sistemini bu istem için gerekli hizmet koşullarında yeterli olup olmadığının belirlenmesi gerekir. Eğer ulaştırma sistemi (T), bu istem için yeterli değilse, yani ulaştırma sisteminde bazı değişimlere (ΔT) gerek duyuluyor ise, bu değişimlerin kullanıcı

ve işleticiler üzerindeki etkisinin ne olacağı ve böyle bir değişime bu birimlerin tepkisinin ne olacağı bilinmesi gerekir. Bir sonraki aşamada ise, ulaştırma hizmetindeki bu değişimin karşılığı olarak kaynak tüketiminin ne olacağı ve kaynak tüketimine hangi birimlerin ne oranda neden olduğunun bilinmesi gerekir. Çürkü, tüketimin bir kısmı işletmeciden, bir kısmı fiziksel olarak etkilenen gruplardan ve bir kısmı da toplumdan indirekt olarak kaynaklanır.

Bir sonraki paragrafta ulaştırma sistemi performansı ile ilgili basit bir örnek verilmiştir.

3.2.1. Basit Bir Performans Modeli Örneği /1/

Bu örnekte, aşağıda özellikleri verilen basit bir ulaştırma sisteminin performansını oluşturan hizmet ve kaynak tüketim fonksiyonları belirlenecektir.



Sistem Özellikleri:

Sistem A ve B noktalarını birbirine bağlayan bir linkten oluşmaktadır.

Tek yönde link uzunluğu d dir.

Gidiş dönüş link uzunluğu $D = 2d$ dir.

Sistemin çevresi (E) hesap basitliği açısından ihmâl edilmiştir.

Taşıt Özellikleri:

Taşıtlar v ortalama hızıyla hareket etmektedirler.

Bir taşıt tek yönde bir seferde w yolcu taşımaktadır.

Taşıtların takip aralıkları birbirine eşdeğerdir.

Bir taşıt bir saatte n adet gidiş dönüş yapmaktadır.

$$T=(M,Q,P)$$

$$M=(w,V)$$

$$V_c=2 wQ$$

Bu örnek için hizmet fonksiyonu çıktıları ;tekyönde taşıt içi seyahat süresi t_{iv} ,ortalama taşıt bekleme süresi t_w ,tek yön toplam seyahat süresi t_T ve sayahat edici tarafından ödenen ücret c olarak kabul edilirse,bu çıktılar T ve M ye bağlı olarak diğer bir ifade ile; Q,P,w ve v ye bağlı olarak şöyle belirlenebilir.

Tek yönde taşıt içi seyahat süresi t_{iv} :Her bir taşıtın bir gidiş dönüş seyahati $1/n$ saat sürecektir ve tek yöndeki taşıt içi seyahat süresi böylece ,

$$t_{iv}=d/v=1/2n$$

olacaktır.

Ortalama taşıt bekleme süresi t_w :taşıtların takip aralığı eşit olduğundan,bir taşıtın diğerini takip etme aralığı ,

$$h=1/q$$

olacaktır.Buna bağlı olarak ,yolcuların ortalama taşıt bekleme süresi ise, taşıt takip aralığınının yarısı kadar olacağından,

$$t_w=h/2=1/2q$$

ve

$$Q=q \text{ olduğundan } t_w=1/2Q$$

olacaktır.

Tek yön toplam seyahat süresi t_T :bir yolcunun bir başlangıç noktasından bir son noktaya gitmesi için harcaması gereken süre,taşıtı bekleme süresi ve taşıt içinde geçen süredir.Yani,

$$t_T=t_{iv}+t_w$$

$$=1/2Q+1/2n$$

$$=1/2(1/Q+n)$$

olarak hesaplanabilir.

Seyahat edici tarafından ödenen ücret c :Bu örnekte,seyahat edicinin seyahat etmek için cebinden çıkacak para olarak taşıta ödeyeceği ücret dikkate alınmıştır.Yani,

$$c=P$$

dir.

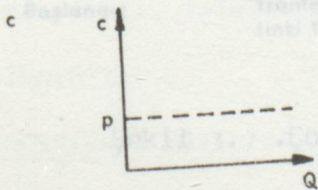
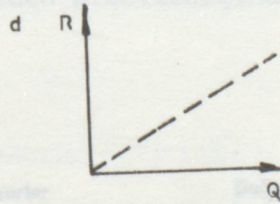
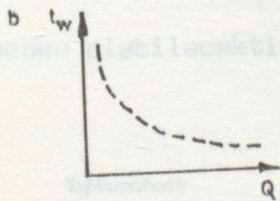
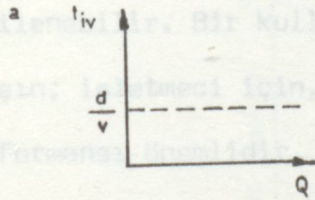
Şekil 3.7. a-b-c de bu örnekle ilgili,hizmet çıktılarından bazılarının (t_{iv}, t_w, c) ,ulaştırma karar değişkenleri ile olan ilişkisi gösterilmektedir.

Bu örnek için kaynak tüketimi fonksiyonunun çıktısı,taşıta-saat başına kaynak tüketimidir.Böylece tüketilen kaynak miktarı saat başına toplam taşıt-saat'tir.Yani,

$$R=Q/n=Q \times d/v$$

dir.

Bu ilişki şekil 3.7.d de görülebilir.

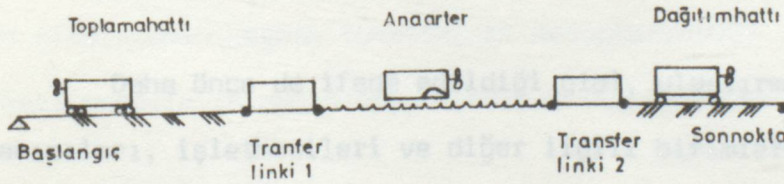


Şekil 3.7. Bu Örnek için Hizmet Ve Kaynak Değişimleri

3.2. Kentsel Ulaştırma Performansı ile Sistem-İşletme ve ilgili Birimlerin Etkileşimi./1.2/

Bir sistemin performansı etkileyen üç ana faktör vardır. Bunlar; ulaştırma sisteminin bölgedeki mevcut yapısı, bir sistemin işletme plânı ve tıkanıklıktır.

Bir ulaştırma sisteminin yapısı çok karmaşık olabilir. Bu karmaşıklık aynı ağ (network) üzerinde çok farklı hizmet stratejilerinin uygulanabilmesine yol açabilir. Her bir kullanıcıya, bir başlangıç noktasından bir son noktalar kümesine gidebilmek için alternatif birçok yol ve bir çok taşıt türü sözkonusu olabilir. Bazı yolların direkt olmasının yanında diğerleri çok duraklı olabilir. Veya başka alternatif yolları kullanmak isteyenler de bir veya birden çok transfer yapmak zorunda olabilirler (şekil 3.7). Kullanıcıların alternatif yollar arasından yapacağı seçim, yolların hizmet düzeyinden ve performansından etkilenebilir. Bir kullanıcı için yalnızca, izleyeceği güzergahın önemli olmasını karşın; işletmeci için, ekonomik göstergelerin belirlediği bir sistemin tümünün performansı önemlidir. Bazı yolların çok fazla tercih edilip diğerlerinin daha az tercih edilmesi, çok tercih edilen yollarda tıkanıklığın oluşabilmesinden dolayı kapasitenin düşmesine neden olabileceğinden, işletmecinin kârını düşüren bir neden olabilecektir.

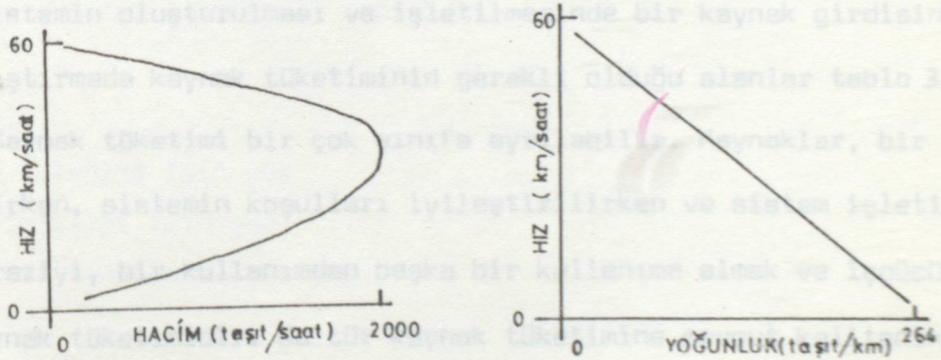


Şekil 3.7 .Çok transferli bir güzergah tipi.

Bir sistemin işletme plânı, hizmeti sağlamak için sistemin nasıl kullanılacağına açıklanmasını içerir. Detaylı bir işletme plânı; kullanılacak taşıtların, hizmete açılacak güzergahların, her bir güzergah üzerindeki hizmet

tarifelerinin, taşıt atamalarının ve tarifelendirilmiş hizmetlerin yerine getirilebilmesi için gerekli iş gücünün vb. konuların belirlenmesini içerir. Bir sistemin iyi bir performans gösterebilmesi, işletme plânını oluşturan elemanlar arasındaki ilişkinin iyi kurulabilmesine bağlıdır.

Bir ulaştırma sistemindeki tıkanıklık; istem artışından dolayı birim başına ortalama işleme süresinin ya da ortalama sistemi kullanma süresinin artışından oluşur. Tıkanıklığın önemli olduğu istem düzeyi, sistemin kapasite yoğunluğuyla belirlenir (şekil 3. B.). Fiziksel kapasite, herhangi bir koşul altındaki sistemin, geçirebileceği maksimum taşıt sayısıdır. Fakat bu kapasite türünde çok uzun gecikmelere yol açılabilir. Pratik kapasitenin belirlenmesinde ise, bu gecikmeler çok daha toleranslı limitlerde seçilebilir.



Şekil 3. e. a.) Hız-Hacim ilişkisi. b) Yoğunluk-Hız ilişkisi.

Daha önce de ifade edildiği gibi, ulaştırma sistem performansı kullanıcıları, işletmecileri ve diğer ilgili birimleri etkiler. Bu etkiler şöyle özetlenebilir.

Kullanıcılar: Bir sistem kullanıcılarını etkileyen performans elemanları şunlardır. Başlangıçtan son noktaya kadarki toplam seyahat boyunca sunulan toplam hizmet düzeyi, toplam seyahat süresi, toplam taşıt dışı süre, toplam seyahat maliyeti,

zarar ve kayıp ihtimâli, maksimum bekleme süresi, maksimum yürüme mesafesi.

Toplam hizmet düzeyi, seyahat sırasında kullanılan linklerin ya da altsistemleri herbirinin sunduğu hizmet düzeylerinden oluşur. Bir bütün olarak sistemin performns fonksiyonu, sistemdeki herbir elemanın performansının bir fonksiyonudu

İşleticiler: Genelde, bir ulaştırma sisteminin herbir altsistemi farklı bir organizasyon tarafından kontrol edilir. Bundan dolayı, bir sistemde farklı birkaç işletmeci vardır. Herbir işletmeci genellikle de yalnızca kendi altsisteminin performansı ile ilgilenir. Kaynak tüketimi, parasal maliyet gerektirdiğinden, bir işletmeci tarafından dikkate alınan ilk elemandır. Hizmet ise, işletmecinin kârını etkileyen bir parametre olduğu için, öncelikle dikkate alınan diğer bir elemandır. Yani, bir işletmeci için, sistemin performansını değerlendirirken önemli olan, hizmet karşılığı olarak sağlayacağı brüt gelir ile kaynak tüketimi farkından oluşan net kârdır.

Bir sistemin oluşturulması ve işletilmesinde bir kaynak girdisine gerek vardır. Ulaştırmada kaynak tüketiminin gerekli olduğu alanlar tablo 3.2'de gösterilmiştir. Kaynak tüketimi bir çok sınıfa ayrılabilir. Kaynaklar, bir sistem inşa edilirken, sistemin koşulları iyileştirilirken ve sistem işletilirken tüketilir. Bir araziyi, bir kullanımdan başka bir kullanıma almak ve işgücü de diğer bir tür kaynak tüketimidir. Bu tür kaynak tüketimine mevcut kalitenin bozulması ile ilgili tüketimler de katılabilir. Hava kirliliği ve gürültü gibi.

Diğer birimler: Kullanıcı ya da işletici olmayan gruplar da, belirli bir sistemi ya da altsistemin kaynak tüketiminin sonuçlarından; sosyal, ekonomik ya da çevresel koşulların değişmesi nedeniyle etkilenirler.

Sosyal Etkiler:

Bir fiziksel enerji taşıma sistemi

Ev ve işyerlerinin yer değiştirme etkisi

Toplum kohzyonu artırma etkisi

Sosyal çevre geliştirme etkisi

İş Gücü:

Taşıt işletimleri
Sabit ulaştırma tesislerinin işletimi
Taşıt bakımı
Sabit ulaştırma tesislerinin bakımı
Yönetim sistemi
Taşıt fabrikasyonu
Sabit ulaştırma tesislerinin fabrikasyonu.

Malzeme:

Taşıt fabrikasyonu (metaller, kauçuklar, plastikler vb.)
Sabit ulaştırma tesislerinin inşası (çimento, çelik vb.)
Sistem işletmesinde, enerjiden başka tüketilen malzemeler (kağıt vb.)

Arazi:

Sistem için sabit tesisler (yönetim ve aktarma birimleri)
Malzeme üretimi için sabit tesisler.

Enerji:

Sistem işletimi için güç
Taşıt işletimi için güç
Ulaştırma tesisleri için güç.

Çevresel Bozulma:

Hava kalitesi
Gürültü düzeyi
Su kalitesi
Koku.

Sosyal Etkiler:

Bir fiziksel engel olarak sistem
Ev ve işyerlerinin yer değiştirme etkisi
Toplum kohezyonu üzerindeki etkisi
Sosyal denge üzerindeki etkisi

Estetik Ektiler:

Sistemin dışardan görünüşü

Sistemin kullanıcıya olan görünüşü

Sistemden çevrenin görünüşü.

Tablo 3.2. Bir ulaştırma sisteminin inşasında ve işletilmesindeki kaynak tüketimleri.

4.BÖLÜM

KENTSEL ULAŞTIRMA PLANLAMASI SİSTEMİ

4.1. Kentsel Ulaştırma Planlaması İşleminin Günümüze Kadar Gösterdiği Gelişim/4

1950 li yılların öncesinde ve başlarında,kentsel alanların ulaşım planlaması için önem verilen parametreler,kullanıcı için maliyetler ve faydaları.Gerçekte,bu yıllarda günümüze göre ulaştırma planlaması alanında yapılan işlemler çok basit ve hemen hemen hiç yok gibi idi.Planlama işlemi,trafik sayımlarından elde edilen gelecekteki trafik tahmini ile,tahmin edilen hacimlerin mevcut kapasitelerle mukayesesinden oluşmakta idi.4 no lu kaynakta da belirtildiği gibi ,ulaştırma planlamasından bahseden ilk kitap,1951 yılında yayımlanmıştır.Bu kitabın yaklaşık yüzde sekseni;geometrik dizayna,zeminlere,drenaja,yol malzemelerine ve bu gibi konulara ayrılmıştır.Bu kitabın yalnızca on beş sahifesi,modelleme çalışmalarından hiç bahsetmeksizin kentsel trafik ve park etüdülerine ayrılmıştır.Maliyetler,yollar ve taşıtlar için dikkate alınmış;faydalar ise,mesafeden,taşıt işletim maliyetinden,belirli bir mesafeyi katetme süresinden ve kaza sayısından kazançlar vasıtasıyla ifade edilmiştir.

1950 li yıllarda planlama,kentsel ulaştırma planlaması işleminin teknik yönünün geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar şeklinde gerçekleştirilmiştir.Başlangıçta toplanan verilerin analizi,kompitür tekniği gelişmediğinden çok güç ve pahalı bir işti.Etüdler ise,ev görüşmeleri ile seyahat örneklerini ve ulaştırma ile ilgili birimlerin demografik özelliklerini belirtmeyi içeriyordu.Bu dönemde;arazi kullanımı,yoğunluklar ve yerleşim ile ilgili çok büyük miktarda veri toplanmıştı.Toplanan veriler daha sonra,karayolu ve kitle ulaştırma ağı üzerinde gelecek yirmibeş yıllık periyot boyunca oluşacak seyahatlerin tahmini gibi metodların geliştirilmesinde kullanılmıştı.Fakat yine de en büyük önem,ulaştırma etüdü işleminin nasıl yapılması gerektiği

üzerinde idi. Bir çok araştırmacı bu konuda bir çok şemalar oluşturmuşlardı fakat çözülmeye çalışılan problemler hep aynı idi. Bu problemler şunlar idi:

- 1-Kazalar,
- 2-Tıkanıklıklar,
- 3-Yetersiz yatırımlar,
- 4-Erişebilirlik yetersizliği,
- 5-Sistemin yarattığı çirkinlik,
- 6-Gerilim ve konforsuzluk, gürültü ve sıkıntı,
- 7-Hava kirliliği.

Birincil önem , ilk üç faktöre verilmişti ve gelişme kaydedildikçe diğerleri de tanınmaya ve tanımlanmaya çalışılıyordu. 1950 li yılların sonuna doğru planlama ile ilgili bazı gelişmeler kaydedildiğinde, planlama işlemi kentsel alanlar ve kitle ulaştırması üzerinde yoğunlaştırılarak uygulanmıştı. İlk defa, "The Highway Act of 1962" adlı kitapta , merkezinde ellibinden fazla nüfusun bulunduğu tüm kentlerde; detaylı, koordineli ve sürekli bir planlamaya gerek olduğunun önemi belirtilmişti. Bu gereksinim ifadesinden sonra, bir çok kentin ve devletin karayolu ile ilgili brimleri, kendi kentlerinin ulaşımını planlamaya yöneltmiştir. Bu planlama çalışmaları esnasında, birkaç kentsel ulaşım ve ulaştırma ile ilgili problem ortaya çıkmıştı ve böylece yalnızca ileriye yönelik trafik tahminini içeren modellerin daha farklı düşünülmesi gerekliliği doğmuş oldu. Ortaya çıkan en önemli problemlerden biri, kentlerdeki kitle ulaşımının durumu idi. "The Urban Mass Transportation Acts of 1964 ve 1966" adlı iki ayrı kongrede; ömrünü tamamlamış techizat, kötü hizmet v.b. problemlerle birlikte , transit taşımacılıktaki finansal yetersizlikten bahsedilmiştir. Bu kongrelerde sunulan çalışmaların sonuçları çok önemlidir. Bir seri araştırmadan sonra yeni teknolojiler tanımlanmış ve bazıları da test edilmiştir. Bu teknolojiler; ana aktivite merkezleri, ray otobüsleri, dial-a-ride sistemleri v.b. için değişik taşıyıcı sistemleri içermektedir. Bu teknolojiler "Park and Ride " sistem gibi basitten , isteğe bağlı hizmet veren Para Transit sistemler gibi makemmel denilebilecek alternatiflere kadar bir dizi sistemden

oluşmaktaydı.Bu teknolojilerin bazıları finansal açıdan başarılı çözümler değildi,fakat,en azından yalnızca kitle ulaştırması için karayolu inşaaası gibi uygulanabilir çözüm fikirlerinin üretilmesine yardımcı olmuşlardır.

Bu kongrelerden sağlanan ikinci sonuç ise,hümanistik açıdan çok önemlidir.Bu sonuca göre,kentsel alanlarda yaşayan büyük orandaki insan sayısına,oto-karayolu ağırlıklı bir ulaştırma sisteminin hizmet götüremeyeceği anlaşılmıştır.Bu sonuç ,kentsel ulaştırma planlaması işlemine yeni bir boyut kazandırmıştır.

1970 i takip eden yıllarda kentsel ulaştırma planlaması için çok önemli üç kongre gerçekleştirilmiştir.Bunlardan birincisi,"Urban Mass Transportation Act of 1970" dır.Bu kongrede tartışılan en önemli konu,kitle ulaştırması için daha fazla kaynağın ayrılması gerekliliği idi.Diğer iki kongrede çok önemli idi.Çünkü,ulaştırma planlamasında dikkate alınan faktörlerin genişlemesine ve metropoliten bölgelere,kentsel ulaştırma ile ilgili tüm federal yardım projelerini eleştirerek yardımcı olmuştur."National Enviromental Policy Act of 1969" adlı kongrede ise federal yardım projeleri için,ihtiyaç duyulan çevresel etki ifadeleri geliştirilmiş ve onaylanmıştır.Dikkat edilmelidir ki,çevre kelimesi yalnızca hava,su,gürültü kirlenmesini değı,aynı zamanda sosyal,ekonomik,estetik,askeri ve diğer ilgili etkileri de içermektedir."National Enviromental Policy Act of 1969 "plancıları ve projecileri tüm önemli etkileri hesaba katmaya zorlamıştır.Bu kongre ile birlikte hava ve gürültü kirlenmesi gibi önemsenmeyen fakat sürekli büyüyen problemler artık önemsenmek zorunda idi.Böylece,bu tip problemleri önlemeye hiç değilse durdurmaya yardımcı olacak yeni plan ve stratejilerin oluşturulması gerekmekte idi.Fakat bazı etkilerin belirlenmesi ve tanımlanması oldukça güçtür ve bazı etkiler diğerlerine anti tez oluşturmakta idi.Bu durum bugün de hemen hemen aynıdır.Yeni teknolojik gelişmeler ortaya çıkmadıkça daha az hava kirliliği, gürültü veya enerji tüketimi ile daha konforlu ve daha uygun koşullarda

seyahat etmek için başka yol mevcut değildir.

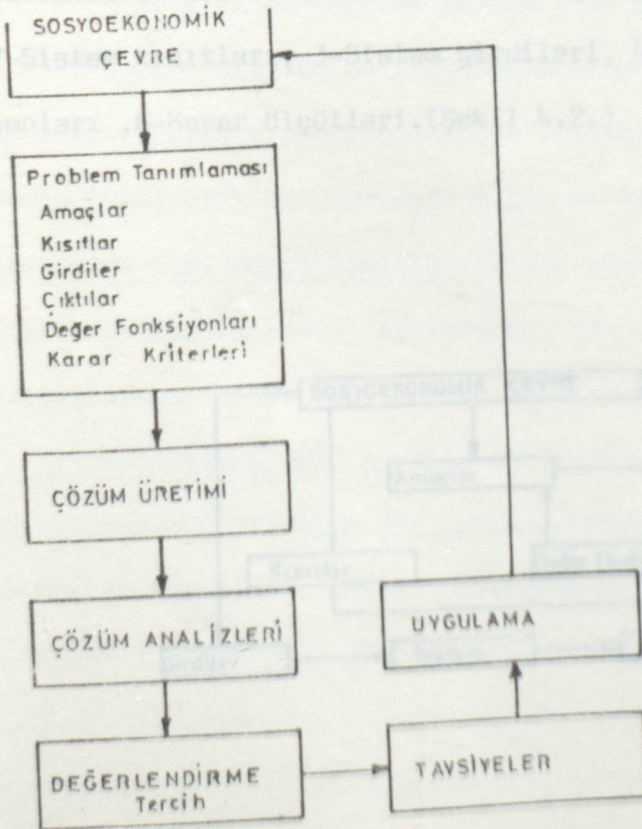
Geçmişte elde edilen bu gelişmeler yardımı ile oluşturulan planlama işlemleri günümüzde hala gelişmeye muhtaç ve hertürlü etkiyi hesaba katıp çözüm üretmek için tam değildir.

4.2.Kentsel Ulaştırma Probleminin Çözümü./2/

Bir kentsel ulaştırma probleminin çözümünde beş aşama söz konusudur.

- 1-Problemin tanımlanması,
- 2-Çözüm üretimi,
- 3-Çözüm analizi,
- 4-Değerlendirme ve tercih,
- 5-Uygulama.

Bu aşamalar diyagram 4.1 de gösterilmiştir.

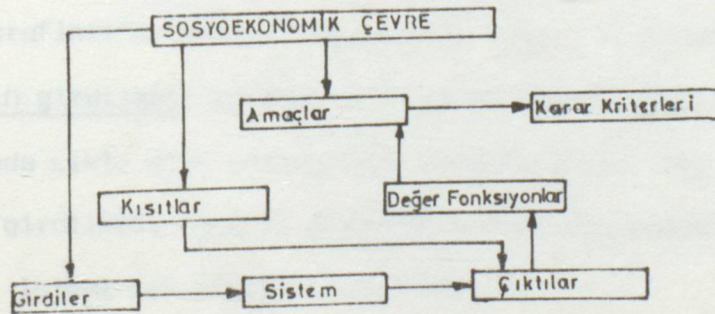


Sekil 4.1. Bir Planlama Sisteminin Aşamaları

Bir kentsel problem çözümüne geçilmeden önce bilinmesi gereken ,bir sistem ve o sistemin çevresini oluşturan elemanlar arasında ki etkileşimdir. Bir sistem;belirli hedef ve amaçlara yönelik girdiler kullanılarak sistem hareketinin belirlenmesi için organize edilmiş bir bileşenler takımı olarak tanımlanabilir.Bir çevre ise ,sistem davranışı ile etkilenebilen ve sistemi davranışları ile etkileyebilen sistem dışındaki . elemanlar olarak tanımlanabilir.Sistemler,çevrede oluşan belirli sosyal ve ekonomik hedefleri sağlamak için oluşturulurlar ve bir kentsel problemi tanımlamadaki temel güçlükde sistem ve çevre arasındaki ilişkiyi detaylı bir şekilde belirleyebilmektir.

Herhangi bir problemin çözümlenmesinde ilk aşama problemin iyice anlaşılmasıdır.Bir problem başlangıçta ne kadar detaylı tanımlanırsa,probleme getirilebilecek olası çözüm sayısıda o derece artar.

Problemi tanımlama aşamasının amacı,çevre ve sistem arasında ki etkileşimi belirlemek ve optimal sistemi belirlemek için kullanılabilcek ölçüleri saptamaktır.Bir sistem probleminin uygun özellikleri,aşağıdaki kavramların iyi tanımlanabilmesi ile ortaya çıkarılabilir.1-Sistem amaçları, 2-Sistem kısıtları, 3-Sistem girdileri, 4-Sistem çıktıları, 5-Değer fonksiyonları ,6-Karar ölçütleri.(Şekil 4.2.)



Şekil 4.2. Problem Tanımlama Aşamasının Bileşenleri.

Bir sistemin amaçları; hedeflerin , amaçların ve standartların belirlenmesi ile ortaya konulabilir.

Bir hedef; bir planlamadan elde edilmesi istenen son durumdur. Hedef, soyut terimlerle düşünülenin ideal ifadesi olarak da tanımlanır. Bir hedef hiç bir zaman ulaşılabilecek son nokta değildir.

Bir amaç; hedefe nazaran daha ölçülebilir olup, hedefi tanımlamak için belirlenir. Örnek olarak, bir toplumdaki tüm sosyoekonomik gruplara mutlu ve konforlu bir hayat sağlamak bir hedefdir. Ancak, tüm yerleşim bölgelerinden kentsel aktivitelere toplu taşın araçlarıyla ulaşılabilirliğin maksimize edilmesi bir kentsel ulaştırma sisteminin amacı olabilir ve hedefi sağlar.

Bir sistemin hedef hiyerarşisindeki üçüncü kavram ise standarttır. Bir standart bir amaçtan daha ölçülebilirdir ve yapılabilirliği olan bir koşul ortaya koyar. Örnek olarak, yukarıda bahsedilen amaç şöyle standardize edilebilir. Ulaştırma sistemi, bir aktivite merkezinden diğerine kamu ulaşım hizmetiyle 30 dakikadan daha fazla olmayacak şekilde ulaşımı sağlamaktır.

Amaç ve hedeflerin yapılarının çok nesnel olmasından dolayı, bir biriyle koordineli ve iyi oluşturulmuş hedef, amaç ve standart bir üretimde çok zordur. Ayrıca genel bir değer teorisi olmadığı için, hava kirliliği ve gürültü gibi bazı amaçlar için ölçüm birimlerinin oluşturulması da çok zordur.

Bir sistem üzerindeki kısıtlar; olası çözümlerin çerçevesini sınırlayan çevre karakteristikleri olarak tanımlanır. Ulaştırma sistemiyle ilgili yatırım ve işletme masraflarının üzerindeki parasal kısıt, kısıtlamanın bir örneğidir.

Bir sistemin girdileri; çevreye ait karakteristikler olup, sistem amaçları doğrultusunda çıktı elde edilmesinde kullanılırlar. Bir kentsel ulaştırma sisteminin girdileri, kentsel aktivite merkezleri arasındaki insan ve eşya hareketleri istemi ile ilgili girdilerdir.

Bir sistemin çıktıları; sistem özelliklerinin ve girdilerinin bir fonksiyonu olan ve bir sistemin çevresini direkt etkileyen karakteristikler olarak tanımlanabilir. Sistem çıktılarının boyutları, amaçların sağlanma derecesini belirler.

Ulaştırma sisteminin en önemli çıktısı seyahat süresidir. Bu sistem çıktısının büyüklüğü seyahat isteminin boyutuna ve yolların kapasitesine bağlıdır. Ulaştırma sisteminin diğer direkt çıktıları ise, seyahat maliyeti ve kaza oranlarıdır. Ulaştırma sistemleri aynı zamanda ulaştırma sistemleri, ulaştırma aktiviteleri üzerindeki etkisi gibi indirekt çıktılar da üretir.

Bir kentsel ulaştırma sistemi ile ilgili çıktı değişkenleri değişik birimlerle ifade edilirler. Örnek olarak, seyahat süresi zamanla, kaza oranları kaza sayısı ile ve seyahat maliyeti parasal birimlerle ifade edilir. Bu farklı birimlerdeki sistem çıktısı büyüklerini uygun bir sistem amacına dönüştürmek için, değer fonksiyonu olarak adlandırılan bir mekanizma kullanılır.

Bir değer fonksiyonu, sistem çıktısı büyüklüklerini, ölçülebilir amaç birimlerine dönüştürmek için kullanılır. Ulaştırma sisteminin önemli çıktılarından biri sistem güvenliğidir. Güvenlik çıktısı, bir günde kaza sayısı olarak ifade edilir. Sistem amaçlarından biri sistem güvenliğini maksimize etmek ise ve büyüklüğü parasal birimlerle ifade edilmiş ise, kaza sayısından parasal birime dönüştürme için bir değer fonksiyonu oluşturulmasına gerek vardır. Değer fonksiyonu oluşturulması, kentsel ulaştırma planlaması işleminin en zor işlerinden biridir.

Bir karar kriteri, sistem çıktılarının ölçüm birimlerinin ve sistemin oluşturulması ve inşası için gerekli olan kaynak gereksiniminin ne olacağı konusunda planlamaya bilgi verir. Tüm amaçların parasal olarak ölçülebilmesi için karar kriterlerinin oluşturulması gereklidir.

Sistem planlamasının ikinci aşaması, çözüm üretimidir. Bu aşamanın amacı, amaçları maksimum düzeyde sağlayan ve kısıtları ihlal etmeyen bir

dizi çözüm üretmektir. Günümüzde henüz planlama problemleri için çözüm üretecek diğer zoolara belirli bir zaman periyodunda yapılacak yolculuk seviyesini tahmin etmekte genelleştirilmiş bir yaklaşım mevcut değildir.

Planlama işlemlerinin üçüncü aşaması, çözüm analizidir. Bu aşamanın amacı, bir önceki aşamada üretilen alternatif sistemlerin her biri için olası işletme koşullarını tahmin etmektir.

Planlama işlemlerinde dördüncü aşama, değerlendirme ve tercih aşamasıdır. Bu aşamanın amacı, amaçları maksimum düzeyde sağlayan alternatif sistemleri belirlemektir. Bu aşama için gerekli veriler; sistem analizi aşamasında tahmin edilen sistem çıktıları, değer fonksiyonları ve problem tanımlama aşamasında belirlenen karar kriterleridir.

Son aşama ise uygulama aşamasıdır. Proje yılı için optimum sistem bir önceki aşamada belirlenir ve bu aşamanın amacı da planlama periyodu süresince seçilen sistemin uygulanması için bir strateji belirlemektir.

4.3. Günümüz Kentsel Ulaştırma Planlaması Modelleri /3,4/

Kentsel ulaştırma problemlerinin en önemli aşamasının, "gelecekte oluşabilecek seyahat tahmini" oluşturmaktadır. Bu aşama için kullanılan model sistemlerinin temel tekniğini, "genel paylaşım modeli" (General Share Model) oluşturmaktadır. Kentsel ulaştırma planlamasında kullanılan en yakın model sistemleri "dört aşamalı modeller" ve denge yönteminde kullanılan "istem modelleri" dir.

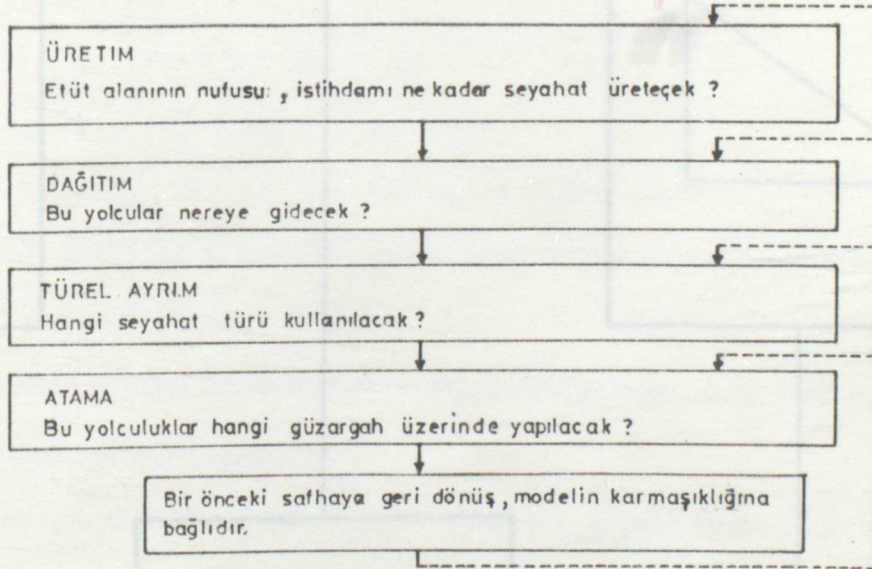
Bu güne kadar bir çok kentte uygulanmış olan dört aşamalı model sistemi ileride tanımlanacak olan genel paylaşım modelinin dört aşamaya bölünmesi ile elde edilmiştir. Bu aşamalar ise; seyahat üretimi (Trip Generation) seyahat dağılımı (Trip Distribütion), türel ayırım (Modal Split) ve yolculukları ulaşım ağına atama (Trip Assignment) dir. İnsan ve eşya hareketlerinin tahmini, bu dört aşamanın sonunda elde edilir (Şekil 4.3.).

Seyahat üretim aşamasının amacı, belirli bir zona ya da bu zondan diğer zonlara belirli bir zaman periyodunda yapılacak yolculuk sayısını tahmin etmektir.

Seyahat dağılım aşamasının amacı, her bir zonda başlayan ve biten toplam seyahat sayısını zon çiftleri arasında belirli olasılık formüllerinin oluşturduğu dağılım modellerini kullanarak seyahat dağılımını tahmin etmektir.

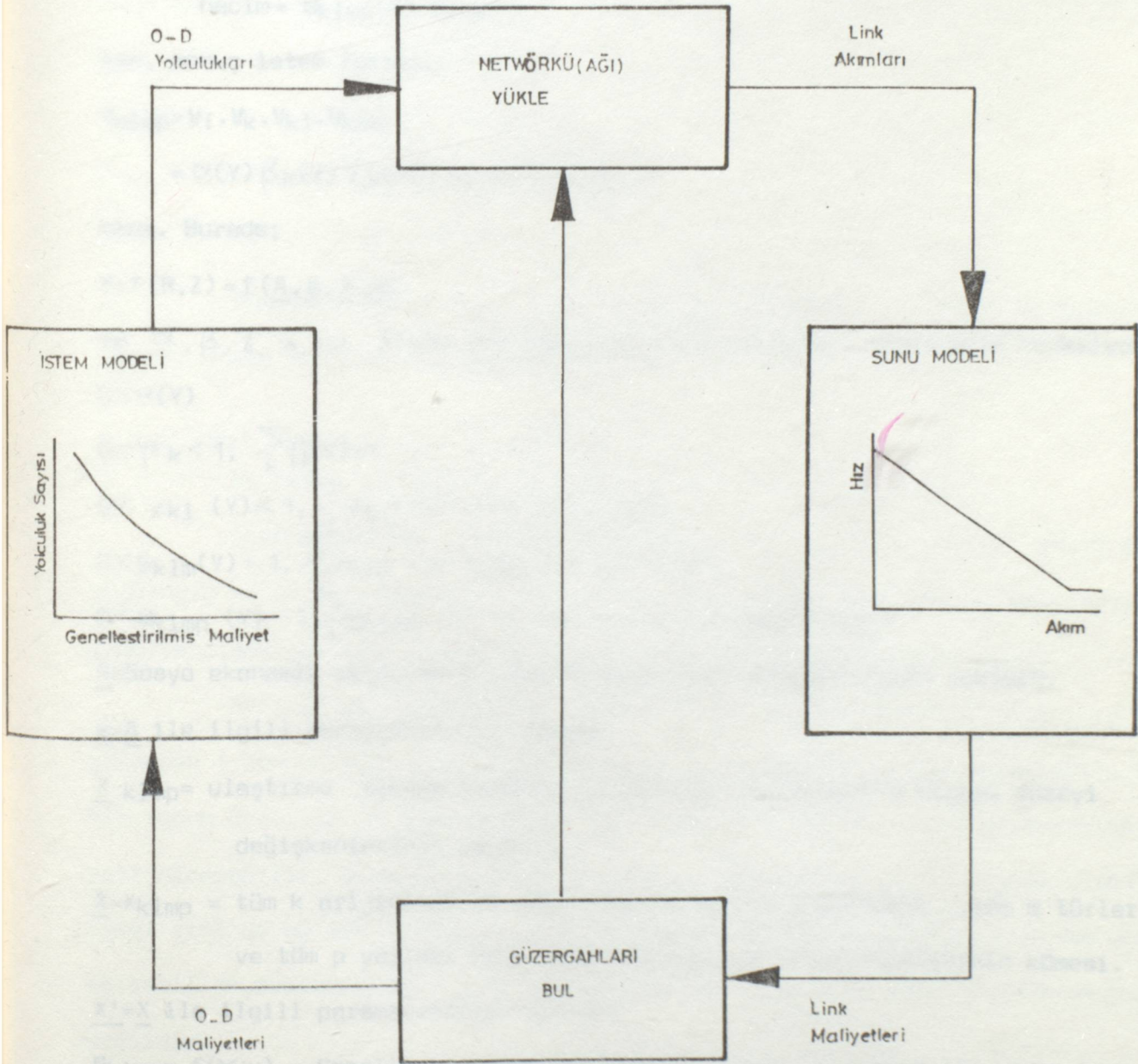
Türel ayırım aşamasında amaç, seyahat edecek insanların bu seyahatlerini hangi oranlarda hangi ulaşım türü ile yapacaklarını belirlemeye çalışmaktır.

Seyahat atama modelleri ise ,kamu yada özel taşıma ağının her bir güzergahını kullanacak yolcuların sayısını belirlemek için kullanılır.Yani seyahat edecek yolcular, ulaştırma sisteminin her bir yoluna atanır.



Şekil 4.3. Dört Aşamalı Model Sistemi

4.3.1. Geniştirme modelleri ise, dört aşamalı modellerin aksine, kentsel ulaştırma probleminde direkt yaklaşır ve insan ve eşya hareketlerini tek bir aşamada tahmin eder. Yani; üretim, dağıtım, türel ayırım ve atama fonksiyonları tek modelde bütünleştirilmiştir. Zaten Genel Paylaşım Modeli'nde detaylı bir istem modelidir. İstem modellerinin temel mantığı şekil 4.4. de görülebilir.



Şekil 4.4. İstem Modelleri

4.3.1. Genel Paylaşım Modeli (General Share Model) /3/

Genel Paylaşım Modeli çok kısa olarak şöyle ifade edilebilir.

$$V_T = \text{Bölgedeki zonlararası toplam yolculuk hacmi} = \alpha(Y)$$

$$V_k = \text{Seyahat üretimi} = k \text{ zonunda üretilen toplam hacim} = \beta_k(Y) V_T(Y)$$

$$V_{k1} = \text{Seyahat dağıtımı} = k \text{ zonundan } l \text{ zonuna giden hacim} = \gamma_{k1}(Y) V_k(Y)$$

$$V_{k1m} = \text{Türel ayırım} = m \text{ türü ile } k \text{ zonundan } l \text{ zonuna giden hacim} = \delta_{k1m}(Y) V_{k1}(Y)$$

$$V_{k1mp} = \text{Seyahat atama} = p \text{ yolunu kullanarak } m \text{ türü ile } k \text{ zonundan } l \text{ zonuna giden} \\ \text{ hacim} = \omega_{k1mp}(Y) V_{k1m}(Y)$$

ise, sonuç istem formülü:

$$V_{k1mp} = V_T \cdot V_k \cdot V_{k1} \cdot V_{k1m} \\ = \alpha(Y) \beta_k(Y) \gamma_{k1}(Y) \delta_{k1m}(Y) \omega_{k1mp}(Y)$$

olur. Burada;

$$Y = f(R, Z) = f(\underline{A}, \underline{a}, \underline{X}, \underline{\omega})$$

ve $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \omega$ Y'nin tüm değerleri için aşağıdaki değerlerin fonksiyonudur

$$0 < \alpha(Y)$$

$$0 < \beta_k \leq 1, \sum_k \beta_k(Y) = 1$$

$$0 < \gamma_{k1}(Y) \leq 1, \sum_l \gamma_{k1}(Y) = 1, \text{ her bir } k \text{ için}$$

$$0 < \delta_{k1m}(Y) \leq 1, \sum_m \delta_{k1m}(Y) = 1, \text{ her bir } k, l \text{ için}$$

$$0 < \omega_{k1mp}(Y) \leq 1, \sum_p \omega_{k1mp}(Y) = 1, \text{ her bir } k, l, m \text{ değeri için}$$

\underline{A} = Sosyo ekonomik aktivite sistemini tanımlayan değişkenlerin vektörü.

\underline{a} = \underline{A} ile ilgili parametrelerin vektörü

\underline{X}_{k1mp} = ulaştırma sistem karakteristiklerini tanımlayan S hizmet düzeyi değişkenlerinin vektörü.

$\underline{X}' = \underline{X}_{k1mp}$ = tüm k orijinleri ve tüm l son noktaları arasındaki, tüm m türleri ve tüm p yolları için hizmet düzeyi karakteristiklerinin kümesi.

$\underline{X}' = \underline{X}$ ile ilgili parametrelerin vektörü

$R_{k1mp} = f(\underline{X}, \omega) =$ Genelleştirilmiş maliyetin, p yolu ve m türü ile k'dan l'ye yolculukları etkilediğinden dolayı, tüm türlerin hizmet düzeyi karakteristiklerinin bileşik etkisi.

$R_{klmp,q}$ = p yolu ve m türü ile k'dan l'ye yolculuk tarafından etkilendiği için,
q türünün hizmet düzeyi karakteristiklerinin bileşik etkisi.

$Z = f(\underline{A}, \underline{a})$ = Tüm aktivite sistem karakteristiklerinin bileşik etkisi.

$Y = f(Z, R)$ = Tüm aktivite sistemlerinin ve tüm hizmet düzeylerinin karakteris-
tiklerinin bileşik etkisi.

Genel Paylaşım Modelinden, Dört Aşamalı Modelin türetebileceği daha
önce belirtilmişti. Şöyle ki;

$V_k = \beta_k(Y)$. V_T = Seyahat üretimi

$V_{k1} = \chi_{k1}(Y)$. V_k = seyahat dağıtımı

$V_{k1m} = \xi_{k1m}(Y)$. V_{k1} = Türel ayırım

$V_{k1mp} = \omega_{k1mp}(Y)$. V_{k1m} = Atama

Böylece, sonuç olarak şu denilebilir: Herhangi bir detaylı istem mode-
aşamalı model sistemine eşdeğerde yazılabilir.

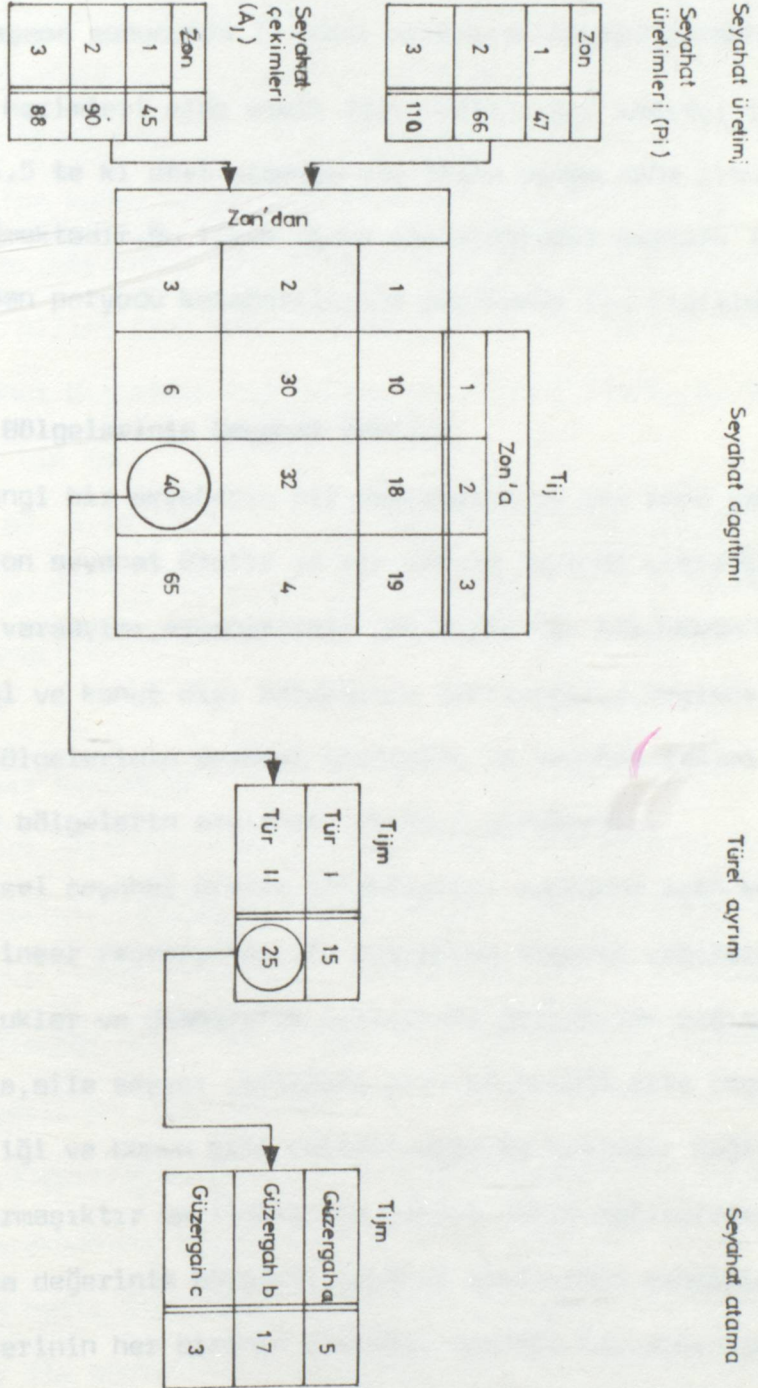
4.3.2. Dört Aşamalı Model Sistemleri /2,4/

Bu model sistemleri şu dört ana aşamadan oluşmaktadır:

Seyahat üretimi, seyahat dağılımı, türel ayırım ve atama. Şekil 4.5,
başlangıç ve bitiş zonlarının, türe ve güzergaha göre üretilen seyahatlerin
şematik olarak bu dört aşamayla nasıl elde edildiğini göstermektedir.

Belirli bir i zonundan j zonuna olan yolculuk sayısı T_{ij} 'nin, j
zonundan i zonuna olan yolculuk sayısı T_{ji} 'ye eşit olması gerekmemektedir. Yani,
bir zonun ürettiği P_i yolculuk sayısı, o zonun çekeceği A_i yolculuk sayısına
eşit olmayabilir. Yalnızca 24 saatlik periyot sonunda $T_{ji} = T_{ij}$ ve $P_i = A_i$ olabilir.
Fakat yine de bu zaman aralığında oluşacak çekim ve üretimlerin, uzun haftasonu
ve tatil seyahatlerinden dolayı, birbirine eşit kabul edilmesi tamamen doğru
değildir.

Genellikle bir zona veya bir zondan diğer zonlara yapılan seyahatler
günün saatlerine üniform dağılmış değildir. Özellikle sabah ve akşam pik saat-



Şekil 4.5. Seyahat tahmin işlem örneği.

lerde oluşan seyahatler günün diğer saatlerine göre daha fazladır. Bu iki pik periyotta üretilecek ve çekilecek seyahatlerin tahmininde planlamacı çok dikkatli olmalıdır. Pik saatlerdeki trafik hacmini tahmin için kullanılan olağan yaklaşım, dört aşama sonucunda 24-saat periyotluk hacmin hesaplanması ve sonuç değerlerin pik hacimleri elde etmek için belirli bir katsayı ile çarpılmasıdır. Böylece şekil 4.5 te ki dört aşamaya bir ilave aşama daha ilave edilmesi gerekliliği doğmaktadır. Bu ilave aşama ise, yirmidört saatlik T_{ijmr} değerlerinin değişik zaman periyodu kategorilerine bölünmesi ile ilgilidir.

4.3.2.1. Konut Bölgelerinin Seyahat Üretimi

Herhangi bir seyahatin bir başlangıcı ve bir sonu vardır. Diğer bir ifade ile, bir zon seyahat üretir ve bir zon da seyahat çeker. Çok yaygın bir basitleştirme varsayımı, seyahatlerin çok büyük bir bölümünün konut bölgelerinde üretildiği ve konut dışı bölgelerce çekildiğidir. Böylece seyahat üretimi, konut bölgelerinin seyahat üretimine ve seyahat çekimi de konut bölgesi olmayan bölgelerin seyahat çekimine eşdeğerdir.

Konutsal seyahat üretim ilişkilerini saptamak için kullanılan en yaygın teknik lineer regresyondur. Bu regresyon tipinin verileri; mevcut bölgesel yolculuklar ve demografik verilerdir. Kullanılan bağımsız değişkenler ise; toplam nüfus, aile sayısı, ortalama aile büyüklüğü, aile başına ortalama otomobil sahipliği ve bunun gibi faktörlerdir. Bu bağımsız değişkenlerin bazıları çok karmaşıktır ve lineer bir yapıya sahip değildirler. Konut birimlerinin ortalama değerinin bölgesel seyahat üretiminin tahmininde kullanılmasının aile üyelerinin her birinin ürettiği seyahat sayısının tahmininden daha güvenilir olmasına rağmen, pratikte kullanılan değerlerle mukayese edildiğinde bu eşitliklerle ilgili korelasyon katsayıları yüksek çıkmıştır.

İfade edildiği gibi, regresyon denklemleri mevcut seyahat ve bölgesel

karakteristikler kullanılarak oluşturulur. Ancak, etüd edilen bir alanda, bölgelerin farklı seyahat davranışlarına sahip olmalarından dolayı, bir çok regresyon denkleminin hesaplanması gerekir. Regresyon denklemleri elde edildikten sonra, saptanan katsayıların ve parametrelerin gelecekte de sabit tutulacağı varsayımı yapılır. Daha sonra, bölgesel karakteristiklerin bilinmesi ile (arazi kullanım modellerinden) tüm bu bağımsız değişkenlerin değeri, regresyon denkleminde yerine konur ve böylece gelecekte ki yolculuk sayısı hesaplanmış olur. Örnek olarak; bir konut bölgesinin ürettiği yolculuğun hesaplanması istenirse konut birimi (X_3) başına gelecekte ki oto sayısı 1.00, bir dönümde (X_2) de on konut biriminin bulunacağı kabul edilirse ve bu bölgede yaşayan aile sayısı iki bin ise,

$$Y_2 = 3.80 + 3.79 (1.00) - 0.0033 (10.0) = 7.56 \text{ şahıs yolculuğu / aile}$$

ve gelecekteki günlük toplam şahıs yolculuk sayısı = $7,56 \times 2000 = 15.120$ seyahat/gün olacaktır.

4.3.2.1.1. Linear Regresyon

Seyahat üretiminin tahmini ile ilgili ilk problem değişkenler arasındaki ilişkinin boyutunun belirlenmesidir. Eğer değişkenler arasında lineer ise ilişki lineer regresyon tekniği yardımı ile belirlenebilir. Şekil 4.6. da da görüleceği gibi X ve Y gibi iki değişken arasındaki lineer ilişki $Y=aX+b$ şeklinde ifade edilebilir.

$Y=aX+b$ eşitliğinde a ve b bilinmemektedirler bu parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Herhangi bir gözlem noktası (X_i, Y_i) ile gösterilirse ve regresyon hattı üzerindeki Y ye karşılık gelen izdüşüm (X_i, Y_i, \hat{Y}_i) değerleri de \hat{Y}_i ile gösterilirse $(Y_i - \hat{Y}_i)$ değeri $X=X_i$ iken Y tahminindeki hatayı gösterir. Bazı hata değerleri negatif bazıları da pozitif çıkabilir. Bu farklılığı önlemek için $(Y_i - \hat{Y}_i)^2$ değerini kullanmak daha doğru olacaktır. Gözlemlenen değerlerle, regresyon hattı üzerine denk gelen değerler arasında

farkların toplamı, toplam hata miktarını verecektir.

$$ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

ESS toplam hata miktarı olduğundan, ESS'yiminimum yapacak lineer regresyon hattını oluşturmak gerekir. Böylece;

$$\hat{y}_1 = ax_1 + b \text{ ve } ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2 \text{ olabilir}$$

ESS'yi minimize etmek için ESS'nin a ve b'ye göre kısmî türevini almak ve daha sonra da sifıra eşitlemek gerekir.

$$\text{ve } ESS = \sum_{i=1}^n y_i^2 - 2a \sum_{i=1}^n x_i y_i + a^2 \sum_{i=1}^n x_i^2 - 2b \sum_{i=1}^n y_i + 2ab \sum_{i=1}^n x_i + nb^2$$
$$\sum_{i=1}^n b^2 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{i} b^2 = \frac{1}{1} b^2 + \frac{2}{2} b^2 + \dots + \frac{n}{n} b^2 = nb^2 \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

Böylece;

$$\frac{\partial(ESS)}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n x_i y_i + 2a \sum_{i=1}^n x_i^2 + 2b \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

ve

$$\frac{\partial(ESS)}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n y_i + 2a \sum_{i=1}^n x_i + 2bn = 0 \text{ olacaktır.}$$

$$\frac{\partial(ESS)}{\partial a} \text{ eşitliğini } \frac{1}{2} \text{ 'ye ve } \frac{\partial ESS}{\partial b} \text{ eşitliğini de } \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \text{ ile çarparsak}$$

$$1- -n \sum_{i=1}^n x_i y_i + na \sum_{i=1}^n x_i^2 + nb \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

ve

$$2- -\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i + a \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) + nb \sum_{i=1}^n x_i = 0 \text{ eşitlikleri elde ederiz}$$

1 eşitliğindeh 2 eşitliğini çıkarırsak ve a'yı çekersek

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \text{ elde edilir.}$$

a değerleri bilinmesiyle daha sonra b hesaplanabilir. Şöyle ki,

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Tüm bu işlemler sonucuda, belirli bir gözlem kümesi için en iyi hat belirlenebilir.

Katlı lineer regresyon ise, birden çok bağımlı değişkenin bulunduğu lineer regresyon türüdür.

$$Y = 3.79 X_1 - 90033 X_2 + 3.80$$

Burada; Y= aile başına günlük şahıs yolculuk sayısı

X₁=konut birimi başına otomobil sahipliği

X₂=Konutsal birim dönüm başına aile sayısı

Bu eşitlik lineer regresyon tekniğiyle elde edilebilir. Şöyle ki;

$$ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Fakat buradaki \hat{y}_i değeri artık bir düzlem üzerindeki ordinatlardan oluşmaktadır.

$$Y = c X_1 + d X_2 + e$$

Böylece,

$$ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - c x_{1i} - d x_{2i} - e)^2$$

Burada;

X_{1i}= i gözlemi için 1 değişkenin değeri

X_{2i}= i gözlemi için 2 değişkenin değeri

$\frac{\partial(ESS)}{\partial c}$, $\frac{\partial(ESS)}{\partial d}$, ve $\frac{\partial(ESS)}{\partial e}$ değerleri hesaplanır ve sıfıra eşitlenip c, d, e, değerleri bulunursa, bulunacak bu değerler düzlem üzerindeki en uygun değerler olacaktır.

4.3.2.1.2 Lineer Olmayan Regresyon Denklemleri.

Bazı ilişkiler lineerlik göstermeyebilir. Bu tip ilişkiler için aşağıda açıklanan regresyon teknikleri kullanılır. Ulaştırma için uygun ilişkiler bulunmasında yaygın olarak kullanılan iki lineer olmayan denklem formu

$$Y = a \cdot X_1^{b1} \cdot X_2^{b2} \cdot \dots \cdot X_n^{bn}$$

ve X arasında lineer ilişkilerin uygulanması ile elde edilen regresyon hatları aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2^2 + \dots + b_n X_1^n + a$$

Birinci eşitliğin parametreleri (a, b, \dots, b_n) , eşitliğin her iki yanına logaritmik dönüşüm uygulanarak saptanabilir. İkinci eşitlik ise lineer regresyon işlem sırası takip edilerek çözülebilir.

$Y = aX_1^{b_1} + aX_2^{b_2}$ şeklindeki bir eşitliğin çözümü için; ilk önce $\log Y = \log a + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2$ şeklinde dönüşüm yapılır. $Z = \log Y$; $g = \log a$; $w_1 = \log X_1$ ve $w_2 = \log X_2$ dönüşüm yapılırsa denklem, $Z = g + b_1 w_1 + b_2 w_2$ şeklini alır.

Bu denklem tipi ise katlı regresyon teknikleriyle çözülebilir bir denklem tipidir.

İkinci tip lineer olmayan regresyon tipinde ise denklem,

$$ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - b_1 x_1 - b_2 x_1^2 - \dots - b_n x_1^n - a)^2$$
 şeklinde yazılabilir.

Daha sonra $\frac{\partial(ESS)}{\partial b_1}$, $\frac{\partial(ESS)}{\partial b_2}$, \dots , $\frac{\partial(ESS)}{\partial b_n}$ değerleri hesaplanır ve sıfıra eşitlenirse katsayılar hesaplanabilir.

4.3.2.1.3. Korelasyon

Korelasyon katsayısı, değişkenler arası ilişkilerin doğruluğunu yada güvenilirliğini belirlemek için hesaplanan bir katsayıdır.

$$TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Bu eşitlikte TSS, ortalamadan sapmalarının karelerinin toplamını ifade eder. Bu ifade Y değişkenindeki toplam değişim miktarının bulunmasını sağlar. ESS ise uygulanan bir lineer regresyondan sonra, sabit kalan bir değişim değeri idi yada hataların karelerinin toplamı idi. Böylece $(TSS - ESS)$ miktarı, Y

ve X arasında lineer ilişkilerin saptanması ile elimine edilen değişim miktarı ifade etmektedir.

$$r^2 = \frac{TSS-ESS}{TSS}$$

eşitliği, ilişki vasıtasıyla elimine edilen "karelerin toplamı " kısmıdır. r^2 belirleme (determination) katsayısını ifade eder ve iyi bir ilişki güvenilirliği indeksidir. Tüm gözlem noktalarına çok yakından geçen bir regresyon hattı düşük bir ESS ve yüksek bir r^2 değeri verecektir. Bunun tersi olduğunda ise ESS yüksek r^2 ise düşük bir değer olacaktır.

Eğer r^2 değerden karekökü alınırsa ,

$$r = \pm \sqrt{\frac{TSS-ESS}{TSS}} \quad \text{olacaktır}$$

Burada,

r =korelasyon katsayısıdır.

Lineer regresyon durumu için , regresyon hattının eğimi pozitif ise korelasyon katsayısı artı işaretli, regresyon hattının eğimi negatif ise korelasyon katsayısının işareti eksidir. r değeri -1 ile +1 arasında değişir.

$r = +1$ değeri en yüksek olası güvenilirliği ifade eder. r değerinin 0' a eşit yada yakın olması ise değişkenler arasındaki olası güvenilirliğin çok kötü olduğunu gösterir.

Şekil 4.7. farklı korelasyon derecesindeki lineer ilişkileri göstermektedir. Bu ilişki tipleri , belirli bir durumda bir korelasyon katsayısının yönü ve boyutu hakkında bilgi sahibi olunması için kullanılır.

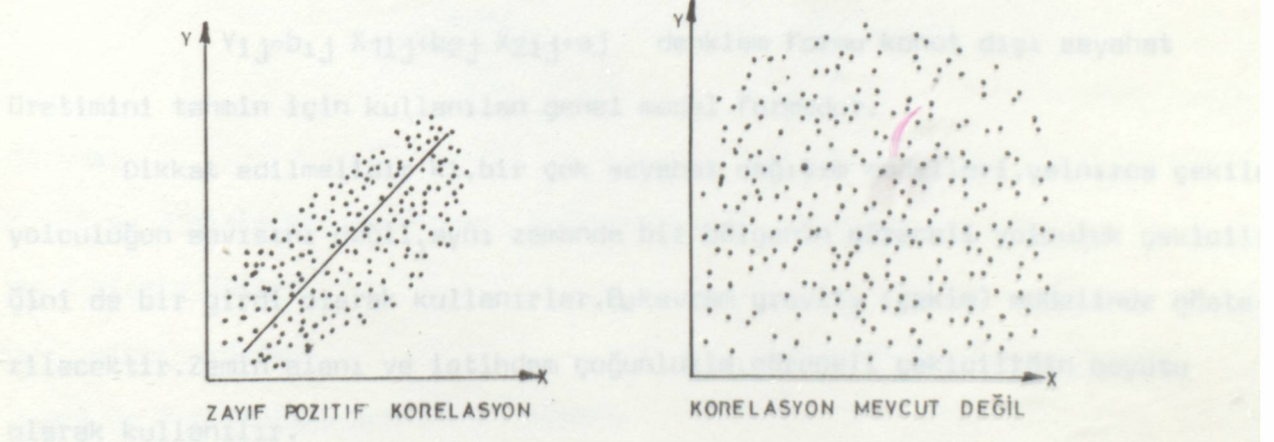
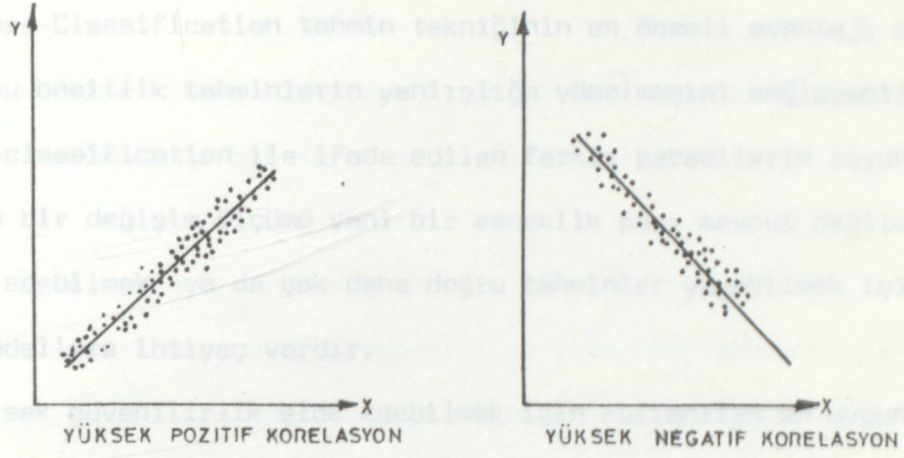
Bir korelasyon ifadesi en geniş haliyle şöyle yazılabilir.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

classification, değişik arazi kullanım aktivite sınıfları (örneğin, ticaret, kamu binaları v.b.) için seyahat etme oranını (örneğin, seyahat eder. Bu oranların gelecekte de aynı tutulacağı varsayılır.

Cross-Classification tahmin tekniğinin en önemli avantajı, genellikle bir cross-classification ile ifade edilen verilerin seyahat üretimi oranı için bir değişkenin bir başka değişkenle ilişkisiyle ilgili elde edilebilir. Bu çok daha doğru tahminler için çok daha kompleks modeller ihtiyacı vardır.

Yüksek pozitif korelasyon, yüksek negatif korelasyon ve class-classification bilgisi ile veri, belirli sınıf için bir regresyon derinliği oluşturmak ile seçilebilir.



4.3.2.3. Seyahat Değişimi Modelleri 47
Şekil 4.7. Korelasyonun Değişik Derecelerinin Şematik ifadesi

4.3.2.2. Konut Dışı Bölgelerin Seyahat Üretimi:

Bu tür seyahat üretiminde en önemli faktör, seyahat etme ve arazi kullanımı arasındaki ilişkidir. Konut dışı seyahat üretiminin tahmini için kullanılan modeller; arazi kullanım aktivitelerinin yoğunluğunu ve sınıflandırmayı nedensel faktörler olarak kullanırlar. Sonuç olarak, bu tip seyahat üretiminin tahmini için modeller, kısaca "cross-classification" olarak tanımlanırlar. Cross-

classification ,değişik arazi kullanım aktivite sınıfları (üretim,ulaştırma, ticaret,kamu binaları v.b.) için seyahat etme oranını (dönüm başına) tahmin eder.Bu oranların gelecekte de sabit tutulacağı varsayılır.

Cross-Classification tahmin tekniğinin en önemli avantajı basitliğidir.

Yine de bu basitlik tahminlerin yanlışlığa yönelmesini sağlayabilir.Çünkü,her bir cross-classification ile ifade edilen farklı parsellerin seyahat üretim oranı için bir değişim ölçümü yani bir esneklik payı mevcut değildir.Bu esnekliği elde edebilmek ya da çok daha doğru tahminler yapabilmek için çok daha kompleks modellere ihtiyaç vardır.

Yüksek güvenilirlik elde edebilmek için kullanılan en uygun yol,regresyon ve class-classification bileşimi ile yani,herbir sınıf için bir regresyon denklemi oluşturmak ile sağlanabilir.

$$Y_{ij}=b_{1j} X_{1ij}+b_{2j} X_{2ij}+a_j \quad \text{denklem formu konut dışı seyahat}$$

üretimini tahmin için kullanılan genel model formudur.

Dikkat edilmelidir ki,bir çok seyahat dağıtım modelleri,yalnızca çekilen yolculuğun sayısını değil,aynı zamanda bir bölgenin göreceli yolculuk çekiciliğini de bir girdi olarak kullanırlar.Bu kavram gravity (çekim) modelinde gösterilecektir.Zemin alanı ve istihdam yoğunlukla,göreceli çekiciliğin boyutu olarak kullanılır.

4.3.2.3. Seyahat Dağılımı Modelleri /4/

Bir bölge tarafından üretilen ya da çekilen seyahat sayılarını tahmin ettikten sonra cevaplanması gereken soru ,bir bölgede üretilen seyahatin ,diğer bölgelere nasıldayıtılacağıdır.Genellikle,trafik dağılımı aşağıdaki parametrelerin bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir.

- 1-Bir etüd bölgesindeki ulaştırma imkânlarının tipi ve büyüklüğü,
- 2-Bir etüd bölgesindeki ,arazi kullanımının yerleşimini ve yoğunluğunu içeren arazi kullanım modeli,
- 3-Bir kentsel alandaki nüfusun değişik sosyal ve ekonomik karakteristikleri.

Trafik dağılımını tahmin için bir çok matematiksel model geliştirilmiştir. Bu modeller; Fratar Growth Factor Model, Gravity Model, The intervening Oppurtunity ve Competing Oppurtunity modeller, The Linear Groph Theory Model ve diğerleridir.

Bu modeller içinde Gravityya da çekim modeli en yaygın ve en çok kullanılan model olduğundan ,diğerlerine göre daha önemlidir.

4.3.2.3.1. Gravity (çekim)Modeli.

Çekim modeli,uzayda ki gezegenler ve yıldızlar arasında oluşan çekim kuvvetini açıklamak için Newton tarafından 1686 'da tavsiye edilen çekim kanunundan uyarlanmıştır.İki cisim arasındaki kuvveti hesaplamak için önerilen çekim modelinin orijinali aşağıdaki gibidir.

$$F_{12} = G \frac{M_1 M_2}{d_{12}^2}$$

Burada;

F_{12} =1 ve 2 cisimleri arasındaki çekim kuvveti

M_1 =1. cismin kütlesi

M_2 =2. cismin kütlesi

d_{12} =1 ve 2 cisimleri arasındaki mesafe

G = bir sabit

Bu formül bir alışveriş seyahati için şöyle hesaplanabilir. M_1 ; bir ikametsele alandaki olası yolculuk kütlesini, M_2 ;alışveriş alanın çekiciliğinin kütlesini ifade eder. d_{12} ise bu iki alan arasındaki mesafedir.Böylece F_{12} bu iki alan arasındaki yolculuk sayısını verir.Bu ilişkiden ,eğer bu iki alanın büyük boyutta olması ya da çekiciliğinin büyük olması durumunda veya iki alan arasındaki mesafenin az olması halinde seyahat sayısı büyük olacaktır sonucuna varılabilir.

Bir kaç rakip çekim alanının hesaba katılması durumunda ,çekim (gravity) seyahat dağıtım modeli şu hali alır;

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j/d_{ij}^b}{(A_1/d_{i1}^b) + (A_2/d_{i2}^b) + \dots + (A_n/d_{in}^b)}$$

burada;

T_{ij} = i bölgesinde üretilen ve j bölgeye çekilen yolculukların sayısı

P_i =i bölgesinde üretilen yolculuk sayısı

A_j =j bölgeye çekilen yolculuk sayısı

d_{ij} =i ve j bölgeleri arasındaki mesafe, genellikle i ve j arasındaki toplam seyahat süresi (t_{ij}) olarak ifade edilir.

b =yolculuk aktarımları üzerinde bölgeler arası mekânsal dağılımın ortalama genişleyen etkisini ifade eden ,ampirik olarak belirlenen bir üs.

Bu formül ifadeleri şöyle açıklanabilir-i bölgesinde üretilen P_i yolculuğun , j bölgeye tahsis edilen yüzdesi ,diğer çekim bölgelerine üretim bölgesinden olan seyahat süresine bağlıdır.Seyahat süreleri (A_{ij}) nin diğerlerine göre olan göreceli çekiciliğini belirler.

Çekim Modeli,yazılım şeklinde bazı değişimler yapılarak şu şekilde genelleştirilebilir.

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{A_1 F_{i1} K_{i1}}$$

Burada F_{ij} seyahat süresi faktörü olarak adlandırılır.(Yukarıda $1/t^b_{ij}$ olarak tanımlanmıştı). k_{ij} ise tanımlanmış sosyal ve ekonomik bağlantıların seyahat modelleri üzerindeki etkisini hesaba katmak için bir bölgeden bölgeye ayarlama faktörü.Seyahat süresi faktörünün başka yazılımlarında mümkündür Şöyle ki;

$$F=atij^{-b}$$

$$F=ate^{-bt^2} + ct + d$$

$$F = \frac{1}{a+bt}$$

Çekim modelinin değişik uygulamaları ,istem modellerinde anlatılacaktır.

4.3.2.3.2. Çekim Modelinin Kalibrasyonu

Bir bölge sendroidinden diğer tüm bölge sendroidlerine bir minimum yol ağacı oluşturulduktan sonra planlamacı kendine gerekli olan tüm gravity (çekim) modeli girdilerine sahip olacaktır ve gelecekteki seyahat dağıtım tahminlerini yapabilecektir.

Şekil 4.9 da görülen örnek minimum yol ağacındaki dört bölgenin ikisi konut,diğer ikisi de alışveriş bölgesidir.Mevcut üretimler ,çekimler ve bölgelerarası seyahatler trafik etüdlerinden elde edilmiş değerlerdir.Bu bölgelerarasındaki seyahat süreleri ise,bölgeleri birbirine bağlayan linkler üzerine yazılmıştır.

Bu örnekte gravity model ile ,mevcut bölgelerarası yolculuk üretimleri hesaplanabilir şöyle ki;

$$T_{13}=500 \left| \frac{300/(1/5)(1)}{300(1/5^2)(1)+800(1/10^2)(1)} \right| = 500 \left(\frac{12.00}{12.00+8.00} \right) = 300 \text{ yolculuk}$$

$$T_{14}=500 \left| \frac{800(1/10^2)(1)}{300(1/5^2)(1)+800(1/10^2)(1)} \right| = 500 \left(\frac{8.00}{12+8} \right) + 200 \text{ yolculuk}$$

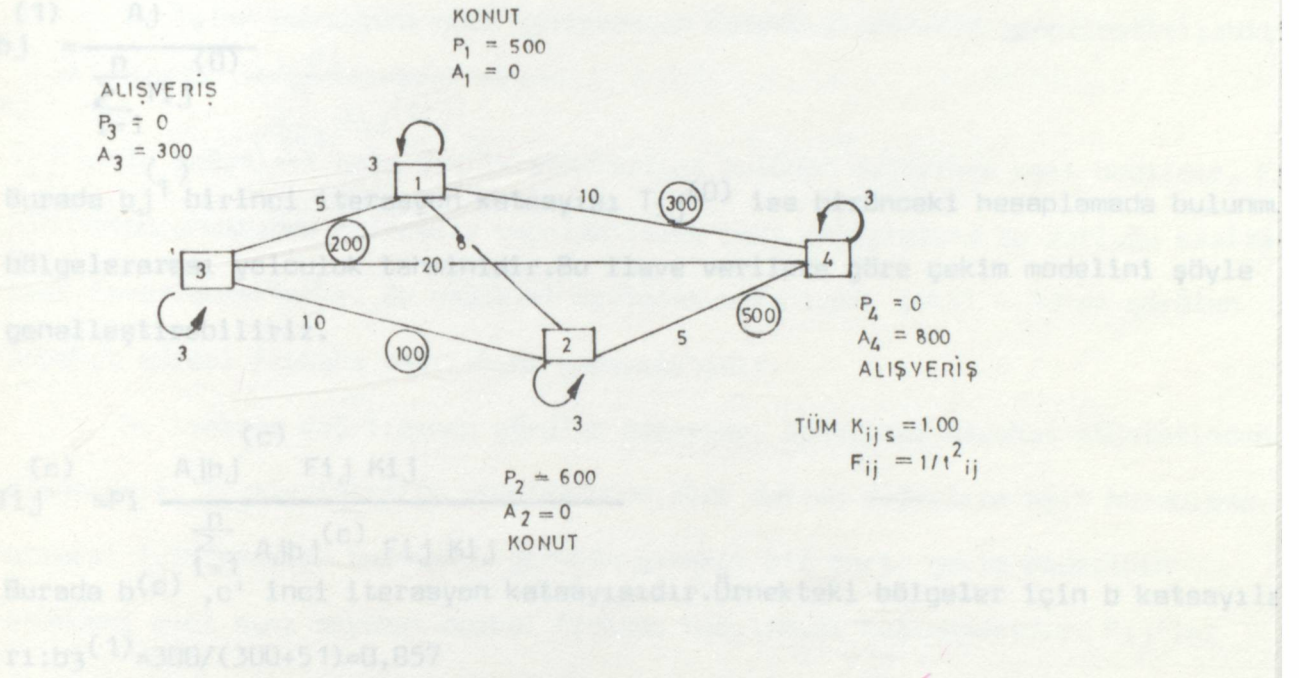
$$T_{23}=600 \left| \frac{300(1/10^2)(1)}{300(1/10^2)(1)+800(1/5^2)(1)} \right| = 600 \left(\frac{3.00}{3.00+32.00} \right) = 51 \text{ yolculuk}$$

$$T_{24}=600 \left| \frac{800(1/5^2)(1)}{300(1/10^2)(1)+800(1/5^2)(1)} \right| = 600 \left(\frac{32.00}{3+32.00} \right) = 549 \text{ yolculuk}$$

ve $T_{11}=T_{12}=T_{21}=T_{22}=T_{31}=T_{32}=T_{34}=T_{44}=T_{41}=T_{42}=T_{43}=T_{44}=0$ dir.

Çünkü bu değerlere karşılık gelen A_j ya da P_i değerleri 0'a eşittir.

Çekim modelinin A_j ya da F_{ij} lerin yeni değerleri ile tekrar kullanılması işlemine iterasyon denir.



Şekil 4.8. Çekim Modeli Kullanımı İçin Örnek Durum.

Hesaplanan bu değerleri ,örnekte daire içinde verilen değerlerle mukayefe ettiğinizde,gravity (çekim) modelinin çok güvenilir bir model olmadığı görülebilir.Çünkü,herbir alana çekilen yolculukla o alanın çekim sayısı birbirine eşit değildir.Örnek olarak: $T_{13}+T_{23}=300+51=351 \neq A_3=300$.

Bu eşitsizliğin oluşmasının iki nedeni vardır.(1) A_j ler,bir bölgenin yolculuk çekimlerinin kesin büyüklükleri değildirler.(2),seyahat süresi yalnız başına,mesafenin neden olduğu etkinin yeterli bir belirtisi değildir.Böylece F_{ij} ile ifade edilen etki $1/t_{ij}^2$ gibi terimlerle ifade edildiğinde yaklaşık değerler verir.

Çekim modeli ile belirlenen bu çekim değerlerinin farklılığı kalibrasyon denilen bir işlem sonunda minimuma indirilebilir.Kalibrasyon işleminde bu değerleri elde edilir.

örnekte ,ilk önce A_j ler daha sonrada F_{ij} ler değiştirilir ve bu işlem birkaç kez ard arda devam eder.

Çekim modelinin A_j ya da F_{ij} lerin yeni değerleri ile tekrar kullanılması işlemine iterasyon denir.

$$(1) \quad b_j = \frac{A_j}{\sum_{i=1}^n T_{ij}^{(0)}}$$

Burada $b_j^{(1)}$ birinci iterasyon katsayısı $T_{ij}^{(0)}$ ise birönceki hesaplamada bulunmuş bölgearası yolculuk tahminidir.Bu ilave verilere göre çekim modelini şöyle genelleştirebiliriz.

$$(c) \quad T_{ij} = P_i \frac{A_j b_j^{(c)} F_{ij} K_{ij}}{\sum_{i=1}^n A_j b_j^{(c)} F_{ij} K_{ij}}$$

Burada $b^{(c)}$,c' inci iterasyon katsayısıdır.Örnekteki bölgeler için b katsayılırlar:
 $b_3^{(1)} = 300 / (300 + 51) = 0,857$

$$b_4^{(1)} = 800 / (200 + 549) = 1,068$$

böylece

$$T_{13}^{(1)} = 500 \frac{300 (0,857) (1/5^2)}{300 (0,857) (1/5^2) + 800 (1,068) (1/10^2)} = 273 \text{ yolculuk}$$

elde edilir.

Benzer hesaplama yolu ile $T_{14}^{(1)} = 227, T_{23}^{(1)} = 42, T_{24}^{(1)} = 558$ ve diğer tüm T_{ij} ler 0 olarak hesaplanır.Böylece bölgenin yeri çekim değerleri,3 bölgesi için $273 + 42 = 315$ ve 4 bölgesi için $227 + 558 = 785$ yolculuk elde edilir.

Yeni doğrulama katsayısı $b_j^{(2)}$,şu denklemden bulunabilir.

$$b_j^{(2)} = b_j^{(1)} \frac{A_j}{\sum_{i=1}^n T_{ij}^{(1)}}$$

$$\text{Örnek için} \quad b_3^{(2)} = 0,857 (300/315) = 0,816$$

$$b_4^{(2)} = 1,068 (800/785) = 1,088$$

değerleri elde edilir.

Burada çekim modeli tekrar kullanılarak; $T_{13}^{(2)}=265$, $T_{14}^{(2)}=235$, $T_{23}^{(2)}=39$ ve $T_{24}^{(2)}=561$ yolcu olarak bulunur. $T_{13}^{(2)}+T_{23}^{(2)}=265+39=304$ ve $T_{14}^{(2)}+T_{24}^{(2)}=235+561=796$ yolcu olacağından bu değerler gerçek çekim değerlerine yakın olduğu için iterasyon işlemine sor verilir.

Bu işlem mantığına göre kalibrasyon katsayısı formülü genelleştirilebilir.

$$b_j^{(c)} = b_j^{(c-1)} \frac{A_j}{\sum_{i=1}^n T_{ij}^{(c-1)}}$$

T_{ij} 'lerin değerleri hala trafik etüdleriyle bulunan değerlere eşit değildir. F'nin hesaplanmasında gelecekte yapılabilecek bazı değişimlerin bu zorluğu azaltacağı tasarlanmaktadır. Bu değişimi üretecek mekanizma, şekil 4.10'da görülen seyahat süresi frekans dağılımını kapsamaktadır.

Bu frekans dağılımında görülen değerler, örnekteki seyahat etüdlerinden alınmıştır. T_{ij} 'lerin trafik etüdlerinden elde edilen değerlere eşit hesaplanabilmesi için modelde bulunması gereken gerekli bir şart, çekim modelinin etüdeki gibi aynı seyahat süresi frekans dağılımını kullanmasıdır. F_{ij} 'ler seyahat süresi ile ilişkili olduğundan bu değerleri değiştirmekle seyahat süresi frekans dağılımı değiştirilebilir ve böylece amaca ulaşılabilir.

Şöyleki:

$$F_{ij}^{(d)} = \frac{F_{ij}^{(d-1)} S_{\Delta t}}{G_{\Delta t}^{(d-1)}}$$

Burada;

$F_{ij}^{(d)}$ = F_{ij} seyahat süresi faktörünün d'inci değiştirilmiş değeri.

$F_{ij}^{(d-1)}$ = F_{ij} seyahat süresi faktörünün (d-1) inci değiştirilmiş değer

$S_{\Delta t} = \Delta t$ zaman aralığına isabet eden seyahat süresinde ölçülen yolculuk sayısı.

$G_{\Delta t}^{(d-1)}$ = Δt zaman aralığına isabet eden seyahat süresinde çekim modeli ile hesaplanan yolculukların (d-1) inci iterasyon sayısı.

Böylece gravity model şu şekilde yazılabilir.

$$T_{ij}^{(c,d)} = P_{ij} = \frac{A_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)} K_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)} K_{ij}}$$

Burada $T_{ij}^{(c,d)}$, çekimlerin c iterasyonunda ve seyahat süresi faktörünün d iterasyonunda elde edilen T_{ij} değerini ifade eder.

Bu formüller Şekil 4.8 deki örnekte uygulanabilir. Şöyle ki;

$b_3^{(2)}=0,816$ ve $b_4^{(2)}=1,088$ daha önce hesaplanmıştı. Bu kalibrasyon katsayıları kullanılarak 3 bölgesine ve 4 bölgesine çekilecek yolculuklar için de uygun değerler hesaplanmıştı. $G_5^{(0)}$ için, $T_{13}^{(2)}+T_{24}^{(2)}=826$ ve $G_{10}^{(0)}$ için $T_{14}^{(2)}+T_{23}^{(2)}=274$ dür. Ayrıca $S_5=700$ ve $S_{10}=400$ yolcudur.

Böylece, $F_{13}^{(1)}=F_{24}^{(1)}=(1/5^2)(700/826)=0,034$

$$F_{23}^{(1)}=F_{14}^{(1)}=(1/10^2)(400/274)=0,015$$

Daha sonra,

$$T_{13}^{(2,1)}=500 \frac{300(0,816)(0,034)}{300(0,816)(0,034)+800(1,088)(0,015)} =195 \text{ yolculuk.}$$

$$T_{14}^{(2,1)}=500 \frac{800(1,088)(0,015)}{300(0,816)(0,034)+800(1,088)(0,015)} =305 \text{ yolculuk.}$$

Benzer hesaplamalardan, $T_{23}^{(2,1)}=66$ ve $T_{24}^{(2,1)}=534$ yolculuk bulunur. Böylece, $G_5^{(1)}=195+534=729$ yolculuk $S_5=700$ yolculuk ile ve $G_{10}^{(1)}=305+66=367$ yolculuk $S_5=400$ yolculuk ile mukayese edildiğinde sonuçların bir iterasyon sonra gerçek ölçüm sonuçlarına yaklaşacağı görülebilir.

İkinci iterasyon için, $F_{ij}^{(2)}$ değerleri:

$$F_{13}^{(2)}=F_{24}^{(2)}=0,034(700/729)=0,0326$$

$$F_{23}^{(2)}=F_{14}^{(2)}=0,015(400/371)=0,0162$$

Böylece,

$$T_{13}^{(2,2)}=500 \frac{300(0,816)(0,0326)}{300(0,816)(0,0326)+800(1,088)(0,0162)} =181 \text{ yolculuk}$$

bulunur.

Benzer hesaplamalardan, $T_{14}^{(2,2)}=319$, $T_{23}^{(2,2)}=74$ ve $T_{24}^{(2,2)}=526$ yolculuk bulunur. Bu değerler, $G_5^{(2)}=181+526=707$ ve $G_{10}^{(2)}=319+74=393$ yolculuk sonucunu verir. Bulunan bu sonuçların her ikisi de 700 ve 400 arzulanan toplamlarına çok yakındır.

Tüm bu hesaplamalara rağmen, ihtiyaç duyulan değişiklik yeterli değildir. Çünkü, $T_{13}(2,2)+T_{23}(2,2)= 181+74=255 < A_3=300$ ve $T_{14}(2,2)+T_{24}(2,2)= 319+526= 845 > A_4=800$ dür. Sonuç olarak yeni bir A_j iterasyonu yapılmaktadır.

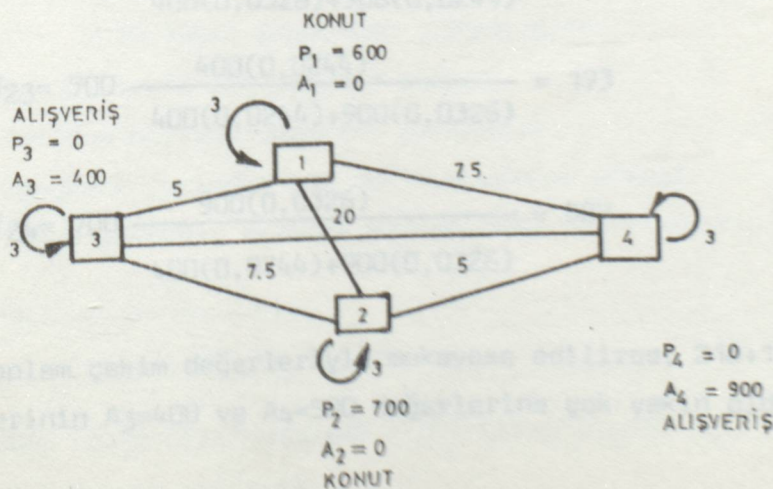
$$b_3(3) = (0,816)(300/255) = 0,961$$

$$b_4(3) = (1,088)(800/845) = 1,029$$

Bu değişimler sonucu yeni çekim değerleri, sırasıyla; $T_{13}(3,2)=206$, $T_{14}(3,2)=295$, $T_{23}(3,2)=89$ ve $T_{24}(3,2)=511$ yolcu olur. Seyahat çekimlerinin yeni değerleri $T_{13}(3,2)+T_{23}(3,2)= 206+89= 295$ ve $T_{14}(3,2)+T_{24}(3,2)= 805$ olduğundan ve 5 dakika aralığındaki yolculukların sayısı 717 ve 10 dakika aralığının ise 383 olduğundan iterasyona bu aşamada son verilebilir. Bu örnek için, çekim modelleri son durumu şu şekli alır.

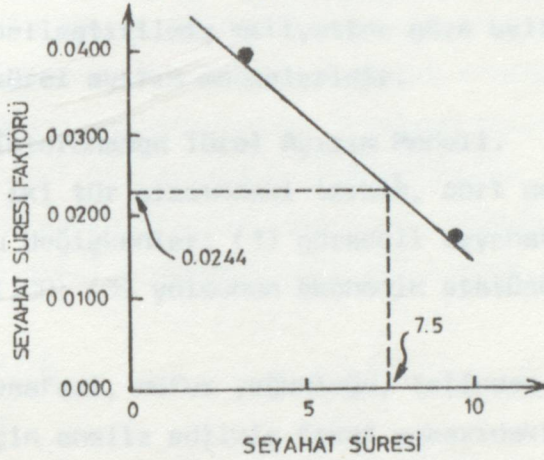
$$T_{ij} = P_i \frac{A_j b_j(3) F_{ij}(2) K_{i,j}}{\sum_{j=1}^n A_j b_j(3) F_{ij}(2) K_{i,j}}$$

Bu model, verilen örnek durumu için bölgelerarası seyahatlerin gelecekteki sayısını hesaplamada kullanılacak seyahat dağıtım modelidir. Tamamen kalibre edilmiş bir model elde ettikten sonra, planlamacı gelecekteki seyahat dağılım tahminini yapabilir. Örnek olarak; bir önceki örnekte kullanılan kalibre edilmiş modeli kullanarak, gelecekteki minimum yol ağacında şekil 4.9'de görülen değişimleri olacağını varsayarak seyahat dağıtım tahmini yapılabilir.



Şekil 4.9. Çekim Modeli Kullanımı İçin Örnek Gelecek Durum

Tahmin aşamasında ilk adım, 7,5 dakika zaman aralığı için seyahat süresi faktörü hesaplamaktır. Bu hesaplama genellikle şekil 4.10' da görüldüğü gibi yapılır. 5 ve 10 dakikalık zaman aralığı için seyahat süresi faktörü bilindiğine göre, bu bilgiler ışığında oluşturulan doğru üzerinde entropolasyon işlemi uygulanarak 7,5 dakika zaman aralığına karşılık gelen seyahat süresi faktörü hesaplanabilir. Bu örnek için Fij (7,5 dak.) 0,0244'dür.



Şekil 4.10. Final Kalibrasyon Aşaması Seyahat Süre Faktörleri ve Seyahat Süreleri Arası İlişki.

Bir sonraki aşama ise, yeni üretim, çekim ve seyahat süresi faktörünü kalibre edilmiş modelde kullanmaktır. $-b_j(c)$ değerleri model kalibre edildiği için bir kabul edilir. Böylece;

$$T_{13} = 600 \frac{400(0,0326)}{400(0,0326)+900(0,0244)} = 218$$

$$T_{14} = 600 \frac{900(0,0244)}{400(0,0326)+900(0,0244)} = 382$$

$$T_{23} = 700 \frac{400(0,0244)}{400(0,0244)+900(0,0326)} = 173$$

$$T_{24} = 700 \frac{900(0,0326)}{400(0,0244)+900(0,0326)} = 527$$

Çekimler toplam çekim değerleriyle mukayese edilirse, $218+173= 391$ ve $382+527= 909$ değerlerinin $A_3=400$ ve $A_4=900$ değerlerine çok yakın olduğu görülür. Bu yüz-

den bu değerler final bölgelerarası yolculuk sayıları olarak kabul edilebilir.

4.3.2.3. Türel Tercih (Türel Ayırım) Analizi. /2,4/

Seyahat dağıtım aşamasından bir sonraki tahmin aşaması türel tercihleri belirlemek amacını taşır. Bu aşamada bölgelerarasında yolculuk yapacak kişileri, bu yolculukları hangi ulaştırma türü ile hangi oranda yapacakları tahmin edilecektir. Bu amacı sağlamak için "The Trip İnterchange" türel ayırım modeli eğer yalnızca transit ve otomobil gibi iki ana ulaştırma türü söz konusuysa, oldukça uygun bir modeldir. Türel ayırım analizi için diğer önemliler ise seyahatin genelleştirilmiş maliyetine göre belirlenen türel ayırım ve bağımlı ve tercihlili türel ayırım maddeleridir.

4.3.2.3.1. The Trip İnterchange Türel Ayırım Modeli.

Bu modelde iki tür arasındaki tercih, dört değişkenin bir fonksiyonu olarak belirlenir. Bu değişkenler; (1) göreceli seyahat süresi, TTR; (2) göreceli seyahat maliyeti, CR; (3) yolcunun ekonomik statüsü, EC; ve (4) göreceli hizmet düzeyi, L.

Yolculuk mesafesi, nüfus yoğunluğu, istihdam yoğunluğu v.b. değişkenler türel ayırım için analiz edilmiş fakat yukarıdaki dört değişkenle yüksek derecede ilişkili olmaları görüldüncelaveten kullanılmalarına gerek olmadığı kanısına varılmıştır.

Göreceli seyahat süresi şu formülle tanımlanır.

$$TTR = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{X_6 + X_7 + X_8}$$

Burada;

- X₁= Toplu taşıma aracında (TTA) harcanan süre
- X₂= Toplu taşıma araçları arasındaki transfer süresi
- X₃= Bir toplu taşıma aracını bekleme süresi
- X₄= Toplu taşıma aracına binmek için yürüme süresi
- X₅= Toplu taşıma aracından yürüme süresi
- X₆= Otomobil ile seyahat süresi
- X₇= Son noktada parketme gecikmesi
- X₈= Park yerinden son noktaya yürüme süresi.

İkinci değişken göreceli seyahat maliyetinin formülasyonu ise şöyledir:

$$CR = \frac{X_9}{(X_{10} + X_{11} + X_{12} \times 0,5)(X_{13})}$$

Burada;

- X₉= Toplu taşıma aracına (TTA) binme ücreti
- X₁₀=Benzin maliyeti
- X₁₁=Yağlama ve yağ değiştirme maliyeti

4.3.2.3.2. X_{12} = Son noktada park etme ücreti

X_{13} = Ortalama otomobil doluluğu.

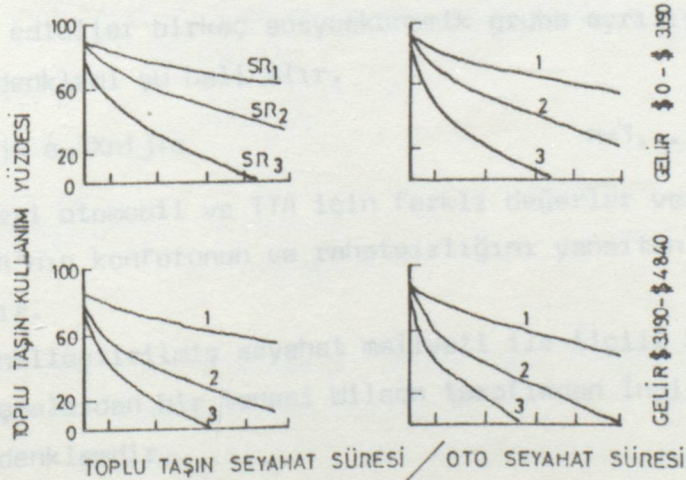
Paydanın otomobil doluluk sayısına bölünmesinin ve park ücretinin yarısının alınmasının önemi otomobil maliyetinin tek yönde ve tek yolcu başına maliyet cinsinden hesaplanıp TTA ile mukayese edilebilir hale getirilmek istenmesindedir. Ayrıca, otomobil maliyetinin hesaplanmasında yalnızca taşıtın bir günlük kullanımı için cepten çıkan maliyet hesaba katılmıştır. Lastik değişimi, sigorta gibi uzun dönemde etkili olan parametreler dikkate alınmamıştır. Çünkü, bu parametreler kişinin günlük yolculuk kararını etkilemez.

Üçüncü değişken olan yolcunun ekonomik statüsü (EC), Direkt olarak seyahat üretim bölgesinde çalışan başına ortalama gelir vasıtasıyla tanımlanır. Son değişken olan seyahat hizmetinin (L) belirlenmesi, içeriğinin oldukça çok ve ölçülemez parametrelerden oluşmasından dolayıdır. Trip Interchange türel ayırım modelinde L değişkeni aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$L = \frac{X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{X_7 + X_8}$$

Bu değişkenlerin her biri daha önce tanımlanmıştır.

Bir çok analist bu değişkenleri yorumlayabilmek için, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirleme yoluna gider. Bu ilişkiyi belirleyebilmek için de katlı regresyon gibi bazı istatistiksel işlemleri kullanırlar. Fakat ilişki belirlemedeki en kolay yol grafiksel gösterimdir. Trip Interchange Türel Ayırım Modelinde, grafik basitliği için CR, L ve EC değişkenleri alt kategorilere bölünür ve daha sonra regresyon denklemleri her bir kategori için iki değişken arasında ilişki kurar. Bu değişkenler, yolcuların TTA'ya tercih oranları TS ve göreceli seyahat süresi TTR'dir. (Şekil 4.11.).



4.3.2.3.2. DAVRANIŞSAL ESASA GÖRE TÜREL AYRIM MODELLERİ.

Bu modellerin temelini oluşturan kavram, farklı ulaştırma türlerinin kullanılmasının genelleştirilmiş maliyetidir.

4.4.2.3.2.1. Seyahatin Genelleştirilmiş Maliyeti.

Genelleştirilmiş seyahat maliyetinin özü, seyahat edicinin sosyoekonomik karakteristiklerine ilaveten seyahat etme karakteristiklerinden yola çıkılarak türetilmiştir. Genelleştirilmiş maliyet şu formülden tahmin edilebilir.

$$Z_{ij}^m = a_n X_{nij}^m + b_w U_w + c \quad \begin{matrix} n=1, \dots, n \\ w=1, \dots, w \end{matrix}$$

Burada;

Z_{ij}^m = m türü ile i ve j zonları arasındaki genelleştirilmiş maliyet
 X_{nij}^m = m türü ile seyahatin maliyetini yükselten, i ve j zonları arasındaki m modunun n.karakteristiği.

U_w = Bir seyahat edicinin w sosyoekonomik karakteristiği

c = Sabit

a_n, b_w = yolcu ve sistem karakteristiklerinin, genelleştirilmiş seyahat maliyetine göreceli katkılarını yansıtan katsayılar.

İkili türel ayrım durumu için, aşağıdaki genelleştirilmiş maliyet farkı hesaplanabilir.

$$Z_{ij}^* = a_n \Delta X_{nij} + b_w U_w + c \quad \begin{matrix} n=1, \dots, n \\ w=1, \dots, w \end{matrix}$$

Burada;

Z_{ij}^* = i ve j bölgeleri arasında seyahat etmenin genelleştirilmiş maliyet farkı.

ΔX_{nij} = İki tür arasındaki n, sistem karakteristiğindeki farklılık.

Eğer seyahat ediciler birkaç sosyoekonomik gruba ayrılıyorsa, genelleştirilmiş maliyet denklemi şu hali alır.

$$Z_{ij}^* = a_n \Delta X_{nij} + c \quad n=1, \dots, n$$

Eğer Z_{ij}^* değeri otomobil ve TTA için farklı değerler veriyorsa, c sabiti arabaya göre TTA'nın konforunun ve rahatsızlığını yansıtan bir türel ceza olarak hesaba katılır.

Genelleştirilmiş seyahat maliyeti ile ilgili bir çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bir tanesi Wilson tarafından İngiltere şartları için oluşturulmuş denklemdir.

$$Z_{ij}^m = 0,66 d_{ij}^m + 1,32 e_{ij}^m + a_3 S_{ij}^m$$

Burada;

Z_{ij}^m = pens cinsinden m türü ile i ve j bölgeleri arasında seyahat etmenin genelleştirilmiş maliyeti.

d_{ij}^m = i ve j bölgeleri arasında m türü ile taşıt iç süre

e_{ij}^m = i ve j bölgeleri arasında m türü ile seyahat edildiğinde harcanan fazla sürenin dakika cinsinden değeri

S_{ij}^m = i ve j bölgeleri arasında m türü ile mil cinsinden mesafe

$a_3 = 2.00$ otomobil seyahati için

= 3.18 tren seyahati için

= 3.06 otobüs seyahati için

Bu tür çalışmaların çoğu seyahat edicilerin seyahat için fazla süreye büyük değer verdiklerini göstermiştir.

4.3.2.3.2.2. Binary Choice Stochastic Türel Ayırım Modelleri.

Bir ulaştırma türünün tercih edilme olasılığını, genelleştirilmiş maliyetlere göre tahmin etmek için kullanılan üç davranışsal matematik model vardır. Bunlar;

1-Diskirminant Analiz

2-Probit Analiz

3-Logit Analiz

Diskiriminant analiz yaklaşımında temel kural, bir kensel alandaki seyahat edici tercihlerinin kullanılan ulaştırma türüne göre iki grupta sınıflandırılmasıdır. Şekil 4.12 bu metodun özünü grafik olarak göstermektedir. Bir (z') değeri için yolcunun iki türden hangisini seçeceğini tahmin etmek amacıyla takip edilecek en iyi yol, 2. türün ordinatının (z')'ndeki dağılımının 1 ve 2 türlerinin (z')'ndeki ordinatlarının toplamına oranlanmasıdır.

Eğer (z')'nin normal dağıldığı varsayılırsa, bu ikili tercih durumunda türel kullanım tahmini için aşağıdaki eşitlikler oluşturulabilir.

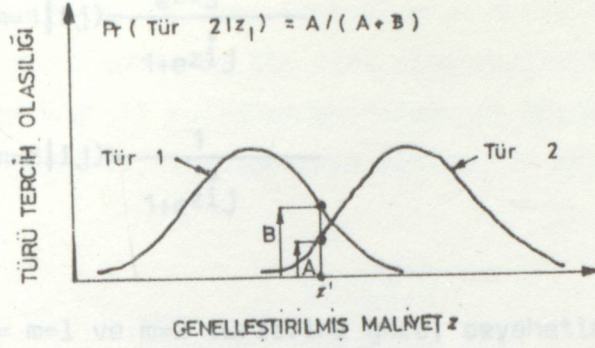
$$Pr(m=1|ij) = \frac{e^{z+\ln(x/y)}}{1+e^{z+\ln(x/y)}}$$

$$Pr(m=2|ij) = \frac{1}{1+e^{z+\ln(x/y)}}$$

Burada;

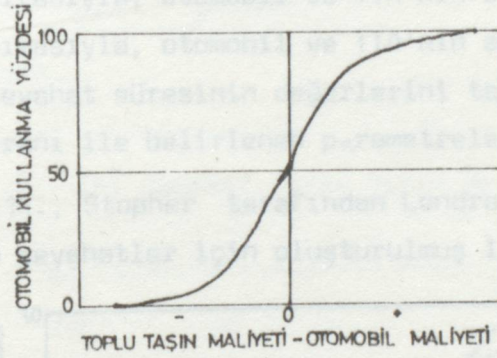
$Pr(m|ij)$ = i ve j bölgeleri arasındaki seyahatlerde bir bireyin m türünü kullanma olasılığı

x, y = Sırasıyla, $m=1, m=2$ gruplarındaki üyelerin öncelik olasılığı



Şekil 4.12. Türel Tercih Tahmininin Diskriminant Fonksiyon Metodu.

Worner, lisco ve Lave, probit analiz olarak bilinen bir istatistiksel analiz tekniğini kullanarak ikili türel ayırım tercih modelleri oluşturmuştur. B kavram şu esasa dayanır: Belirli bir ulaşım türünü tercih eden yolcuların oranını, göreceli seyahat maliyetlerinin değişiki ile değişir. Bu ilişki Şekil 4.13 de görülebilir.



Şekil 4.13. Probit Tip Türel Ayırım Fonsiyonu

Lave 1956 yılında Chicago kenti ile ilgili verileri probit analize uygulayarak aşağıdaki eşitliği oluşturmuştur.

$$Y = -2.08 + 0,00759 kW\Delta T + 0,0186\Delta C - 0,0254 IDC_C + 0,0255A$$

$$R^2 = 0,379$$

Burada;

Y= Pozitif değerlerin TTA kullanıcıları, negatif değerlerin ise otomobil kullanıcılarını gösterdiği bir değişkendir.

$kW\Delta T$ = Türler arasındaki süre farkının yolcu ücret oranı ve kayıp süresinin marjinal faydası ile çarpımından elde edilen bir değer

IDC_C = Pozitif ve negatif değer olan bir konfor değişkeninin, gelir ve seyahat mesafesi ile çarpımından elde edilen değer

A= Yolcunun yaşı

Stopher, stochastik bir türel ayırım fonksiyonu oluşturmak için logit analiz olarak bilinen bir teknik kullandı. Logit model aşağıdaki formülleri içerir.

$$Pr(m=1|i,j) = \frac{e^{z_{ij}^*}}{1+e^{z_{ij}^*}}$$

$$Pr(m=2|i,j) = \frac{1}{1+e^{z_{ij}^*}}$$

Burada;

z_{ij}^* = m=1 ve m=2 türlerine göre, seyahatin genelleştirilmiş fonksiyonlarının bazı fonksiyonları.

Stopher, aşağıdaki formda bir türel ayırım modeli önermiştir.

$$Pr(m=c) + a(c_1 - c_2) + b(t_2 - t_1) + d$$

Burada;

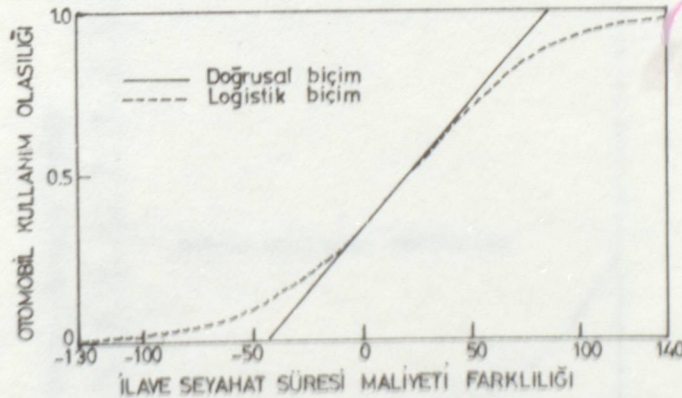
$Pr(m=c)$ = yolculuk için otomobil kullanma olasılığı

c_1, c_2 = Sırasıyla, otomobil ve TTA'nın seyahat maliyeti

t_1, t_2 = Sırasıyla, otomobil ve TTA'nın seyahat süresi

a, b = Seyahat süresinin değerlerini tanımlayan ve ampirik olarak $\frac{b}{a}$ oranı ile belirlenen parametrelerdir.

Şekil 4.14., Stopher tarafından Londra'daki Country Hall'a, işçiler tarafından yapılan seyahatler için oluşturulmuş lineer ve logistik modelleri gösterir.



Şekil 4.14. Stopher'in Lineer ve Logistik Türel Ayırım Modelleri.

Stopher ve Lauender'e göre, diskriminant analiz değerlerine göre daha az kullanışlıdır. Fakat logit ve probit analiz arasında bir farklılık yoktur. Probit analiz türü ise kalibrasyon için değerlerine göre daha fazla süreye gereksinim göstermektedir. Bu üç analiz arasında en kullanışlısı logit analizdir.

4.3.2.3.3. İKİ AŞAMALI TÜREL AYRIM MODELLERİ,

Vandertol ve arkadaşları, bağımlı ve tercihli TTA kullanıcılarının her ikisinin de detaylı bir şekilde ayrı ayrı dikkate alındığı, basit bir iki aşamalı türel ayırım modeli geliştirmiştir, (Şekil 4.15.),

Burada;

P_i^q = q tipi yolcuların i zorunda üretilen iş seyahatlerinin sayısı.

$q=1$ ise bağımlı TTA kullanıcılar

$q=2$ ise tercihli TTA kullanıcılar ifade edilmiştir.

h_i^q = i zorundaki aile sayısı

t_p^q = Aile başına ortalama işçi sayısının ve bir bölgenin ekonomik statüsünün bir fonksiyonu olarak q grubu seyahat ediciler için iş seyahati üretim oranı.

Bir zonlar aile reislerinin gelir dağılımına bağlı olarak, zonlar geniş ekonomik sınıflara bölünebilirler. Her şehirdeki trafik zonlarını düşük, orta ve yüksek gelir düzeyi olarak üç zona ayrılabilir.

Vandertol, aşağıdaki tip gibi yolcu ihtimal vektörü vasıtasıyla, her bir sanayi tipinin meslek kategori dağılımının ifade edilmesini önermiştir.

$$[Pr^q] = [Pr_1^q, Pr_2^q, \dots, Pr_c^q] \quad (3,20)$$

Burada;

Pr_c^q = c meslek kategorisinde bir kişinin q tipi yolcu adayı olma ihtimali

$q=1$ bağımlı toplu taşıma kullanıcısı

$q=2$ tercihli toplu taşıma kullanıcısı

c=1 ana meslek kategorisi (tarım, orman v.b.)

c=2 menecer, meslek sahibi

c=3 memur, satış elemanı

c=4 işçi, hizmet sınıfı elemanları

g tipi yolcular ile herbir j zonuna çekilen iş seyahatleri şöyle tahmin edilebilir.

$$a_{j^g}^q = [Pr_c^q] [r_{ct}] [et_j] \quad (3,21)$$

Burada;

$a_{j^g}^q$ = j bölgesine çekilen q tipi yolcunun iş seyahatlerinin sayısı

$[Pr_c^q]$ = q tipi yolcunun c tipi meslek kategorisinde olma ihtimalinin bir dizi vektörü

$[r_{ct}]$ = Bir c meslek sınıfının t tipi bir endüstride bulunma ihtimalinin bir cxt matrisi

$[et_j]$ = Her bir j zonundaki her bir t endüstrisi tipindeki iş sayısının bir txj matrisi

4.3.2.4. Seyahat Ataması /2,4/

Seyahat tahmininin son aşaması zonlararası türel yolculukların her türe uygun, değişik güzergahlara atanmasıdır. Bu aşamada ortaya çıkan en önemli sorun, bir yolcunun bir güzergahı diğerine tercih etmeye yönelten faktörler nelerdir? sorusudur. Bu soruya cevap olarak genellikle dört parametre tanımlanır:

- 1-Seyahat süreleri
- 2-Seyahat Maliyetleri
- 3-Konifor
- 4-Hizmet düzeyi (Hacim/Kapasite)

Bu parametrelerin hepsinin önemli olmasına rağmen, seyahat süresi hemen hemen tüm yolculuk atama modellerinde özellikle kullanılır. Bunun nedeni ise, yukarıdaki dört değişkenin bir dereceye kadar ortak ilişkili olması ve bu değişkenlerden birinin grubu temsil etme gerekliliğidir.

Eğer seyahat süresi atama modellerinde ana faktör olarak kullanılıyorsa, seyahat süresi ile seyahat hacmi arasındaki ilişkiye dikkat edilmesi gerekir. Çünkü kapasiteden daha büyük miktardaki hacim seyahat süresinin artmasına neden olacaktır yada seyahat süresinin büyüklüğü bir güzergahın hacminin az olmasına neden olacaktır. TRC seyahat atama modeli, seyahat süresi ve hacim arasındaki ilişkiyi dikkate alarak atama işleminin gerçekleştirir. Seyahat atama ile ilgili diğer önemli model tipleri, kapasite kısıtlı atama, all or nothing ataması ve minimum yol ağacı oluşturulması yöntemi ile atamadır.

4.3.2.4.1. Trafik Akım Karakteristikleri.

Ulaştırma sistem ağının bir bağlantı yolu boyuncaki trafik akımı üç değişken vasıtasıyla tanımlanır. Bunlar; hacim yada akım (v), yoğunluk yada konsantrasyon (d), ve hız (u)'dır.

Taşıt hacmi yada akımı, birim zamanda bir noktadan geçen taşıt sayısı olarak tanımlanır ve genellikle saat başına taşıt olarak ifade edilir. Taşıt yoğunluğu yada konsantrasyonu, bir birim yol uzunluğundaki taşıt sayısı olarak tanımlanır ve genellikle kilometre başına taşıt olarak ifade edilir. Bir trafik akımının hızı ise, birim zamanda taşıt tarafından katedilen mesafe olarak tanımlanır ve saat başına kilometre olarak ifade edilir.

Trafik akımını karakterize ederken, iki ayrı hız ölçümünü tanımlamak ta fayda vardır. Bu hızlar, mekansal ortalama hız ve zamansal ortalama hız olarak adlandırılır.

Mekansal ortalama hız \bar{v}_s , belirli bir yol boyunca seyahat eden taşıtların hızlarının ortalaması olarak tanımlanır. Zamansal ortalama hız \bar{v}_t ise, belirli bir zaman aralığında bir noktadan geçen taşıtların hızlarının ortalaması olarak ifade edilir.

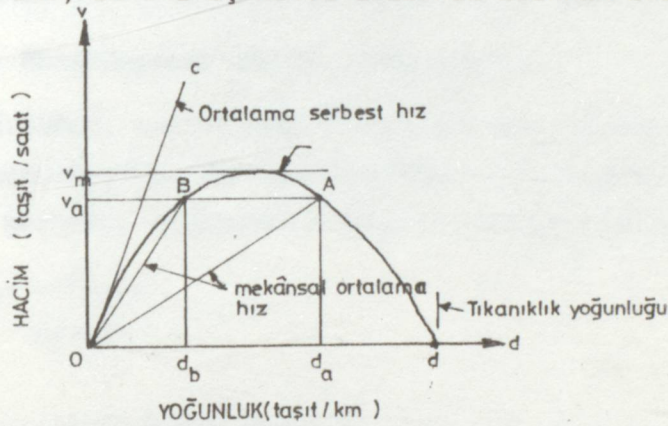
Trafik akımının temel değişkenleri arasındaki ilişki şöyle formüle edilebilir.

$$v = \bar{u}_s \cdot d$$

4.3.2.4.1.1. Trafik Akımının Temel Diyagramı

Şekil 4.17., trafik davranışının ampirik gözlemlerinden elde edilen akım ve yoğunluk arasındaki, trafik akımının temel diyagramını göstermektedir. Bu diyagramın özellikleri şunlardır.

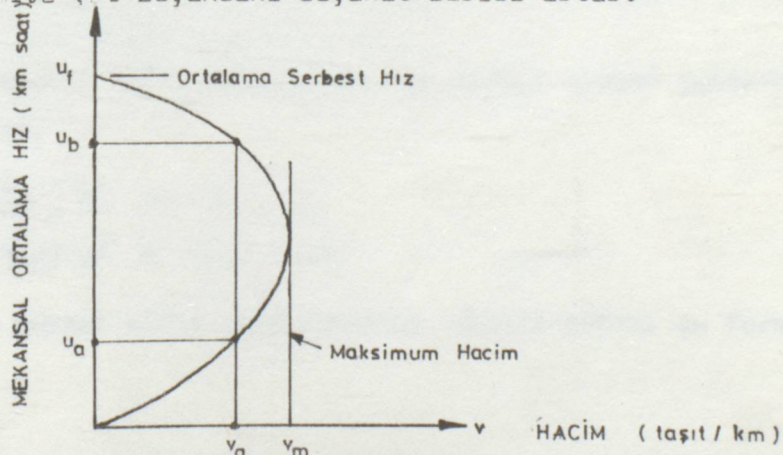
- 1-Sıfır yoğunlukta akım sıfır olacaktır.
- 2-Maksimum yoğunlukta (tıkanıklık) akım sıfır olacaktır.
- 3-Maksimum akımı, bu iki uç nokta arasında bulunan bir yoğunluktan elde edilir



Şekil 4.17. Trafik Akımının Temel Diyagramı.

Kapasite, mevcut trafik koşulları altında ve belirli bir zaman periyodunda, bir yönde, bir yolun, bir şeridinin belirli bir kesiti boyunca geçmesi beklenen taşıtların maksimum sayısı olarak tanımlanabilir.

Şekil 4.18., mekansal ortalama hız ve akım arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu şekil, şekil 4.17.'den türetilebilir. Taşıt akımı arttığında mekansal ortalama hız azalır ve yol boyunca seyahat süresi artar.

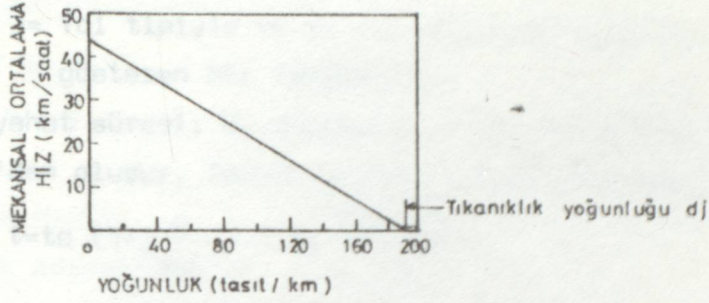


Şekil 4.18. Mekansal Ortalama Hız, Hacim İlişkisi.

Şekil 4.19., bir trafik akımını belirleyen üçüncü ilişkiyi, yani mekansal ortalama hız ve yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$W_v = t_0 \frac{c}{1-c}$$

Burada;



Şekil 4.19. Mekansal Ortalama Hız, Yoğunluk İlişkisi

4.3.2.4.1.2. Akım-Seyahat Süresi İlişkileri.

Davidson, kuyruklanma teorisini esas alarak, bir akım-seyahat süre ilişkisi oluşturmuştur. Bir kuyruklanmada gelişigüzel gelişler ve gelişigüzel hizmet için gecikme, aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$W_v = \frac{c^2}{h(1-c)}$$

Burada;

W_v = Taşıt başına gecikme

h = Varış oranı

u = Hizmet oranı

c = h/u

Bu model akımı modeline şöyle uygulanabilir. Davidson, hizmet süresini bir yol başka bir taşıt kullanmadığında bir taşıtın seyahat süresi olarak tanımlar. Kuyruklanma gecikmesi, bir yol üzerindeki diğer taşıtların varlığından dolayı seyahat süresinde oluşan artış olarak $h=v$ =akım, $u=s$ = doygun akım yada kapasite ve $c=v/s$

Hizmet süresi için, kuyruklanmadan dolayı oluşan gecikmenin oranı şu formülle verilir.

$$\frac{W_v c}{1/u} = \frac{c^2 u}{h(1-c) u^2} = \frac{h^2}{h} \frac{u}{h} \frac{1}{1-c} = \frac{c}{1-c}$$

Seyahat süresi sıfır iken oluşacak hizmet süresi şu formülle hesaplanır

$$\frac{W_v}{t_0} = \frac{c}{1-c}$$

Davidson, yol trafik akımının gerçekte sürekli bir kuyruklanma durumu olmadığını gözlemlemiştir. Gecikme, kuyruklanma durumlarının sıralanmasından dolayı oluşur. Bu tespite göre davidson gecikme formülünü aşağıdaki gibi değiştirmiştir

$$W_v = t_0 j \frac{c}{1-c}$$

Burada;

j = Yol tipiyle ve bu yol boyuncaki gecikme üretim frekansıyla değişti gösteren bir faktördür.

Toplam seyahat süresi; W_v gecikmesi ve hizmet süresi (sıfır akımdaki seyahat süresi) t_0 'dan oluşur. Toplam seyahat süresi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$t = t_0 \left(1 + j \frac{c}{1-c} \right) = t_0 \frac{1-c(1-j)}{1-c}$$

4.3.2.4.2. TRC Seyahat Atama Modeli.

Bu model, herhangi iki bölge arasında, dört farklı güzergaha kadar olan güzergah sayılarında, güzergah üzerindeki hacimleri tahmin etmek için seyahat süresi-hacim ilişkisinin kullanılmasını içerir. Birinci eşitlik, güzergah hacmi bağımsız değişken olarak kullanılarak, Toronto'da sekiz kavşağın yakınına yerleştirilen dedektörlerden gözlemlenen değerlerden oluşturuldu.

Şöyle ki;

$$t_r = t_{rc} + \frac{d(V_r - V_{rc})}{V_{rc}} = L_r$$

Burada;

t_r = r güzergahı üzerindeki seyahat süresi. (Dakika)

V_r = r güzergahı üzerindeki trafik hacmi. (Taşıt/Saat/Şerit)

V_{rc} = r güzergahı üzerindeki kritik hacmi (Taşıt/Saat/Şerit)

t_{rc} = Kritik hacimde birim seyahat süresi (Dakika/ $_{km}$)

L_r = r güzergahının uzunluğu (km)

d = Gecikme parametresi (Dakika/ $_{km}$)

d parametresi $V_r < V_{rc}$ için 0,5 ve $V_r > V_{rc}$ için 10,0 değerini alır.

İkinci ilişki ise, belirli bir seyahat süresi için, r güzergahı üzerindeki hacmi tahminde kullanılan eşitliktir.

$$V_r = \frac{1/t_r}{\sum_{r=j}^m 1/t_r} V$$

Burada V , i bölgesinden j bölgesine olan toplam hacimdir.

4.3.2.4.2.1. TRC Seyahat Atama Modeli ile İlgili Örnek.

<u>Güzergah Karakteristikleri</u>	<u>1. Güzergah</u>	<u>2. Güzergah</u>
Şerit Sayısı	1	1
Hız Limiti	30 km/saat	50 km/saat
Uzunluk	3 km	4 km
Kritik Hacim	600 taşıt-h/şerit	1100 taşıt-saat/şerit
Kritik seyahat süresi	3,0 dak/km	2,0 dak/km
Hacimsiz seyahat süresi	2,5 dak/km	1,5 dak/km

Atama işlemi, herbir güzergah üzerindeki ideal seyahat süresini hesaplama ile başlar. Böylece, eğer 1 güzergahı üzerinde trafik yoksa seyahat süresi, $2,5 \text{ dak/km} \times 3 \text{ km} = 7,5 \text{ dak}$ olacaktır. 2. güzergah üzerinde ise ideal seyahat süresi $1,5 \text{ dak/km} \times 4 \text{ km} = 6 \text{ dak}$ olacaktır.

Bu seyahat sürelerine karşılık gelen güzergah hacimleri ise,

A

B

Saatlik üretim=1200 taşıt

saatlik çekim=1200 taşıt

$$V_1 = \frac{1/7,5}{1/7,5 + 1/60} \times 1200 = 532 \text{ taşıt -saat/şerit}$$

$$V_2 = \frac{1/60}{1/7,5 + 1/60} \times 1200 = 668 \text{ taşıt -saat /şerit}$$

Bu hacimlere karşılık gelen seyahat süreleri ise,

$$t_1 = 3,0 + \frac{0,5 (532-600)}{600} = 8,82 \text{ dak.}$$

$$t_2 = 2,0 + \frac{0,5 (668-1100)}{1100} = 7,20 \text{ dak.}$$

olarak bulunur.

her iki güzergah için hesaplanan hacimler,kendi kritik hacimlerinden daha az olduğu için $d=0.5$ dir.İterasyona devam edilerek,bulunan seyahat sürelerine karşılık gelen hacimler hesaplanırsa,

$$V_2 = \frac{1/8,82}{1/8,82+1/7,70} \cdot 1200 = 536 \text{ taşıt -saat /şerit}$$

ve

$$V_2 = \frac{1/7,20}{1/8,82+1/7,20} \cdot 1200 = 664 \text{ taşıt -saat / şerit}$$

bulunur.

Bulunan hacimlere karşılık gelen seyahat süreleri ise,

$$t_1 = 3.0 + \frac{95 \cdot (536 \cdot 600)}{600} = 8.85 \text{ dakika}$$

ve

$$t_2 = 2.0 + \frac{0,5 (664 - 1.100)}{1.100} = 7.18 \text{ dakika}$$

olacaktır.

Bu eşitliklerde de,bulunan hacimler kritik hacimlerden daha düşük olduğu için $d= 0.5$ alınacaktır.

en son olarak hesaplanan seyahat süreleri,bir önceki iterasyonda

hesaplanan seyahat sürelerine oldukça yakın olduğundan,iterasyon işlemine son verilir.Böylece sonuç hacimler $V_1= 536$ taşıt-saat /şerit

$$V_2= 664 \text{ taşıt -saat /şerit}$$

ve seyahat süreleri

$$t_1=8.85 \text{ dakika}$$

$$t_2=7.18 \text{ dakika olacaktır.}$$

4.3. DENGE YÖNTEMİ /1/

Kentsel ulaştırma planlamasında denge yöntemi ile çözüme gidildiğinde; dört aşamalı yöntemden farklı olarak, probleme direkt olarak yaklaşılr ve istem tahmininden ayrı olarak sistem performansı da belirlenebilir.

Bir kentsel ulaştırma probleminin denge yöntemi ile çözülebilmesi için beş modele ihtiyaç vardır. Bunlar; hizmet modeli, kaynak modeli, istem modeli, aktivite değişim modeli ve dengeleme modelidir. (Şekil 4.20) Bu tahmin modellerinden; istem ve aktivite değişim modelleri sistemin seyahat istemini, hizmet ve kaynak modelleri de sistemin performansını ifade eder.

Hizmet Modellerine; belirlenmiş herhangi bir karar değişkenleri takımı için, değişik akım hacimlerinde oluşabilecek hizmet düzeylerini belirlemek için ihtiyaç duyulur. Örnek olarak: Bir demir yolu hattındaki seyahat süresi; tren boyunun, overin, hat koşullarının ve yolcu hacminin bir fonksiyonudur.

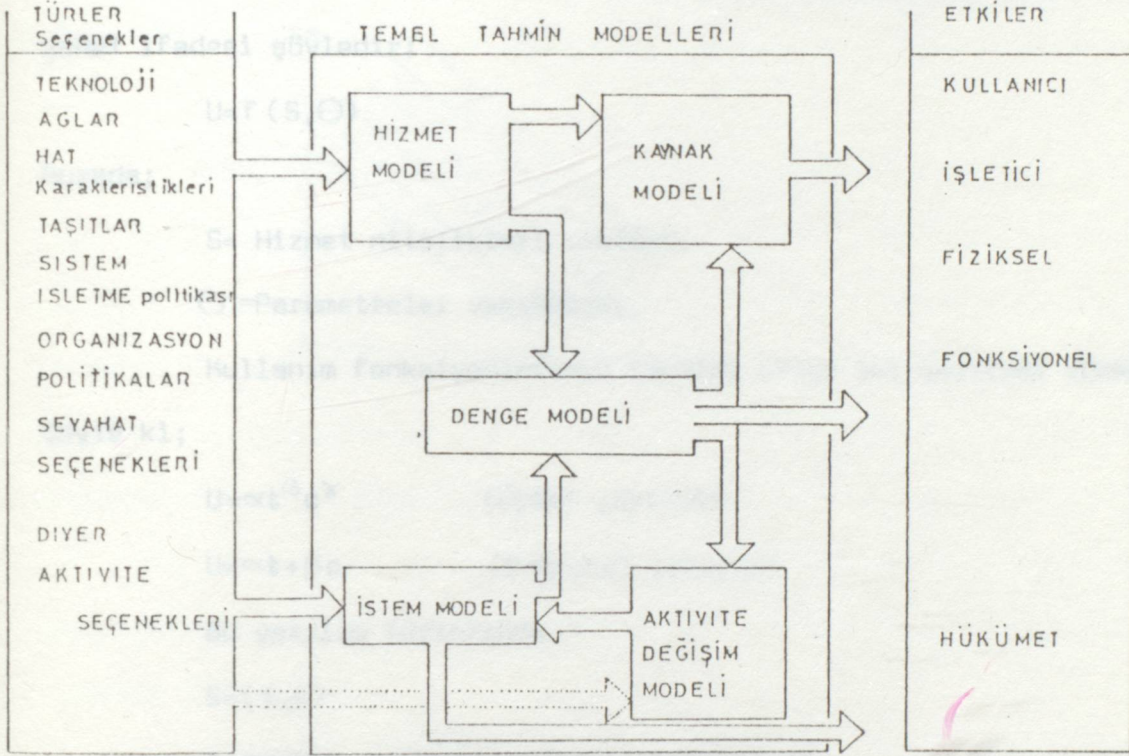
Kaynak modellerine; belirli bir karar değişkenleri ile, istenen hizmet düzeyini sağlamada tüketilecek kaynakları (arazi, iş gücü, para, hava, gürültü, diğer çevresel etkiler) belirlemek için ihtiyaç duyulur.

İstem modellerine; değişik hizmet düzeylerinde oluşacak seyahat hacmini belirlemek için ihtiyaç duyulur.

Dengeleme modellerine; belirli bir istem ve hizmet fonksiyonu takımı için bir ulaştırma sisteminde gerçekte akacak hacmi tahmin etmek için ihtiyaç duyulur. (seyahat piyasasında kısa süreli denge)

Aktivite değişim modellerine; kısa süreli akım dengelemelerinin bir sonucu olarak, ulaştırmanın arazi kullanımına olan etkisi ile uzun dönemde aktivite sisteminin yapısında ve mekânsal dağılımında oluşacak etkileri tahmin etmek için ihtiyaç duyulur.

Bu beş tahmin modeli, denge yönteminin temel unsurlarıdır. İstem ve performansın belirlenmesinden sonra dengeleme modelleri kullanılarak gerçekte oluşacak sistem hizmet düzeyi ve hacmi belirlenir (şekil 2.3.).



Şekil 4.20. Temel tahmin Modelleri

4.3.1. İstem Tahmini .

Denge yönteminde istem tahmini iki düzeyde yapılır. (bkz .böl 3) 1- bütünlük olmayan yada bireysel düzeyde ve 2- bütünlük düzeyde .

4.3.1.1. Bireysel (Bütünlük Olmayan) Düzeyde İstem Tahmini.

Bir etüd bölgesinde farklı bir kaç grup mevcuttur. Bu farklı sosyoekonomik grupların hizmet niteliklerine verecekleri göreceli önem de farklılık gösterecektir. Bireysel düzeyde istem tahmini için, ilk önce her bir farklı sosyoekonomik gruba ait kayıtsızlık eğrileri oluşturulur (Bkz. Böl. 3) ve daha sonra bu kayıtsızlık eğrilerinden, herhangi bir hizmet nitelikleri kombinasyonu

için kullanım fonksiyonları elde edilebilir. Bu kullanım fonksiyonları planlamacıya, elde edildikleri hizmet nitelikleri kombinasyonu için, herbir sosyoekonomik grubun ulaştırma türlerini ne oranda kullanacakları hakkında bilgi verir.

Kayıtsızlık eğrilerinden elde edilen kullanım fonksiyonlarının en genel ifadesi şöyledir:

$$U=f(S,\Theta)$$

Burada;

S= Hizmet nitelikleri vektörü.

Θ =Parametreler vektörüdür.

Kullanım fonksiyonlarının tahmine özgün iki yazılımı sözkonusudur.

Şöyle ki;

$$U=\alpha t^{\beta} c^{\gamma} \quad (\text{Üssel yazılım})$$

$$U=\alpha t+\beta c \quad (\text{Doğrusal yazılım})$$

Bu yazılım türlerinde,

$$S=(t,c)$$

t(zaman), c(ücret)=Hizmet nitelikleri

$$\Theta=(\alpha,\beta) \text{ ya da } (\alpha,\beta,\gamma)' \text{dir}$$

(α,β,γ) =Kullanıcı tercihlerini yansıtan parametrelerdir.

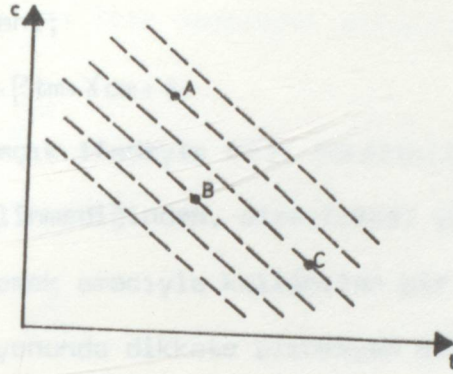
Herbir kullanım fonksiyonu bir eğriler ailesini tanımlar. Üssel yazılım Şekil 3.3'de görülen kayıtsızlık eğrileri takımını, doğrusal yazılım ise Şekil 4.21'deki gibi bir kayıtsızlık eğrileri takımını üretir.

Şekil 4.21 deki herbir kesik çizgili doğru, U kullanımına eşit olan zaman ve maliyet kombinasyonunu gösterir. Yani, her bir kombinasyon tüketici açısından eşit arzu edilebilirdir.

Tüketiciler farklı tercihlere sahiptirler, bu yüzden farklı kayıtsızlık eğrileri için farklı ulaşım modları çekici olacaktır. Örnek olarak; Şekil 4.21'de b kısmında, zamana yüksek değer veren ve I nolu eğri ile gösterilen tüketici A

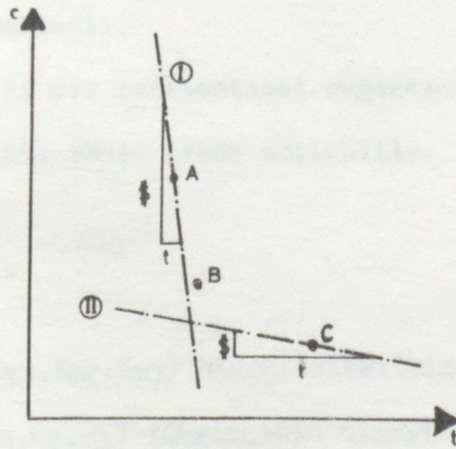
alternatifleri tercih edecektir. Diğer taraftan tüketici daha fazla gelir II eğrisi ile gösterilen tüketici ile U eğrisinin birleşimindedir.

Bir kullanın fonksiyonunu genel olarak $U = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ şeklinde yazılabilir. Burada a sabit, b_1, b_2, \dots, b_n ise değişkenlerin katsayılarıdır. a sabit, b_1, b_2, \dots, b_n ise değişkenlerin katsayılarıdır. a sabit, b_1, b_2, \dots, b_n ise değişkenlerin katsayılarıdır.



Bu eğriler, tüketici için farklı miktarlarda mal almasıyla oluşan fayda düzeylerini göstermektedir. Aynı miktarda mal alırken, tüketici daha fazla gelir II eğrisi ile gösterilen tüketici ile U eğrisinin birleşimindedir. Aynı miktarda mal alırken, tüketici daha fazla gelir II eğrisi ile gösterilen tüketici ile U eğrisinin birleşimindedir.

Detaylı bir şekilde ele alınacak olan bu konunun ayrıntılı olarak ele alınması, literatürde "kayıtsızlık eğrileri" olarak adlandırılmaktadır.



Burada, tüketici için farklı miktarlarda mal almasıyla oluşan fayda düzeylerini göstermektedir. Aynı miktarda mal alırken, tüketici daha fazla gelir II eğrisi ile gösterilen tüketici ile U eğrisinin birleşimindedir.

Kullanın fonksiyonunu genel olarak $U = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ şeklinde yazılabilir. Burada a sabit, b_1, b_2, \dots, b_n ise değişkenlerin katsayılarıdır.

Şekil 4.21 Doğrusal yazılımlı kayıtsızlık eğrileri.

alternatifini tercih edecektir. Diğer taraftan zamana düşük değer veren II eğrisi ile gösterilen tüketicisi ise C alternatifini tercih edecektir.

Bir kullanım fonksiyonunun genel ifadesine, fonksiyonun oluşturulması esnasında olabilecek hataları dikkate alarak bir ϵ olasılıksal hata değişkeni ilave edilir. Yani;

$$U_m = \alpha + \beta t_m + \chi c_m + \epsilon$$

Daha açık ifadeyle (ϵ), tüketicilerin hangi alternatife daha çok önem verdiği bilinmediğinden, olasılıksal yaklaşımlarda yapılabilecek hataları minimuma indirmek amacıyla kullanılan bir rastlantısal değişkendir. Ayrıca kullanım fonksiyonunda dikkate alınmayan diğer hizmet niteliklerinin, tüketicinin tercihini etkileyebilecek bir rol oynayabileceği düşüncesi de, planlamacı açısından böyle bir değişkenin kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Detaylı bir rastlantısal değişkeni içeren bireysel davranış modellerine literatürde "stochastic disaggregate models" (olasılıksal bütünyelik olmayan modeller.) denmektedir.

Detaylı bir rastlantısal değişken içeren bir kullanım fonksiyonu doğrusal yazılımla şöyle ifade edilebilir.

$$U_m = \sum_{i=1}^3 w_i S_{mi}$$

Burada;

$S_m = (S_{m1}, S_{m2}, S_{m3})$ hizmet nitelikleri vektörü

$w = (w_1, w_2, w_3)$ tüketicinin hizmet niteliklerine verdiği ağırlıklı önemin bir vektörü.

Kullanım fonksiyonu genel olarak iki kısımdan oluşacaktır. Deterministik kısım

U_m ve rastlantısal kısım

$$U_m = U_m + \epsilon = \sum_{i=1}^3 w_i S_{mi} + \epsilon$$

Tüketicinin 1 alternatifini tercih etme olasılığı (P_1):

P_1 =olasılık ($U_1 > U_2$)

ve 2 alternatifini tercih etme olasılığı (P_2)

P_2 =olasılık ($U_2 > U_1$)

olacaktır.

Bu olasılıkların dağılımı için aşağıdaki eşitlikler önerilmiştir.

$$P_1 = \frac{e^{U_1}}{e^{U_1} + e^{U_2}}$$

$$P_2 = \frac{e^{U_2}}{e^{U_1} + e^{U_2}}$$

$$P_1 = \frac{e^{U_1}}{e^{U_1} + e^{U_2}}$$

$$P_2 = \frac{e^{U_2}}{e^{U_1} + e^{U_2}}$$

Bu eşitlikler, belirli bir "Stochastic disaggregate model" i tanımlar.

(Binomial Logit Model). Bu formül M alternatifin bulunduğu bir durum için genelleştirilebilir. Modelin bu genelleştirilmiş haline ise "Multinomial Logit Model" (MNL) denilmektedir.

$$P(m:M) = \frac{e^{U_m}}{\sum_{m \in M} e^{U_m}}$$

iki tercihli bir durum için şu tanımlamalar yapılabilir.

$$G(S) = U_1(S) - U_2(S)$$

ve böylece,

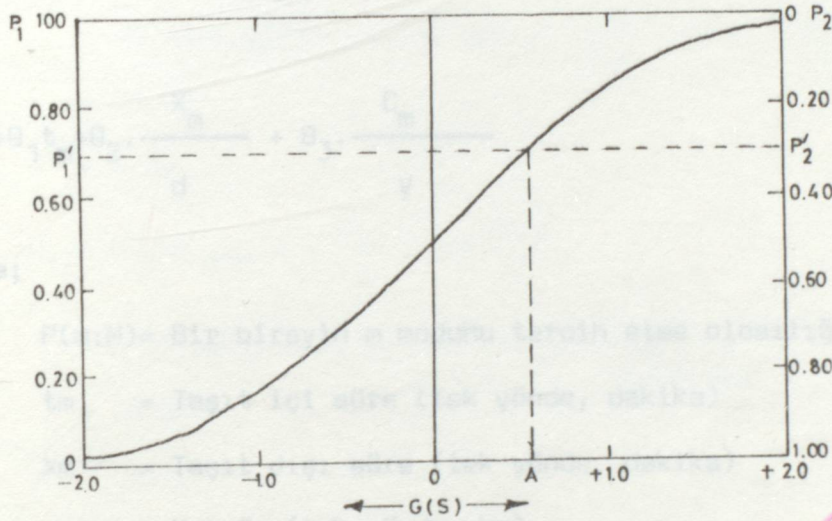
$$P_1 = \frac{1}{1 + e^{-G(S)}} = \frac{1}{1 + e^{-G(S)}}$$

$$P_2 = \frac{1}{1 + e^{G(S)}} = \frac{1}{1 + e^{G(S)}}$$

$G(S) = 0$ olması durumunda yani $U_1=U_2$ durumunda ,

$$P_1 = \frac{1}{1+e^0} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ bulunacaktır ve } P_1=P_2 \text{ olacaktır (şekil 4.2.2.)}$$

4.2.2.



şekil 4.2 2. Olasılık Tercih

4.3.1.1. Bireysel Düzeyde İstem Tahmini İle İlgili Örnek.

Toplam 2000 nüfuslu bir zonda iki farklı sosyoekonomik gruba ait aile tipi bulunmaktadır. Bu aile tipleri ile ve hizmet ile ilgili özellikler aşağıda verilmiştir.

A tipi aile : Gelir (y) = 2 500 000.₺ $\Theta_A=0,13$

B tipi aile : Gelir (y) = 5 000 000.₺ $\Theta_A=0,32$

$t_A = 11,4$ dakika

$t_{TT} = 14$ dakika

$X_A = 5$ dakika

$X_{TT} = 8$ dakika

$$C_A = 6125. \text{ TL}$$

$$C_{TT} = 2500. \text{ TL}$$

$$d = 7,25 \text{ km}$$

Bu zondaki grupların alternatif kullanım oranları şu hesap yöntemi ile belirlenebilir.

$$P(m:M) = \frac{e^{U_m}}{\sum_{m' \in M} e^{U_{m'}}$$

ve

$$U_m = \theta_m + \theta_1 t_m + \theta_2 \cdot \frac{X_m}{d} + \theta_3 \cdot \frac{C_m}{y}$$

Burada;

$P(m:M)$ = Bir bireyin m modunu tercih etme olasılığı

t_m = Taşıt içi süre (tek yönde, dakika)

X_m = Taşıt dışı süre (tek yönde, dakika)

d = Mesafe (tek yönde, km)

C_m = Cepten çıkan seyahat maliyeti (tek yönde-TL)

y = Yıllık gelir (TL)

m = Otomobil (A) yada toplu taşıma (TT)

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$ parametreleri her iki tür için aynı ve θ_m her bir türe özgüdür.

$$P(m=TT) = \frac{e^{U_{TT}}}{e^{U_{TT}} + e^{U_A}} = \frac{1}{1 + e^{U_A - U_{TT}}} = \frac{1}{1 + e^{G(S)}}$$

Burada;

$$\begin{aligned} G(S) &= U_A - U_{TT} \\ &= (\theta_A - \theta_{TT}) + \theta_1 (t_A - t_{TT}) + \frac{\theta_2}{d} (X_A - X_{TT}) + \frac{\theta_3}{y} (C_A - C_{TT}) \end{aligned}$$

olacaktır.

Parametre değerleri ampirik olarak belirlenmiştir.

$$\theta_1 = -0,030 \quad \theta_2 = -0,34 \quad \theta_3 = -50$$

θ_{TT} değeri sıfır kabul edilmiştir. Çünkü tür tercihini yalnızca $\theta_A - \theta_{TT}$ değeri etkiler. Bu nedenle türe özgün parametrelerden biri sıfır kabul edilebilir.

Hesaplamalar:

A tipi aile için:

$$U_A = \theta_A + \theta_1 t_A + \theta_2 \cdot \frac{X_A}{d} + \theta_3 \cdot \frac{C_A}{y}$$
$$= -0,13 + (-0,003) \cdot (11,3) - (0,34) \cdot \frac{5}{7,5} - (50) \cdot \left(\frac{6125}{2.500.000} \right)$$
$$= -0,57$$

$$e^{U_A} = 0,56$$

$$U_{TT} = \theta_{TT} + \theta_1 t_{TT} + \theta_2 \cdot \frac{X_{TT}}{d} + \theta_3 \cdot \frac{C_{TT}}{y}$$
$$= 0 - (0,03) \cdot (14) - (0,34) \cdot \left(\frac{8}{7,5} \right) - (50) \cdot \left(\frac{2500}{2.500.000} \right)$$
$$= -0,83$$

$$e^{U_{TT}} = 0,43$$

Toplu taşıma tercih olasılığı (P_{TT}):

$$P_{TT} = \frac{0,43}{0,56 + 0,43} = 0,43$$

Otomobili tercih olasılığı (P_A):

$$P_A = \frac{0,56}{0,43 + 0,56} = 0,57$$

Böylece A tipi sosyoekonomik gruptaki bireylerin 430'u toplu taşıma, 570'i ise otomobili tercih edecektir sonucuna varılabilir.

Benzer hesaplamalar B tipi sosyoekonomik grup için yapılırsa;

$$U_A = -0,31 ; \quad U_{TT} = -0,41 \quad \text{ve} \quad P_A = 0,53 \quad \text{ve} \quad P_{TT} = 0,47 \quad \text{bulunur.}$$

Böylece B sosyoekonomik grubunun 530 bireyi otomobili ve 470 bireyi ise toplu taşıma tercih edecektir denilebilir.

Ancak, bu tercih oranları hizmet niteliğinde (c,t,x) yapılacak değişikliklerle birlikte değişecektir.

Örnekten anlaşılacağı gibi tek bir istem fonksiyonu, farklı sosyoekonomik karakteristiklerdeki tüketicilerin davranışını ifade edebilir.

Değişkenler:

Hizmet nitelikler (tek yönde)

t_m = Taşıt içi süre (dakika)

x_m = Taşıt dışı süre (yürüme, bekleme, parketme)(dakika)

c_m = Maliyet (Cepten çıkan para; ücret, köprü geçiş parası, park ücreti) (sent)

θ_m = Türe özgün karakteristik

d = Mesafe (Kilometre)

Sosyoekonomik nitelikler (A)

y = Ailenin toplam geliri (yıllık)

a_{LD} = Oto sahipliğinin toplam ehliyet sayısına oranı

Parametreler (0)

θ_i = m türünün kullanımında i 'inci karakteristik ile ilgili genel parametre değeri

θ_{mi} = m türünün kullanımında i 'inci karakteristik ile ilgili, türe özgün parametre

θ_{m0} = Türe özgün sabit

m = Tür (A=Otomobil, TT= Toplu taşıma)

Türel kullanımlar

Genel Şekil:

$$U_m = \theta_m + \theta_{1tm} + \theta_2 \cdot \frac{x_m}{d} + \theta_3 \cdot \frac{c}{y}$$

$$\theta_m = \theta_{m0} + \theta_{m4}y + \theta_{m5}a_{LD}$$

	θ_1	θ_2	θ_3	θ_{m4}	θ_{m5}	θ_{m0}
Otomobil	-0,030	-0,34	-50	$8,957 \times 10^{-5}$	2,84	-2,00
Toplu taşıma	-0,030	-0,34	-50	0	0	0

Tablo 4.1. İkili Tür-Tercih Modeli

4.3.1.2. Bireysel Düzeydeki İstem Fonksiyonlarından Bütünleşik İstem Tahmini.

Daha öncede ifade edildiği gibi, (bkz.bl.3) Bireysel düzeydeki istem fonksiyonlarından, bir bölgenin bütünleşik istemini tahmin etmek için iki yol

mevcuttur. Bunlar; bireysel kullanım fonksiyonları, bireylerin zam içi bir alt gruba ait 1-Bütünleşik olmayan istem fonksiyonunun direkt kullanılması, 2-Bütünleşik olmayan istem fonksiyonundan bütünleşik düzeye geçiş.

Her hangi bir zona ait bir bütünleşik istem fonksiyonu, bu zonun her bir sosyoekonomik grubu için oluşturulmuş bireysel kullanım fonksiyonlarından türetilebilir. Örnek olarak; $U_{mj} = \alpha_j t_m + (\beta_j / Y_j) C_m$ formunda bir kullanım fonksiyonu kullanılsın. Burada $t_m, c_m = m$ alternatifinin hizmet nitelikleri $\alpha_j, \beta_j = j$ tüketicisinin hizmet niteliklerine verdiği önceliği gösteren parametreler.

$Y_j = j$ tüketicisinin yıllık geliri.

Bir zonda N adet seyahat edecek bireyin bulunduğu ve bu bireylerin (n_j) büyüklüğündeki (j) adet alt gruba bölündüğü varsayılabilir. Bir alt grubun tüm bireylerin gelirleri ve hizmet niteliklerine verdikleri önem aynıdır (α_j, β_j, Y_j) . Belirli bir (S) hizmet düzeyi için daha sonra bir (j) alt grubun üyesi bireylerin (m) alternatifini seçip seçmeyecekleri belirlenebilir. Eğer (j) alt grubunun tümü (m) alternatifini tercih edecekse $r_{mj} = 1$, hiç bir tercih etmeyecekse $r_{mj} = 0$ olur. Tüm alt grublardaki m alternatifini tercih edenler toplanırsa, m alternatifi için bütünleşik sistem elde edilir.

Burada: $V_m = \sum_j r_{mj} n_j$

Bu bütünleşik istem, hizmet düzeyine bağlıdır. S değiştiğinde r_{mj} ve V_m değişecektir.

o alt gruba 0 halde; bireysel kullanım fonksiyonları, bireylerin zon içinde alt gruplara göre dağılımı ve alt grub üyelerinin tercihlerinde önem verdikleri karakteristikler bilindiğinde bir bütünleşik istem fonksiyonu türetilebilir.

Ancak pratikte, stokastik yada deterministik bütünleşik olmayan fonksiyonlardan bütünleşik bir istem fonksiyonu türetmek zordur. Bu zorluğun birincil kaynağı, bütünleşik olmayan fonksiyonun, bireysel karakteristiklerinin dağılımı boyunca entegre edilmesigerekliliğidir. Eğer $p(\alpha_j, \beta_j, \gamma_j)$, bireysel karakteristiklerin dağılımı ise ve $r_{mj}, D_f(S, \alpha_j, \beta_j, \gamma_j)$ ile karakterize edilirse ki buradaki D_f bütünleşik olmayan istem fonksiyonudur, bütünleşik istem fonksiyonu şu hali alır.

$$V_m(S) = \sum_j n_j \int \int \int p(\alpha_j, \beta_j, \gamma_j) D_f(S, \alpha_j, \beta_j, \gamma_j) d(\alpha, \beta, \gamma)$$

Bu integral çok özel şartlar dışındaki şartlar için pratik değildir. Bu yüzden, bir bütünleşik olmayan istem fonksiyonundan bütünleşik davranış tahmin etmek için bazı pratik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunların en önemlileri; "Naive yaklaşım", "sınıflandırma" ve "örnekleme" dir.

Naive yaklaşımında, her bir zon o zonun ortalama karakteristikleri ile tanımlanır. (örnek olarak; $\bar{\alpha}, \bar{\beta}, \bar{\gamma}, \bar{S}$) Bütünleşik olmayan fonksiyon (D_f) ise bu ortalama değerlerle kullanılır:

$$V_m(S) = N \cdot D_f(\bar{S}, \bar{\alpha}, \bar{\beta}, \bar{\gamma})$$

Burada;

$$\bar{\alpha} = \sum_j \alpha_j \cdot n_j / N$$

$$\bar{\beta} = \sum_j \beta_j \cdot n_j / N$$

$$\bar{\gamma} = \sum_j \gamma_j \cdot n_j / N$$

$$\bar{S} = \sum_j S_j \cdot n_j / N$$

0.5 ve Sınıflandırmada, her bir zon n_j boyutundaki alt gruplara bölünür ve

her bir j alt grubunun karakteristiklerinin ortalamaları ($\bar{\alpha}_j, \bar{\beta}_j, \bar{\gamma}_j$ ve \bar{S}_j)

o alt grubun istemini tahmin için bütünleşik olmayan fonksiyon ile birlikte kullanılır, daha sonra ise herbir alt grubun istemi toplanarak o zonun toplam istemi bulunabilir.

$$V_m(S) = \sum_j^n n_j D_f(S_j, \bar{X}_j, \bar{\beta}_j, \bar{Y}_j)$$

Bu yaklaşım, bireylerin tercihleri üzerinde önemli etkileri olan değişkenler sınıflamada dikkate alınır, özellikle faydalıdır. Örnek olarak: Bir kentsel tür tercih modelinde, toplu taşıma bağımlı grubun bütünleşik modellemeye ayrı olarak sınıflandırılmasıdır. Benzer olarak, eğer bir bireyin toplu taşıma aracına binebilmek için çok uzun bir yol yürümesi gerekiyorsa ve gelir durumu otomobil sahipliğine elverişliyse bu birey de otomobil bağımlı olarak sınıflandırılabilir.

Örnekleme yaklaşımında ise, M nüfuslu bir zondaki istem fonksiyonu anketler sonucu elde edilen verilerden tahmin edilebilir. Örneklemede, nüfus içinden anket yapılan k sayıdaki birey grubunun bireysel davranışları sosyoekonomik karakteristikler ve hizmet düzeyini içeren bir bütünleşik olmayan D_f istem fonksiyonunda özetlenebilir. Daha sonra bu k sayıdaki örnek grubundan elde edilen birey davranışları M nüfuslu zon çapında genişletilir. Böylece bir zondaki farklı sosyoekonomik grupların davranışları tahmin edilmiş olur.

Eğer bölüm 4.3.1.1. deki bütünleşik olmayan istem fonksiyonları zon çapında naive yaklaşımı ile bütünleştirilmek istenirse, şu sonuçlar elde edilir: Bu zon toplam 1000 nüfusludur ve 2.500.000.₺, 5000.000.₺, 10.000.000.₺ gelir elde eden üç farklı sosyoekonomik gruptan oluşmaktadır. Bu gelir gruplarındaki bireylerin sayısı sırasıyla 350, 150, ve 500'dür. Ayrıca bu sosyoekonomik gruplarda, otomobil sahipliğinin ehliyetli kişi sayısına oranı sırasıyla; 0, 0.5 ve 1.0'dır.

örnekle ilgili hizmet nitelikleri aşağıdaki gibi idi.

$$t_A = 11,3 \text{ dakika.}$$

$$t_{TT} = 14 \text{ dak}$$

$$X_A = 5 \text{ dakika}$$

$$X_{TT} = 5 \text{ dak}$$

$$C_A = 6125 \text{ TL}$$

$$C_{TT} = 2500 \text{ TL}$$

$$d = 7,25 \text{ km}$$

$n_i = \sum_{j,k} n_{ijk}$, $n_j = \sum_{i,k} n_{ijk}$ ve $n_k = \sum_{i,j} n_{ijk}$ olarak tanımlanabilir

Ortalama gelir:

$$\bar{Y} = \frac{1}{1000} [(350)(2\,500\,000) + (150)(5\,000\,000) + (500)(10\,000\,000)] = 6.625.000. \text{ TL}$$

ortalama otomobil sahipliği:

$$\bar{a}_{LD} = \frac{1}{1000} [(0)(350) + (150)(0,5) + 500(1,0)] = 0,575$$

Ortalama hizmet nitelikleri ise ,hizmet niteliklerine eşdeğerdir.

Böylece yeni kullanım fonksiyonları şu hali alır.

$$U_A = \theta_A + \theta_1 \cdot \bar{t}_A + \theta_2 \cdot \frac{\bar{X}_A}{d} + \theta_3 \cdot \frac{\bar{C}_A}{\bar{Y}}$$

$$U_{TT} = \theta_1 \cdot \bar{t}_{TT} + \theta_2 \cdot \frac{\bar{X}_{TT}}{d} + \theta_3 \cdot \frac{\bar{C}_{TT}}{\bar{Y}}$$

$$\theta_A = \theta_{A0} + \theta_{A4} \cdot \bar{Y} + \theta_{m5} \bar{a}_{LD} = -2.00 + (8,957 \times 10^{-5} \times 10,750) + (2.84 \times 0,575) = 0,60$$

$$U_A = 0,60 + (-0,030) \times (11,3) - (0,34) \times \left(\frac{5,0}{7,25} \right) - (50) \times \frac{6125}{6\,625\,000} = -0,10$$

$$e^{U_A} = 0,90$$

$$U_{TT} = - (0,34 \times \frac{5}{7,25}) - (0,030 \times 14) - (50 \times \frac{2500}{6\,625\,000}) = -0,68$$

$$e^{U_{TT}} = 0,51$$

$$P_{TT} = \frac{0,51}{0,90 + 0,51} = 0,36 \quad \text{ve} \quad P_A = 0,64 \text{ olarak bulunur.}$$

Bu zondan diğer zonlara yapılabilecek seyahatlerde birden çok güzergah bulunması durumunda bu örnek şöyle uygulanabilir. Yukarıdaki örnekteki güzergaha ilaveten bir ikinci güzergahın varolduğu kabul edildiğine göre, bu güzergahla ilgili karakteristikler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}t_A &= 14,2 \text{ dakika} & t_{TT} &= 21,7 \text{ dakika} \\X_A &= 5 \text{ dakika} & X_{TT} &= 15,5 \text{ dakika} \\C_A &= 6565 \text{ .TL} & C_{TT} &= 1250 \text{ .TL} \\d &= 8,13 \text{ km.}\end{aligned}$$

Bu zondaki seyahat edicilerin birinci güzergaha verdikleri önem $w_1=0,6$ ve ikincisini ikinci güzergaha verdikleri önem $w_2=0,4$ dür.

Böylece ortalama hizmet nitelikleri şöyle hesaplanabilir.

$$\begin{aligned}\bar{t}_A &= (0,6)(11,3) + (0,4)(21,7) = 12,46 \text{ dakika} \\ \bar{X}_A &= (0,6)(5) + (0,4)(5) = 5 \text{ dakika} \\ \bar{C}_A &= (0,6)(6125) + (0,4)(6565) = 6285 \text{ .TL} \\ \bar{t}_{TT} &= (0,6)(14) + (0,4)(21,7) = 17,08 \text{ dakika} \\ \bar{X}_{TT} &= (0,6)(8) + (0,4)(15,5) = 11,0 \text{ dakika} \\ \bar{C}_{TT} &= (0,6)(2500) + (0,4)(1250) = 2000 \text{ .TL} \\ \bar{d} &= (0,6)(7,25) + (0,4)(8,13) = 7,60 \text{ km}\end{aligned}$$

ortalama gelir ve ortalama a_{LD} değeri yukarıdaki örnekle aynı olduğuna göre kullanım fonksiyonlarının yeni değerleri şöyledir.

$$U_A = \theta_A + \theta_1 \cdot \bar{t}_A + \theta_2 \cdot \frac{\bar{X}_A}{d} + \theta_3 \cdot \frac{\bar{C}_A}{y}$$

$$\theta_A = 0,60, \theta_1 = -0,03, \theta_2 = -0,34, \theta_3 = -50 \text{ olduğuna göre}$$

$$U_A = 60 - (0,03)(12,46) - (0,34)\left(\frac{5}{7,60}\right) - (50)\left(\frac{6285}{6 \cdot 625 \cdot 000}\right) = -0,045$$

$$e^{UA} = 0,96$$

$$U_{TT} = (-0,03)(17,08) - (0,34)\left(\frac{11,0}{7,60}\right) - (50) \times \left(\frac{2000}{6625000}\right) = -1,02$$

$$e^{UTT} = 0,36$$

$$P_{TT} = \frac{0,36}{0,36+0,96} = 0,27 \quad P_A = 0,73 \quad \text{oranında bulunur.}$$

4.3.1.2. Bütünleşik Düzeyde İstem Tahmini

Bütünleşik düzeyde tahmin ulaştırma stratejilerinin etkilerinin tahmini için bireysel düzeyde tahminden daha pratik sonuçlar verir. Bu yüzden ulaştırma istem analizinde geçmişte kullanılan en yaygın yöntem bütünleşik düzeyde tahmin yapan yöntemlerdir. Bütünleşik düzeyde ulaştırma istem tahmini yapmak için kullanılan klasik modeller ise dört aşamalı model sisteminde de anlatıldığı gibi gravity (çekim) modelleri dört aşamalı model sistemi ve bazı şehirler arası yolcu istem modelleridir.

4.3.1.2.1. Çekim (Gravity) Modelleri

Çekim modelleri en basit şekliyle, "Fiziksel sistemler için Newton'un çekim kanunu"nun benzeştirilmesi sonucu elde edilen formüldür.

$$V_{kd} = Y_k \cdot Z_d \cdot L_{kd}$$

Burada;

Y_k = k zonundaki bazı aktivite yoğunluklarının (nufus gibi) ölçümü.

Z_d = d zonundaki bazı aktivite yoğunluklarının (nufus yada istihdam

gibi) ölçümü

L_{kd} = k ve d zonları arasındaki seyahat için, ulaştırma hizmet nitelik-

lerinin istem üzerindeki etkilerini ifade eder. Örnek olarak $L_{kd} = t_k$

kabul edilebilir. Burada, t seyahat süresi ve α bir parametredir. α

Newton'un gravitasyonel çekim kanununa eşdeğer olması için -2 kabul

edilir. Genellikle, L_{kd} değeri başka hizmet niteliklerini de

içerir. Örnek olarak, $L_{kd} = t_k \cdot C_{kd}$, burada C_{kd} seyahat için harcanan

para ve α 'lar değişik değerler alabilen parametrelerdir.

Mc Lynn: Çekim modelinin ulaştırmada en yaygın olarak kullanılma amacı, kaç kişinin seyahat edeceği değil yolcuların hangi son noktaları tercih edecekleridir. N zona bölünmüş bir kentte k zonunda üretilen tahmini seyahat V_k ise çekim modeli ile k bölgesinden ne kadar yolcunun d zonuna gideceği tahmin edilebilir. Böyle bir tahmin için kullanılacak çekim modeli daha da açılarak şöyle ifade edilebilir.

$$V_{kd} = V_k \frac{Z_d L_{kd}}{\sum_{d' \neq k} Z_{d'} L_{kd'}}$$

Bu formül,

$$V_{kd} = V_k \cdot \gamma_{kd} \text{ şeklinde de yazılabilir.}$$

Burada;

$$\gamma_{kd} = \frac{Z_d L_{kd}}{\sum_{d' \neq k} Z_{d'} L_{kd'}}$$

$Z_d L_{kd}$ terimi genellikle "potansiyel" olarak adlandırılır.

4.3.1.2.2. Bazı Şehirlerarası Yolcu İstem Modelleri.

Bu modeller, farklı türler arasındaki rekabeti dikkate alarak her hangi bir şehir çifti arasındaki yolculuğun düzeyini tahmin etmek için oluşturulan ilk önemli istem modelleridir. İlk oluşturulan model, Kraft-SARC modelidir. Daha sonra Quandt ve Baumol tarafından bir modeller ailesi oluşturulmuştur. Bu modellerle ilgili üçüncü tip model James Mc Lynn tarafından oluşturulmuştur.

Üç alternatifli bir durum için ve yalnızca zaman ve maliyet dikkate alınarak bu modeller şöyle ifade edilebilir.

Kraft-SARC:

$$V_{kdm} = \phi_{m0} (P_k P_d)^{\phi_{m1}} (I_k I_d)^{\phi_{m2}} (t_{kd1} C_{kd1})^{\epsilon_{m11}} (t_{kd2} C_{kd2})^{\epsilon_{m12}} (t_{kd3} C_{kd3})^{\epsilon_{m13}}$$

Mc Lynn:

$$V_{kdm} = \phi_0 (P_k P_d)^{\phi_1} (I_k I_d)^{\phi_2} \frac{t_{kdm} C_{kdm}}{\sum_q t_{kdq} C_{kdq}} \cdot \sum_q (t_{kdq} C_{kdq})^{\delta} \quad 1$$

Baumol Quandt:

$$V_{kdm} = \phi_0 (P_k P_d)^{\phi_1} (I_k I_d)^{\phi_2} (t_{kdm} C_{kdm})^{\theta_1} (t_{kdb} C_{kdb})^{\theta_2}$$

Burada;

V_{kdm} = m türü ile k ve d arasındaki hacim

P_k = k zonundaki nüfus

I_k = k zonundaki ortalama gelir

t_{kdm}, C_{kdm} = m türü ile k ve d arasındaki seyahat süresi ve ücret

t_{kdb} = En hızlı tür ile seyahat süresi

C_{kdb} = En ucuz türün ücreti

ϕ, θ, δ = Model parametreleri

Bu modellerde her hangi bir zon çiftini birbirine bağlayan tek bir güzergahın olduğu varsayılır. Bu varsayım kentlerarası yolculuk tahmini için kötü bir varsayım değildir.

4.3.1.2.3. Bileşik Hizmet Düzeyinin (L) Belirlenmesi.

Bireysel tüketicilerin kararları değişik ulaştırma hizmet nitelikleri arasında oluşturulmuş kayıtsızlık eğrileri kavramı esas alınarak belirlenebilir. Her bir kayıtsızlık eğrisi, aynı kullanımdaki tüketiciler için, hizmet nitelikleri değerlerinin kombinasyonunu ifade eder. Bir birey grubunun davranışını ifade eden bütünleşik istem fonksiyonu düzeyinde, kayıtsızlık eğrilerine benzerim söz konusudur. Örnek olarak; aşağıdaki istem fonksiyonu dikkate alınır:

$$V_1 = A \frac{t_1^{\beta} C_1^{\gamma}}{t_1^{\beta} C_1^{\gamma} + t_2^{\beta} C_2^{\gamma}}$$

$$V_2 = A \frac{t_2^\beta C_2^\gamma}{t_1^\beta C_1^\gamma + t_2^\beta C_2^\gamma}$$

Eğer $L_i = t_i^\beta C_i^\gamma$ olarak tanımlanırsa;

$$V_1 = A \frac{L_1}{L_1 + L_2}$$

$$V_2 = A \frac{L_2}{L_1 + L_2} \text{ şeklini alır.}$$

Böylece toplam hacim $V_T = V_1 + V_2 = A$ olur. Bu veriler ışığında

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{L_1}{L_1 + L_2} = \frac{1}{1 + (L_2/L_1)}$$

$$\frac{V_2}{V_1 + V_2} = \frac{L_2}{L_1 + L_2} = \frac{2}{1 + (L_1/L_2)} \text{ ifadeleri yazılabilir.}$$

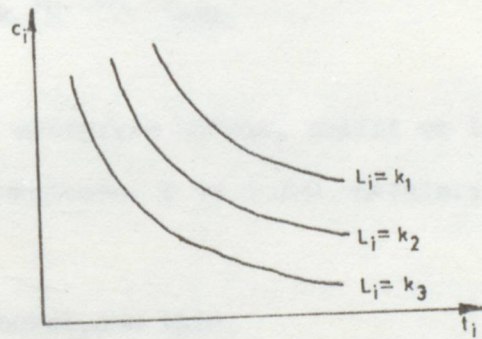
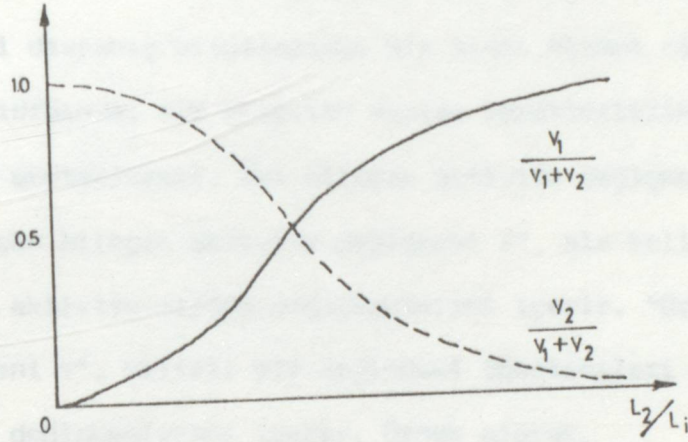
Böylece L istem üzerinde etkisi bulunan tüm hizmet değişkenlerini ifade eder. Şekil 4.20.a, bir ve iki türlerini L_2/L_1 in direkt fonksiyonu olarak nasıl dağıldığını göstermektedir. Şekil 4.20.b ise, L_i ile aynı değerleri veren t_i ve C_i değerlerinin kombinasyonunu göstermektedir. (Dikkat ediniz ki, β ve γ genellikle negatif olduğundan, C_i ve/veya t_i nin azalmasıyla L_i değeri artmaktadır.

İstem üzerinde bileşik etkisi olan tüm hizmet niteliklerini ifade eden L değişkenine "bileşik hizmet düzeyi" denir.

Bir çok hizmet niteliği tüketiciye göre negatif olarak değerlendirildiğinden L genellikle negatiftir yada bu değişkenlerin invers fonksiyonudur. Bu yüzden genellikle L 'nin negatif kullanımı uygundur ve "hizmetin negatif bileşik değeri" W olarak tanımlanır.

Teknik literatürde bu terimler, "direnç", "sürtünme faktörü", "genelleştirilmiş maliyet" ve "genelleştirilmiş ücret" olarak kullanılır.

Örneğin L 'nin tanımlanması farklı sosyoekonomik gruplar için farklıdır. Örnek olarak, eğer tüketiciler gelirlerine ve aile boyutlarına göre sınıflandırılmış ise β ve χ değerleri farklı gruplar için farklı değerler alacaktır. Böylece her bir sosyoekonomik grup için bileşik hizmet düzeyi farklı olacaktır.



Şekil 4.23. Bileşik hizmet düzeyi. a: L_2/L_1 'in fonksiyonu olarak 1 ve 2 türlerinin Dağılımı. b: bir sabit olarak L_1 değerlerinin belirlenmesi.

4.3.1.2.4. Bileşik Aktivite Değişkenleri

Bazı durumlarda, aktivite sistem değişkenlerinin tümünü yada bir kısmını, istem fonksiyonunda bir yada iki bileşik değişken olarak göstermek uygundur. Bu bileşik aktivite değişkenleri, aktivite sisteminin istem üzerindeki etkilerini özetler. Bütünleşik istem fonksiyonlarında, aktivite sistem değişkenleri iki

ana gruptan oluşur.

1-Son nokta nitelikleri: Bu nitelikler, olası son noktadaki aktiviteleri karakterize ederler.

2-Tüketici nitelikleri: Bu nitelikler tüketici karakteristiklerine ve tercihlerine göre orjin zonundaki belirli sosyoekonomik grupları karakterize ederler.

Tüketici davranış bilgilerininin bir kısmı hizmet nitelikleri parametrelerinde yansıtıldığında, tüm aktivite sistem karakteristikleri bileşik aktivite değişkenlerinde gösterilemez. İki bileşik aktivite değişkeni tanımlanabilir:

"Son noktaya özgün bileşik aktivite değişkeni Z", bir belirli son noktayı karakterize eden tüm aktivite-sistem değişkenlerini içerir. "Orjine özgün bileşik aktivite değişkeni Y", belirli bir orjindeki tüketicileri karakterize eden tüm aktivite sistem değişkenlerini içerir. Örnek olarak,

$$V_{kdm} = \alpha_1 P_k^{\alpha_2} I_k^{\alpha_3} E_d^{\alpha_4} L_{kdm}$$

Burada;

P, I ve E, sırasıyla nüfusu, geliri ve istihdam düzeyini ifade eder. L bileşik hizmet fonksiyonu, k ve d O-D noktaları, m tür ve α_i ' ler parametrelerdir.

Özgün bir istem fonksiyonu için,

$$Y_k = \alpha_1 P_k^{\alpha_2} I_k^{\alpha_3}$$

$$Z_d = E_d^{\alpha_4}$$

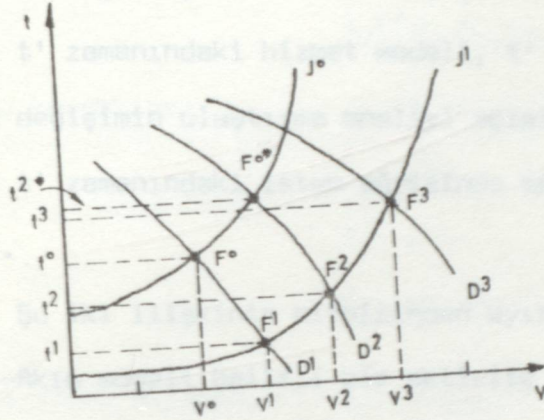
tanımlanabilir ve istem fonksiyonu

$$V_{kdm} = Y_k Z_d L_{kdm} \quad \text{şeklinde ifade edilebilir.}$$

İstem fonksiyonlarını mukayese etmek için, bu tip bileşik değişkenler oluşturmak ve istem fonksiyonlarını bu değişkenler vasıtasıyla tanımlamak faydalıdır. Bu, değişik türler arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları izole etmeye yardım eder.

4.3.1.3. Aktivite Değişimleri

Mevcut akım modeli, zamanla aktivite sisteminde değişimlere neden olur. Bu değişim şekil 4.24'de görülebilir.



Şekil 4.24. Aktivite Değişimleri

Nüfusun ve seyahat süresinin artışı sürekli olduğundan ulaştırma sistemi ile ilgili iyileştirmeleri uygulamak zaman alır. Bu yüzden başlangıç istem fonksiyonu D^1 zamanla D^2 ye değişir. İstem fonksiyonundaki bu değişimin ulaştırma sistemindeki herhangi bir değişimden bağımsız olduğu kabul edilir. Bu değişimi oluşturan kuvvetler, nüfus artışı ve ekonomik değişimler gibi harici etkenlerdir. Bu harici etkenler E ile gösterilir ve istem fonksiyonundaki değişimler bu E harici etkenlerin bir fonksiyonudur.

T^1 ulaştırma sisteminin uygulanması istemde ilave değişimlere neden olabilir. Örnek olarak: Konut alanlarının ve alışveriş merkezlerinin gelişmesini bir karayolu yapımı takip edebilir yada bir sanayi kentinin gelişmesi büyük bir demiryolu ve liman inşaatını gerektirebilir. Böylece istem eğrisi D^3 e değişir. (Yeni denge (V^3, t^3) dir ve t^3 gerçekte t^0 dan büyük olabilir. Yeni sistem üzerindeki hizmet düzeyi gerçekte bir önceki sistemin hizmet düzeyinden daha kötüdür. Ancak bu hizmet düzeyi, eski sistem t^0 ve D^2 istem fonksiyonunun sonucu olan t^2 hizmet düzeyinden daha iyidir.)

Harici olayların ve yeni ulaştırma sistemlerinin uygulanmaya konmasının etkisi şöyle gösterilebilir.

$$(T', A') \longrightarrow [F' = (V', S')] \longrightarrow A''$$

Bu bağıntıya "aktivite değişim ilişkisi" denir.

t' zamanındaki hizmet modeli, t' zamanında aktivite sistemini değiştirir. Bu değişimin ulaştırma analizi açısından önemi, t' zamanındaki istem eğrisinin t' zamanındaki istem eğrisinde meydana gelen değişimlerden dolayı oluşmasıdır.

Şu iki ilişkinin birbirinden ayırd edilmesi gereklidir. 1- Kısa dönem dengesi-Akım modeli belirli bir aktivite sisteminin sonucudur. 2- Uzun dönem dengesi-Aktivite sistemindeki değişimler akım modelini etkiler. Yukarıda izah edilen 1. tip ilişkiye seyahat-pezer dengelemesi, 2. tip ilişkiye de aktivite-sistem dengelenmesi denmektedir.

4.3.2. SİSTEM PERFORMANSI TAHMİNİ

Bir ulaştırma sisteminin performansını belirleyebilmek için o sisteme ait kaynak tüketim fonksiyonlarının ve hizmet fonksiyonlarının belirlenmesi gerekliliği daha önce belirtilmiştir. En genel haliyle bir performans modeli, Tablo 4.2.'deki değişkenleri içerir.

Karar değişkenleri

$$T = (M, K, N, Q, P)$$

$$M = (w, v, q^C)$$

Çevre

$$E(d)$$

Temel bağıntılar

$$n(T) = \frac{v}{2d}$$

$$q(T) = \min(Q, nN, q^C K)$$

$$Vc(T) = 2wq$$

Hizmet düzeyleri

$$S(T) = (t_{iV}, t_w, t_T, c)$$

	$c(T)=P$
	$t_{iv}(T)=\frac{d}{V}$
	$t_w(T)=\frac{1}{2q}\left(1+\frac{j}{1-}\right), \quad =\frac{V_d}{V_c}$
	$t_T(T)=t_{iv}+t_w$
Tüketim kaynakları:	$R=(R_F,R_V,R_O)$
	$R_V=bvN$
	$R_F=bfK$
	$R_O=bo\frac{Q}{n}$
Temel Bağıntılar:	
Değerlendirme Bileşenleri	$C_T(T)=C_{TF}(T)+C_{TV}(T)+C_{TO}(T)$
	$C_{TF}(T)=C_{FK}K$
	$C_{TV}(T)=C_{VN}N$
	$C_{TO}(T)=C_{OQ}\frac{Q}{n}$

Tablo 4.2. Performans Mdoeli.

Bu modeldeki değişkenler ve ilişkiler şöyle açıklanabilir.

Karar Değişkenleri:

Performans modelini oluştururken esas alınan sistem ve sistemin performansı olduğuna göre, doğal olarak bir ulaştırma sisteminin performansının da doğal olarak o sistem ile ilgili karar değişkenleri olacaktır. Bir T ulaştırma sisteminin karar değişkenlerinin ise; teknolojik karakteristikleri belirleyen alt karar değişkeninin vektörü M, tarifelendirilmiş gidiş-dönüş taşıt hareketlerinin saat başına toplam sayısı Q, yolcu başına tek yönde ödenen ücret sabit ulaştırma sisteminin sabit tesislerini karakterize eden büyüklükler (örnek olarak, karayollarının şerit sayısı) K, bir saatte gidiş-dönüş yapan maksimum taşıt sayısı N gibi alt karar değişkenleri oluşturur.

$$T=(M,Q,P,K,N)$$

M alt karar değişkeni, tercih edilen teknolojinin temel karakteristiklerini belirler. Bu temel karakteristikler ise; tek yönde bir seferde taşınan yolcu sayısı yada yük miktarı w , taşıtların ortalama seyahat hızı v , ve bir sabiet ulaştırma biriminin mücade ettiği saat başına gidiş-dönüş q^C dir.

$$M = (w, v, q^C)$$

Çevre:

Ulaştırma sisteminin etkilediği çevre ve etkilenme derecesi, yol güzergahının mesafesinin bir fonksiyonudur.

$$E = (d)$$

Temel Bağıntılar:

Bir taşıtın bir saatte yapabileceği gidiş-dönüş sefer sayısı $n(T)$: Bir taşıtın bir saatte yapabileceği sefer sayısı taşıtın hızına ve güzergahın boyuna bağlıdır.

$$n(T) = \frac{v}{2d}$$

Saat başına gerçekleşen toplam taşıt gidiş-dönüş sefer sayısı $q(T)$: Bir güzergahta gerçekleşebilecek toplam saat başına taşıt gidiş-dönüş sefer sayısı şu ifadededen belirlenebilir.

$$q = \min(Q; Kq^C; Nn)$$

Burada, Q orer yada tarife ile belirlenmiş toplam saatlik sefer sayısını; K sabit ulaştırma imkanlarını birimlerinin sayısını ve q^C bir ulaştırma tesisi biriminin geçirebileceği saatlik sefer sayısı olduğuna göre, (Kq^C) o ulaştırma tesisinin bir saatte mücade ettiği toplam gidiş-dönüş sefer sayısını; N filodaki taşıt sayısı ve n de bir taşıtın bir saatte yapabileceği gidiş-dönüş sefer sayısı olduğuna göre, (Nn) taşıt filosunun bir saatte yapabileceği toplam gidiş-dönüş sefer sayısını verir. Böylece bu üç değerden en küçüğü bu güzergahın gerçek saatlik toplam gidiş-dönüş sefer sayısını belirler.

Bir güzergahın geçirebileceği maksimum hacim yada kapasite hacmi $V_c(T)$:

Bir taşıtın bir seferde tek yönde taşıyabileceği yolcu sayısı yada yük miktarı w , birin ise, bir taşıtın gidiş-dönüş seferi esnasındaki kapasitesi $2w$ olacaktır. Bir saatte yapılabilecek toplam sefer sayısı ise q olduğuna göre sistemin kapasite hacmi

$$V_c(T) = 2wq$$

olacaktır.

Hizmet düzeyleri

Bir sistemin performansını belirleyebilmek için dikkate alınması gereken hizmet nitelikleri taşıt içi süre (t_{iv}), taşıt bekleme süresi (t_w), toplam seyahat süresi (t_T) ve seyahat içi harcanan para (c) dir.

$$S(T) = (t_{iv}, t_w, t_T, c)$$

Taşıt içi süre $t_{iv}(T)$: Bir yolcunun bir başlangıç noktasından bir son noktaya gidebilmek için taşıt içinde geçireceği süre taşıtın ortalama hızına ve güzergahın boyuna bağlıdır.

$$t_{iv}(T) = \frac{d}{v}$$

Taşıt bekleme süresi $t_w(T)$: Bir taşıta binebilmek için geçen süre, taşıt frekansa ve taşıtların duraklara varışını etkileyen tıkanıklığa bağlıdır. Taşıt bekleme süresi en genel haliyle şöyle ifade edilebilir.

$$t_w(T) = \frac{1}{2q} \left(1 + \frac{jf}{1-f}\right)$$

Bir taşıtın bir seferde toplam hizmet alma süresi (t_{TO}), birim sefer başına hizmet alma süre (t_p) ile gecikme süresi (t_D) nin toplamına eşittir.

$$t_{TO} = t_p + t_D$$

Bir sistemin belirli bir kesimin kapasitesi, birim zamanda M dizi olarak ifade edilirse, her dizinin ortalama harcadığı süre $t_p = 1/\mu$ olacaktır. Bu kesime birim bürede gelen dizi sayısı λ ile karakterize edildiğinde, λ değeri M 'den büyükse sistemde kuyruklanma meydana gelecektir ve bu kuyruklanma da gecikmeyi doğuracaktır. Eğer λ ile M 'nin her ikisi de rastgele değişkenler ise olması durumunda da kuyruklanma oluşabilir. Gecikme süresi t , λ 'nın M 'ye

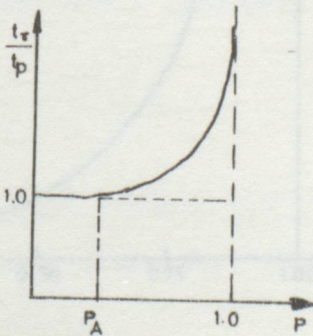
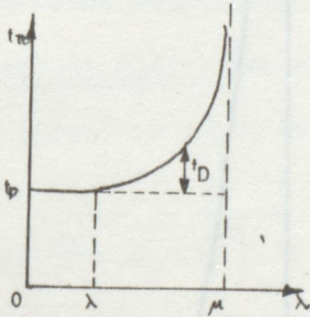
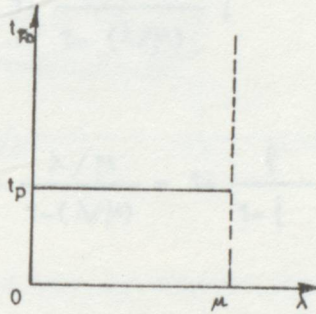
göre bir fonksiyonudur. λ/μ oranı genellikle ρ ile karakterize edilir.

Böylece

$$\frac{t_{TD}}{t_p} = 1 + \frac{t_D}{t_p}$$

olarak ifade edilebilir.

Tıkanıklığın etkisi Şekil 4.25. de görülebilir.



Şekil 4.25: Kapasite ve tıkanıklık a) Deterministik durum, b-c) Tıkanıklık dikkate alındığında oluşan gerçekçi durum.

Kuyruklanma teorisinin bir sonucu olarak gecikme süresi t_D şöyle ifade edilebilir.

$$t_D = \frac{1}{M} \frac{1}{(M/\lambda)-1} = \frac{1}{M} \frac{\lambda/M}{1-(\lambda/M)}$$

Tıkanıklık olmaksızın oluşacak ortalama hizmet süresi

$$t_p = 1/M$$

ise,

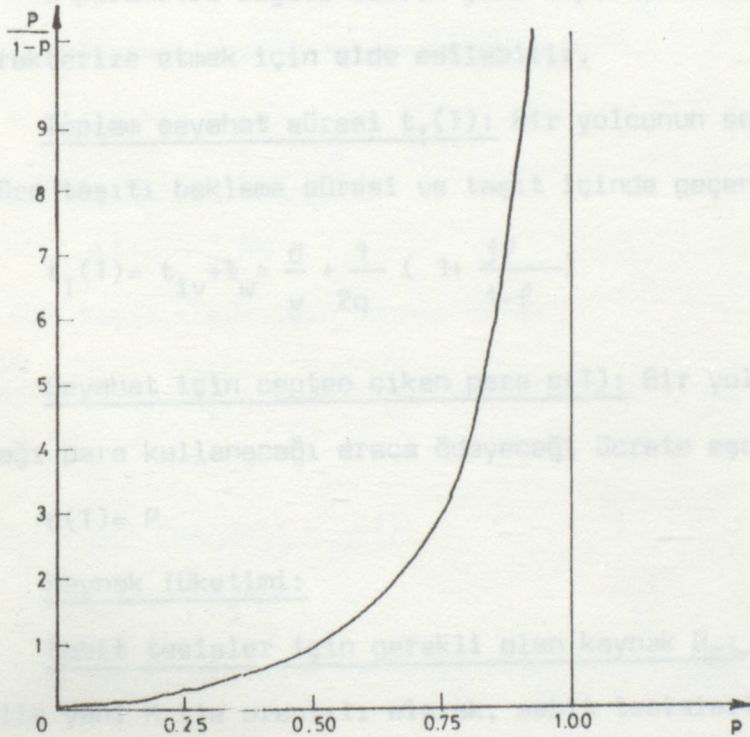
$$t_{TD} = t_p + t_D = \frac{1}{M} \left[1 + \frac{\lambda/M}{1-(\lambda/M)} \right]$$

ve

$$\frac{t_{TD}}{t_p} = 1 + \frac{t_D}{t_p} = 1 + \frac{\lambda/M}{1-(\lambda/M)} = 1 + \frac{\rho}{1-\rho}$$

Şekil 4.27. Genel Bir Tıkanıklık Modeli.

Bu fonksiyonun davranışı Şekil 4.26.' de görülebilir.

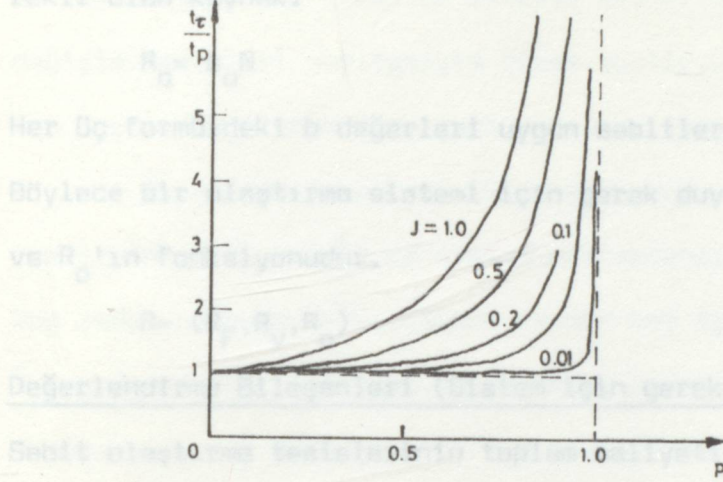


Şekil 4.26. Temel Kuyruklanma Teorisi:

Tıkanıklık ile çok daha genel modeller formüle edilebilir. Aşağıdaki, Davidson formülüne göre tıkanma şöyle ifade edilebilir.

$$\frac{t_{TD}}{t_p} = 1 + \frac{\rho}{1-\rho}$$

Bu fonksiyon Şekil 4.27.'de görülebilir. (Değişik j değerleri için)



Şekil 4.27. Genel Bir Tıkanıklık Modeli.

J parametre değeri teorik yada ampirik olarak belirli bir sefer süresini karakterize etmek için elde edilebilir.

Toplam seyahat süresi $t_T(T)$: Bir yolcunun seyahat için harcayacağı toplam süre taşıtı bekleme süresi ve taşıt içinde geçen sürenin toplamına eşittir.

$$t_T(T) = t_{iv} + t_w = \frac{d}{v} + \frac{1}{2q} \left(1 + \frac{jp}{1-p} \right)$$

Seyahat için cepten çıkan para $c(T)$: Bir yolcunun seyahat esnasında harcayacağı para kullanacağı araca ödeyeceği ücrete eşdeğerdir.

$$c(T) = P$$

Kaynak Tüketimi:

Sabit tesisler için gerekli olan kaynak R_F : Sabit tesislerin birim sayısı ile yani K ile orantılı olarak, sabit tesisleri inşa etmek ve işletmek için ihtiyaç duyulan kaynaktır.

$$R_F = b_F K$$

Taşıtlar için gerekli olan kaynak R_V : Taşıtların birim sayısı ile orantılı olarak bir taşıt filosu oluşturmak ve bu taşıt filosuna işletme şartları ile ilgili bakımı yapmak için ihtiyaç duyulan kaynaktır.

4.4. Değerlendirme Bileşenleri (Sistem için gerekli parasal maliyetler)

Taşıt işletimi için gerekli olan kaynak R_0 : Saat başına, taşıt-saat sayısı ile yani Q/n ile orantılı olarak tariflendirilen hizmeti işletmek için gerekli olan kaynak. İkisi de dikkate alınır. İnsan devrenışı, istem ve aktivite

değişim $R_0 = b_0 N$ ifadesiyle ifade edilir. Ulaştırma sisteminin performansı Her üç formüldeki b değerleri uygun sabitlerdir.

Böylece bir ulaştırma sistemi için gerek duyulan toplam kaynak miktarı R ; R_F, R_V ve R_0 'ın fonksiyonudur.

$R = (R_F, R_V, R_0)$

Değerlendirme Bileşenleri (Sistem için gerekli parasal maliyetler)

Sabit ulaştırma tesislerinin toplam maliyeti $C_{TF}(T)$:

$$C_{TF}(T) = c'_{FK} \cdot R_F$$

c'_{FK} = Birim kapasite başına sabit tesis maliyeti (örnek olarak, şerit-km başına) Diğer bir ifadeyle sabit tesis yatırımları; q_c nin, ortalama hızın ve mesafenin belirlediği proje standartlarına bağlıdır.

$$c'_{FK} = f(q_c, v, d)$$

Toplam Taşıt Maliyeti $C_{TV}(T)$:

$$C_{TV}(T) = c'_{VN} R_N$$

c'_{VN} = Bir taşıt almak için ödenen ücret

Bir taşıt maliyeti, o taşıtın karakteristikleri bağlıdır.

$$c'_{VN} = g(w, v)$$

Toplam İşletme Maliyeti $C_{TO}(T)$:

$$C_{TO}(T) = c'_{oq} R_0$$

c'_{oq} = Bir taşıtın işletme maliyeti (taşıt-saat başına)

İşletme maliyeti taşıtın ve sabit tesislerin karakteristiklerine bağlıdır.

$$c'_{oq} = k(w, v, d)$$

Böylece bir sistemin toplam maliyeti $C_T(T)$:

$$C_T(T) = c'_{VN} R_N + c'_{oq} R_0 + c'_{FK} R_F$$

olarak bulunur.

4.4. DENGELEME /1/

Ulaştırma analizinin tahmin aşamasında, insan davranışının ve sistem performansının her ikisi de dikkate alınır. İnsan davranışı, istem ve aktivite değişim modelleri vasıtasıyla ifade edilir. Ulaştırma sisteminin performansı ise kaynak ve hizmet modelleri vasıtası ile ifade edilir.

Dengeleme işlemi, bu iki faktör arasında bir ara kesit oluşturmayı içerir. İnsan davranışı ve sistem performansı arasındaki ara kesit, farklı bir kaç zaman periyodu çerçevesinde ve bir kaç işlem uygulanarak bulunabilir. İnsan davranışı ve sistem performansı arasındaki ara kesit üç gruba ayrılabilir 1-Seyahat-pazar dengelemesi, 2-aktivite-sistem dengelemesi ve 3-ulaştırma-işletmeci dengelemesi.

Kısa dönemde ,ulaştırma sistem karar değişkenleri T ve aktivite sistem karar değişkenleri A sabittir. Böylece hizmet fonksiyonu S ve seyahat istem fonksiyonu D, denge akım modelini belirlemek için kesiştirilebilir. Bu birinci tip ilişkidir. Seyahat-pazar dyengelemesinde anahtar nitelikte iki sorun vardır. Bu sorunlardan birincisi, hizmet fonksiyonunun hesaba nasıl katılacağı ve özellikle tıkanıklık etkileri, diğeri ise hizmetlerin mekânsal (uzamsal) dağılımı ,ulaştırma ağının topolojik yapısı ve seyahat güzergahlarını tercihin davranışsal esaslarıdır.

Uzun dönemde genellikle aktivite sistemi değişir. Herhangi bir zaman periyodunda oluşan değişimin nüvesi ,bir önceki zaman periyodunda mevcut olan dengelenmiş akım modeli ile ve bir toplumdaki sosyal ve ekonomik değişimler gibi dahili aktivite güçleri ile kısmen etkilenir. Yöntem bilimsel olarak, seyahat istem fonksiyonu D nin zaman boyunca değiştiği ifade edilebilir, böylece istem fonksiyonunda oluşan değişimler aktivite değişimlerine , bunlarda seyahat-pazar dengelemesinde değişimlere neden olur. Bu ikinci tip ilişkidir.

Ayrıca uzun dönemde her bir ulaştırma işletmecisi, işletme amaçlarını maksimize eden bir seyahat-pazar dengelemesini başarabilmek için , zaman periyodu-

nun her bir noktasındaki maksimum seyahat-pazar dengesini sağlayan , işletme ile ilgili karar değişkeni ayarlamasını yapabilir. Bu ise üçüncü tip dengeleme ilişkisidir.

4.4.1. Seyahat-Pazar Dengelemesi.

Belirli bir istem fonksiyonunu akım tahmininde kullanırken, ulaştırma hizmet düzeyinin bilindiği ve değişmediği varsayılır. Genellikle bu varsayım tam doğru değildir. En azından bazı hizmet nitelikleri, sistemi kullananların sayısına göre değişir. Örnek olarak, bir otobüs güzergahı üzerindeki seyahat süresi sistem kullanımının düzeyine bağlıdır. Bu varsayım, eğer istem fonksiyonu biliniyorsa gerçek kullanım düzeyinin tahminini güçleştirir. Kullanım düzeyi, istem fonksiyonunun belirlendiği hizmet düzeyinin bir fonksiyonu olacaktır, fakat hizmet de kullanım düzeyinden etkilenecektir. Bu ikinci bağımlılık ifadesi şu hizmet düzeyi ifadesi ile yansıtılabilir.

$$S=J(V,T)$$

Burada T ulaştırma sisteminin özelliklerini, V ise ulaştırma sisteminin hacmini gösterir.

Genellikle, hizmet ve istem fonksiyonlarının her ikisinin kullanılması ile hacim belirlenebilir. Seyahat pazarındaki denge akım modelini belirleyebilmek için kullanıcı davranışı (istem) ve teknoloji (hizmet) arasındaki etkileşimin bilinmesi gerekir. Dengelemede, tahmin edilen hacmin i ulaştırma yüzeyinde oluşturacağı S_i hizmet düzeyi şöyle ifade edilebilir.

$$\text{Tüm } i \text{ ler için } , S_i = J_i (V_i)$$

ve tahmin edilen hizmet düzeyinin i ulaştırma yüzeyinde oluşturacağı V_i hacimde şöyle ifade edilebilir.

$$\text{Tüm } i \text{ ler için } , V_i = D (S_i)$$

Bu detaylı dengeleme yaklaşımı çok genel bir yaklaşımdır. Yalnızca istem fonksiyonu kullanarak yeni bir ulaştırma sistemi karar değişkenlerine karşılık gelen hacim ve hizmet düzeyi tahminleri hataya yol açar. Çünkü, kabul edilen hizmet düzeyi yalnızca istem fonksiyonu ile tahmin edilen hacimle uygunluk göstermeyebilir. Hizmet fonksiyonu eğer hesaba katılıyorsa bu uygunluğ sağlamalıdır. Bu etkilerin önemi aşağıdaki örnekte gösterilmiştir.

4.4.1.1. Bir Örnek.

Bu örnekte, yoğun nüfuslu bir bölgedeki iki kent arasındaki bir havayolu seyahati modeli dikkate alınacaktır.

Başlangıç yılında, seyahat hacmi günlük 6.000. kişidir ve istemin her yıl bin kişi artacağı tahmin edilmiştir. İstem tahmin edilebileceği üç yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşımda istemin basit olarak her sene bin kişi artacağı kabul edilir. İkinci yaklaşımda istem, seyahat süresine bağlı olarak ifade edilir. Şöyle ki:

$$V = a - bt$$

Burada,

a= Seyahat süresinin etkisi dikkate alınmadığında seyahat edeceklerin sayısı.

b= Birim seyahat süresi artışından etkilenen yolcu sayısı.

t= Seyahat süresi.

a değeri başlangıç yılında 10.000.'dir ve bu yılda iki kent arasındaki seyahat süresi iki saattir. b katsayısı ise, seyahat süresinin bir saati başına bir günde iki bin yolcudur. Yani,

$$V = 10\ 000 - 2\ 000 \times 2 = 6\ 000 \text{ yolcu.}$$

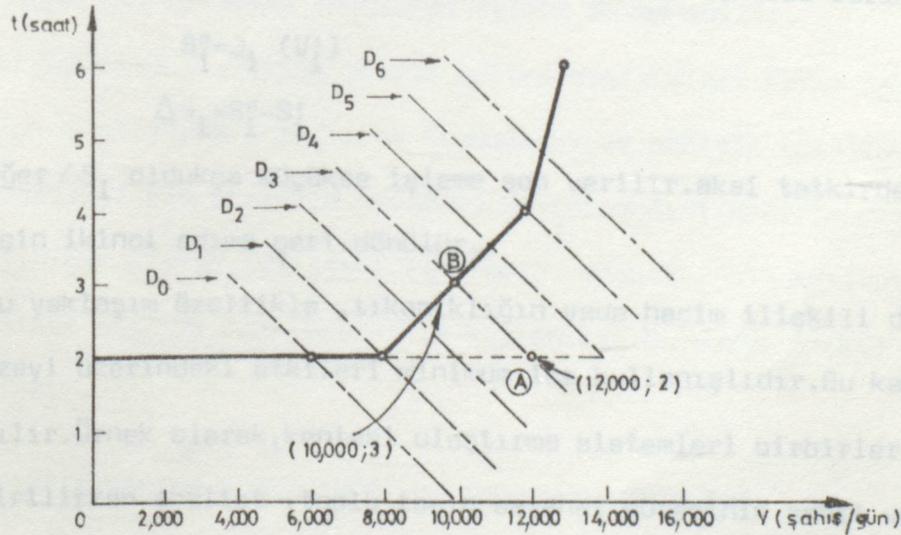
Eğer seyahat süresinin sabit olduğu kabul edilirse, birinci yaklaşımdaki aynı tahmin sonuçları elde edilir.

Üçüncü yaklaşımda ise, seyahat süresinin hacimden etkilendiği dikkate alınır. Yani, belirli bir hacimden sonra sistemde tıkanıklık meydana gelir.

Bu durumun yansıtıldığı üç doğrusal kısımdan oluşan detaylı bir hizmet fonksiyonu bu örnek için kabul edilebilir.

$$t = \begin{cases} 2 & 0 \leq V \leq 8000 \\ \frac{V}{2000} - 2 & 8000 \leq V \leq 12000 \\ \frac{V}{500} - 20 & V \leq 12000 \end{cases}$$

$V = 12000$ iken seyahat süresi ikiye katlanır. Yani dört saate çıkar. Bu noktadan bakıldığında sistem kapasiteye yaklaştı denebilir ve seyahat süresi, günlük bin ilave yolcu artışı için iki saat artar. Bu uygulamada açıkça, hizmet etkilerinin yalnızca özel şartlar altında ihmal edilebileceği görülebilir. Eğer tıkanıklık dikkate alınmamış olsaydı, hacim altıncı yılın sonunda 12000'e eriştiğinde seyahat süresi yine iki saat olacaktı. Ancak tıkanıklık etkisi hesaba katıldığında hacim 10000 ve seyahat süresi üç saat olacaktır. (Şekil 4.28.)



Şekil 4.28. Tıkanıklığın istem üzerindeki etkisi.

4.4.1.2. Seyahat - Pazar Denegelemesine Bağlı Pratik Yaklaşımlar.

Yukarıda, bir değerlendirme işlemi için istem ve hizmet arasındaki ilişkinin detaylı bir şekilde incelenmesinin niçin önemli olduğu izah edilmiştir. Bazı durumlarda, bazı varsayımlar yapılarak problemin genel karmaşıklığı azaltılabilir ve bazı durumlarda bu varsayımlar iyi sonuç verebilir. Dengeleme işleminde pratik sonuçlar üreten iki yaklaşım vardır. Bunlar; "Bilinen Hizmet Düzeyi Varsayımı" ve "Bilinen Hacim varsayımı"'dır.

4.4.1.2.1. Bilinen Hizmet Düzeyi Varsayımının Kullanımı.

Bazı durumlarda analist, bir denge analizinden tahmin etmiş olduğu hizmet düzeyinde, tıkanıklığın önemli olmayacağı hissine varabilir.

Eğer hizmet düzeyi kolayca tahmin edilebiliyorsa, dengeleme basitleşir ve öncelik hizmet fonksiyonuna verilir. Böyle bir kabulde işlem sırası aşağıdaki gibidir.

Birinci Adım: S_i^1 yeni hizmet düzeylerinin tahmini.

İkinci Adım : İstem fonksiyonu kullanılarak $V_i^1 = D(S_i^1)$ nin bulunması.

Üçüncü Adım : Hizmet fonksiyonlarının tekrar kontrol edilmesi.

$$S_i'' = J_i(V_i^1)$$

$$\Delta S_i = S_i'' - S_i^1$$

Eğer ΔS_i oldukça küçükse işleme son verilir. aksi takdirde S_i^1 nün tahmini için ikinci adıma geri dönlür.

Bu yaklaşım özellikle ,tıkanıklığın yada hacim ilişkili diğer etkilerin hizmet düzeyi üzerindeki etkileri minimum ise kullanışlıdır. Bu kabul pratikte sıkça yapılır. Örnek olarak, kentsel ulaştırma sistemleri birbirlerine göre değerlendirilirken analist , toplu taşın seyahat süresinin sabit ve hacimden bağımsız olduğu kabulünü sıkça yapar.

Bu yaklaşım şekil 4.29.b de gösterilmiştir. Burada J^0 başlangıç hizmet fonksiyonu ve J^1 yeni hizmet fonksiyonudur. Her ikisinde sabit ve hacimden

bağımsızdır.

4.4.1.2.2. Bilinen Hacim Varsayımının Kullanılması.

Eğer istem hacmi kolaylıkla tahmin edilebiliyorsa ,dengeleme basitleşecektir ve böylece öncelik performans fonksiyonuna verilecektir.Bu işlem için takip edilecek sıra şöyledir.

Birinci adım : V_i^1 yeni hacimleri tahmin edilir.Bu hacimler ya başlangıç hacimleri V_i^0 , a eşit kabul edilir yada bir yük faktörü ile düzeltilir ($V_i^1 = V_i^0 \cdot C$) ya da bir plan hedefi olarak düzeltilir.

İkinci adım :hizmet fonksiyonu kullanılarak,hizmet fonksiyonu $S_i^1 = J_i(V_i^1)$ bulunur.

Üçüncü adım:Listem fonksiyonu tekrar kontrol edilir.

$$V_i^2 = D_i(S_i^1)$$

$$\Delta V_i = V_i^2 - V_i^1$$

Eğer ΔV_i kabul edilebilirse işleme son verilir.Aksi takdirde uygun V_i^1 hacmi bulunana kadar ikinci adıma dönülerek işleme devam edilir.

Bu yaklaşım özellikle analiz edilen değişimlere karşı istem fonksiyonunun hassas olmadığına inanılırsa faydalıdır ve değişik işletim politikaları altındaki belirli bir sistemin işletme performansını değerlendirmede özellikle kullanılır.Örnek olarak,stokastik simulasyon modellerinin kullanıldığı liman ya da terminal analizi için özellikle kullanılır.Bu durum şekil 4.29.c de gösterilmiştir.

4.4.2. AKTİVİTE-SİSTEM DENGELMESİ VE TAHMİN DİNAMİKLERİ.

Başlangıçta bazı tanımlamaların yapılması gereklidir.Şöyle ki,

$T^t = t$ zamanında ulaştırma sisteminin durumu.

$A^t = t$ zamanında aktivite sisteminin durumu.

$AC^t = t$ zamanında ulaştırma sisteminde değişim gerektiren faaliyetler kümesi (ulaştırma karar değişkenleri vasıtası ile tanımlanır).

$AA^t = t$ zamanında aktivite sisteminde değişim gerektiren faaliyetler kümesi (aktivite karar değişkenleri vasıtası ile tanımlanır).

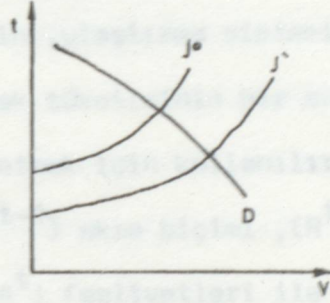
$E^t = t$ zaman periyodu esnasında oluşan harici olaylar .

Belirli bir P planı ,küçük n zaman periyodu boyunca uygulanan faaliyetlerin ardışımından oluşur.

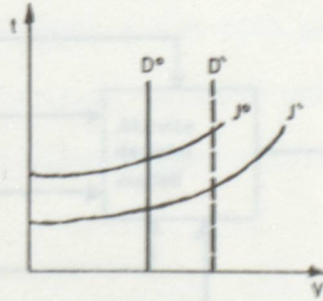
$$P=(AC^1,AA^1;AC^2,AA^2;.....;AC^n,AA^n)$$

Bu planla ilgili etkileri tahmin etmek ,zaman boyunca oluşan seyahat-pazar ve aktivite-sistem dengelemesinin detaylı bir ortak ilişkisinin bilinmesini gerektirir.

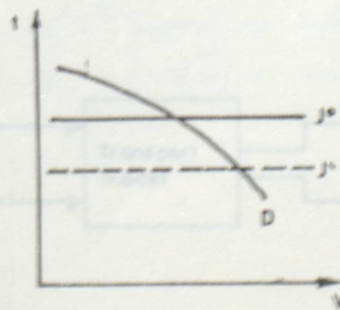
Genel Durum



Bilinen hacim varsayımı



Bilinen hizmet düzeyi varsayımı



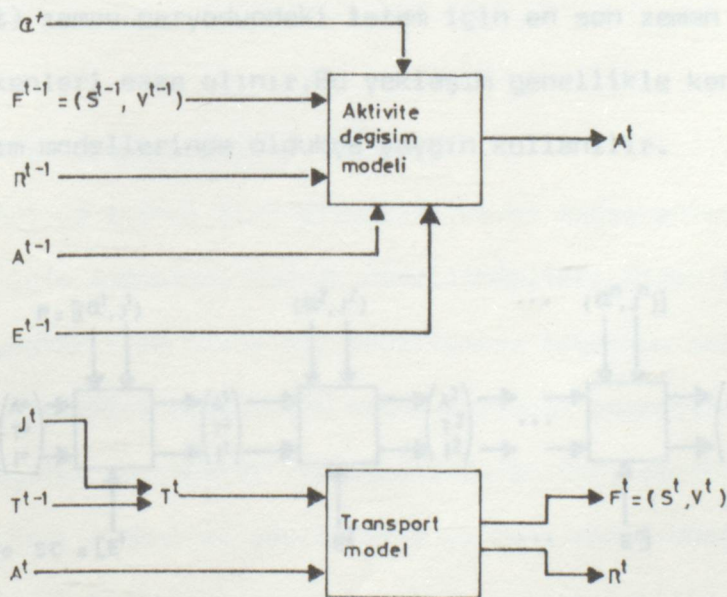
Şekil 4.29. Basitleştirilmiş İki Değerlendirme Yaklaşımı

Aktivite sisteminin zaman boyunca gelişimi ,aktivite sistemindeki iç değişimlerin (nüfus artışı ve ekonomi yapısındaki değişimler gibi faktörleri içerir),ulaştırma etkisinin (zaman boyunca hizmet düzeyinde oluşan değişimlerle yansıtıldığı gibi) ve harici olayların etkisinin bir fonksiyonudur.Bir senaryo (SC), n zaman periyodu boyunca oluşan harici olaylar kümesinin bir ifadesidir.

$$SC=(E^1,E^2,\dots,E^n)$$

Her bir model sistemi için detaylı bir senaryoya gereksinim vardır. Daima nüfus artışı ve enerji ücretleri gibi girdi olarak tanımlanabilen bazı harici değişkenler vardır.

Bir aktivite değişim modeli ikinci tip ilişkiyi ifade eder ve aktivite-sistem karar değişkenlerinin ,ulaştırma sistemindeki akım modelinin ve ulaştırmanın neden olduğu kaynak tüketiminin bir sonucu olarak,aktivite sisteminde oluşan değişimleri tahmin etmek için kullanılır.(t-1) zamanında ;bilinen bir (A^{t-1}) aktivite sistemi, (F^{t-1}) akım biçimi , (R^{t-1}) kaynak tüketimi ve t zaman periyodunda kabul edilen (AA^t) faaliyetleri ile ,aktivite-değişim modeli t zaman periyodunda aktivite sisteminin durumunu tahmin eder.(Şekil 4.30)



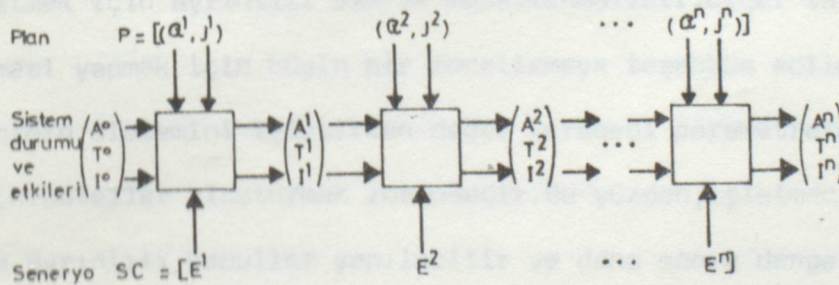
Şekil 4.30. (a) Bir Aktivite Değişim Modelinin ve (b) Bir Ulaştırma (Transport) Modelinin Girdi Ve Çıktılarını Gösteren Akım Şeması.

Bu tahmin aynı zamanda (E^{t-1}) çevresel değişkenlerdeki harici değişimlerin etkisini de içerir. Bu, ulusal ekonominin istihdam düzeylerine ve istihdamın sanayi tiplerine göre dağılımına olan etkisini ifade edebilir. Diğer dört temel tahmin modeli (hizmet, kaynak, istem ve seyahat-pazar dengelemesi) ulaştırma (transport) modeli olarak adlandırılan tek bir blokta birleştirilmiştir. Bu terminoloji (Harvard-Brookings model sistemi) nde kullanılmıştır.

(t-1) zamanında ;bilinen bir (A^{t-1}) aktivite sistemi ,(T^{t-1}) ulaştırma sistemi ve (t) zaman periyodunda değişim gerektiren (AC^t) faaliyetleri değişen (T^t) ulaştırma sistemindeki (F^t) akım modelini ulaştırma modeli tahmin eder. Yani ulaştırma modeli;(t) zaman periyodundaki (S^t) hizmet düzeylerini, (V^t) hacimlerini ve ulaştırma tarafından tüketilen (R^t) kaynaklarını tahmin eder.

Aktivite-değişim ve ulaştırma (transport) modelleri arasındaki bağlantı şekil 4.31 de gösterilmiştir. Aktivite sistem karar değişkenlerinin (t zaman periyodundaki) aktivite sistemini etkilediği ve böylece de transport modeldeki seyahat istemini de (t zaman periyodundaki) etkilediği kabul edilir.

Alternatif olarak (t) zaman periyodundaki aktivite sistem karar değişkenlerinin bir sonraki zaman periyodunda aktivite sistemini etkileyeceği kabul edilir ve böylece (t) zaman periyodundaki istem için en son zaman periyodundaki aktivite sistem değişkenleri esas alınır. Bu yaklaşım genellikle kentsel ulaştırma arazi-kullanım modellerinde oldukça yaygın kullanılır.



Şekil 4.31. n Zaman Periyodu Zaman-Aşamalı Stratejilerin Tahmini

Aktivite-değişim ve transport (ulaştırma) modellerinin bütünleşik birleşimi ulaştırmanın ve aktivite sistemlerinin zaman boyunca ki gelişimleri nin simülasyonuna elverişli bir model yapısı oluşturur.Zaman-aşamalı bir simülasyon modeli ,ulaştırma karar değişkenlerinin uygulanmasındaki zamanlanmanın ve alternatif ardışımının test edilmesi için gereklidir.Bu şekil 4.31 de gösterilmiştir.

Burada I^t , t zaman peryodunda oluşması tahmin edilen etkilerin tümünü ifade eder(akımlar ,kullanıcı etkileri ,işletmeciler etkileri v.b.).Bazı zamanlarda bu dengeleme işleminde işletmeci dengesi de bulunur.Bunun için bir işletmeci karar mantığı kabul edilir ve t peryodunda ki ulaştırma sistem faaliyetleri iki gruba bölünür:Faaliyetlerin bazıları, test edilen planın kısmî özellikleri olarak saptanır,bunlar modelin dışındaki faaliyetlerdir ve (AC^{te}) olarak gösterilir.Diğer faaliyetler ,kabul edilen işletmeci karar mantığını yansıtan model ile dahili olarak belirlenir ve (AC^{ti}) olarak gösterilir.Örnek olarak:Dahilen belirlenen kararlar;ulaşım ücretleri ,filodaki taşıt sayısı ve hizmet frekansı olabilir.Tesis yatırımı hakkındaki kararlar ise haricidir.İşlevsel olarak;işletmeci mantığı,transport-model bloğunun bütünleşik bir kısmıdır.

4.4.3. İŞLETMECİ DENGELMESİ

Birinci ve ikinci tilp ilişkiler,karar değişkenlerinin etkilerini tahmin etmek için ayrıntılı olarak modellenmelidir.Diğer taraftan,işletmeci dengelemesi yapmak için böyle bir modellemeye teşebbüs edilmez.Çünkü analist, işletmecinin sistemini işletirken değer vereceği parametreleri tam olarak bilemez,hipotezler oluşturmak zorundadır.Bu yüzden,işletmeci karar mekanizması hakkında ayrıntılı kabuller yapılabilir ve daha sonra dengelemeyi sağlayabilmek için matematiksel optimizasyon programları kullanılabilir.Ancak yapılan kabuller ışığında optimizasyon programlarının kullanılması sonunda klasik sunu fonksiyonları türetilebilir.

5. BÖLÜM

DÖRT-AŞAMALI VE DENGE YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Dört -Aşamalı Yöntemin Değerlendirilmesi:

Dört aşamalı yöntem son yirmibeş yıllık dönemde ortaya çıkışı ve kurumsallaşmasıyla büyük bir başarı kazanmıştır.Bu yöntem büyük ölçekli sivil sektör problemlerine uygulanan ilk analiz tekniklerinden biridir.Son yıllarda, başlangıçtaki popülaritesini kaybetmeye başlamasına rağmen,bir kentsel planlamacı tarafından iyice tetki edilmelidir.Bu ,bilinçli bir yolla yöntemin hata ve başarılarını değerlendirmek için gereklidir.

Pozitif açıdan bakıldığında;kent plancıları,dört aşamalı yönütemin bir çok kentsel alanda uygulanması ile,alternatif ulaştırma planlarının doğurabileceği,hacim ve hizmet düzeyine bağlı sonuçların ne olabileceği konusunda bir ön bilgi sahibi olmuşlardır.Öylece planlamacılar,bu yöntemden kentsel karayollarında çok büyük yatırımların olduğu 1960 lı yıllarda oldukça faydalanmışlardır.Kısaca dört aşamalı yöntem,ulaştırma yatırımlarını değerlendirmek için sistematik yaklaşımın bir çok ülkede hızla gelişmesine yardımcı olmuştur.

Negatif açıdan bakıldığında ise,dört aşamalı yöntemin kavramsal yapısı ve uygulanma şekli ile ilgili şu değerlendirme yapılabilir:

1-Model dizininin kullanımı,her bir aşamada farklı bir kaç bilgisayar programının uygulamasını gerektirdiğinden oldukça zordur.Tek ybir ulaştırma sistemi ya da aktivite sistemi ile ilgili etkileri tahmin etmek haftalarca bazende aylarca sürebilir.

2-Model aşamalarının oluşturulması tam olarak bilimsel temellere dayandırılmamıştır.Model kalibrasyonlarında yargıya dayalı ayarlamalar sözkonusudur.Kalibrasyon esası,modern ekonometrik ve istatistiksel metodların standartlarına uygun değildir.

3-Model aşamaları yalnızca akım tahmini yapmaktadır.Diğer etkileri (enerji tüketimi,hava kalitesi v.b.) tahmin etmemektedir.Ancak,akımın yanında bu tür etkileride tahmin edebilecek yeni modeller geliştirilmektedir.Yeni geliştirilen bu modellerde akım hacmi girdi kabul edilerek hava kalitesi ,enerji tüketimi gibi etkiler tahmin edilebilir.

Dört aşamalı yöntem ile ilgili en önemli eleştiri ise,seyahat istem tahmininde tüketici tercih boyutlarının ayrıntılı tetkik edilmemesi konusunda yapılmaktadır.

4-Model aşamalarının her birinde S hizmet düzeyi kullanılmamaktadır.Örnek olarak:seyahat üretim aşamasında,oluşacak istemi tahmin ederken hizmet düzeyinin etkisinin olmadığı kabul edilmektedir.

5-Modellerde kullanılan hizmet nitelikleri,doğru istem tahmini yapabilmek için yeterli tamlıkta değildir.

6-Modellerin her bir aşaması için aynı hizmet niteliklerinin dikkate alınması gerekirken dört aşamalı yöntemde bu söz konusu değildir.

7-Yöntem,geçerli bir hizmet ve istem dengesi hesaplamamaktadır.

8-Türel ayırım ,dağıtım ve hatta üretim için girdi olarak kullanılan seyahat süreleri,atama aşamasından çıktı olarak elde edilenle aynı değildir.

9-Her bir alternatif türün hizmet düzeyi istemi etkilemelidir.Her bir türle ilgili karakteristikler yalnızca o türe ait istemi değil,tüm aşamalarda diğer türlerin istemlerini de etkilemelidir.

10-Tahmin işlemi,istatistiksel geçerlilikte ve tekrar üretilebilir değildir.

Bu modellerin kullanımından ve geleneksel biçimlerinden elde edilen akım tahminleri gerçek akım biçimlerinden oldukça sapabilir ve yanıltıcı sonuçlar doğurabilir.

5.2. Denge Yönteminin Değerlendirilmesi.

Denge yönteminin oluşturulmasındaki üç temel tema şöyle açıklanabilir.

- 1-Detaylı davranışsal teori:Tüketicilerin seyahat ve seyahatle ilişkili tercihlerini nasıl yaptıkları hakkında bir ayrıntılı teorinin formüle edilmesi.
- 2-Bir modelin ardındaki davranışsal teori,çok boyutlu tüketici tercihleri ile ilgilidir.
- 3-Geçerli tahmin metodlarının kullanılması:Modern ekonometrilere,etkili ve geçerli bir yolla model parametre değerlerinin tahmin edilmesi için güçlü araçlar sağlamaktadır.

Dört aşamalı yöntemin istem tahmininde kullanılan bütünleşik istem fonksiyonları,insan davranışındaki bir çok değişkeni değerlendirmeye katmadığı için,bütünleşik olmayan istem fonksiyonlarından farklı sonuçlara ulaşırlar. İlk defa denge yönteminde kullanılan bütünleşik olmayan istem fonksiyonları ile tahmin yapılması bireysel gözlemleri dikkate aldığından ,bütünleşik istem fonksiyonundan daha etkili sonuçlar verir.Böylece bütünleşik olmayan modeller, kullanım için daha ekonomik ve etkili bir hale gelirler.

Denge yöntemi ile planlama işleminin her bir safhasında ,modelleri kullanmak ve uygulamak için dikkate alınan özellikler şöyle özetlenebilir.

1-İlk önce ayrıntılı bir davranışsal hipotezin formüle edilmesi gerekir.

1.1-Tercih boyutlarının karmaşıklığını basitleştirmek için bazı varsayımlar yapılır.Bu varsayımlar;frekans,son nokta,türler ve güzergah ile ilgili varsayımlardır.Günün değişik zaman aralıkları için,ilgili tüm özellikler işleme katılır.

1.2.Tüketici tercihlerini etkileyen aktivite hizmet düzeyi değişkenleri ile ilgili ayrıntılı kabuller yapılır ve kabul edilen tercih yapısı içinde bu değişkenler tetkik edilir.

2-Kesin istatistiksel metodlar kullanılarak istem fonksiyonları kalibre edilir.

2.1.Bütünleşik olmayan istem fonksiyonlarının bütünleşik hale getirilebilmesi için bazı pratik yaklaşımlar kullanılır.

3-Dengeleme için geçerli bir hesap yaklaşımı ile,tahmin edilen istem fonksiyonunu kullanarak akım etkileri tahmin edilir.

Bu model sisteminin en önemli avantajlarından biri ,geniş çaplı ulaştırma politikaları,kentsel alan tipleri ve nüfus karakteristiklerine karşı oldukça hassas oluşudur.Bu hassasiyet modelde içerilen değişkenlerden dolaydır.Bu hassasiyet,dört aşamalı model sistemi ile denge yöntemi arasındaki önemli farklılıklardan biridir.

Denge yöntemi ile istem tahmini,ayrıntılı bireysel tercih davranışı ile ilgili hipotezler esas alınarak yapılır.Ayrıca bu yöntem,bu kararların hiyerarşik yapısı hakkında detaylı hipotezleri ve uygun kararlar takımını içeren ayrıntılı bir tercih teorisini esas alır.Bu teori henüz tam uygulanabilir değildir.

Bu model sistemlerinde kalibrasyon işlemi için etkili tahmin ve ekonometri metodları kullanılmıştır.Her bir metod multinomial logit model kullanır ve kalibrasyon bireysel veriler kullanılarak yapılır.Bu,model oluşturmak için gerekli olan veri miktarını azaltır.Bütünleşik olmayan modeller özellikle,veri toplama ekonomisi açısından çok çekicidir.

Denge yöntemi ile istem tahmini oldukça pratiktir.Alternatiflerin niteliklerini izah eden bağımsız değişkenlerin hepsi ölçülebilirdir ve gözlemlenebilir sosyoekonomik karakteristiklerdir.

Bu modeller,diğer modellerden farklı olarak çok büyük oranda açıklayıcı davranışsal değişkenler içermektedir.Çünkü,bütünleşik olmayan modeller ailelere yada bireysel davranışları esas alır ve belirli zon sistemlerine bağlı değildir.Bir bütünleşik olmayan tür-tercih modeli de bir çok sosyoekonomik faktör dikkate alınarak oluşturulur.Bu faktörler ,oldukça farklı kentsel alanların hizmet değişkeni katsayılarına eşdeğerdeki istatistiksel tahminlerden elde edilir.

Denge yöntemleri bir çok planlama etüdünde direkt olarak ya da küçük

SONUÇ

Bu tez çalışması, kentsel ulaştırma ve planlama yöntemleri ile ilgili olduğundan, özgün katkılı sonuçlar yerine mevcut kaynakların incelenmesi vasıtasıyla oluşturulan bir özeti içermektedir. Başlangıçta, insan fonksiyonlarını yerine getirmek amacıyla oluşturulan aktiviteler ile insanların bu aktiviteler ile olan ilişkileri sonucu oluşan ulaştırma olayının ortaya konmasının ardından, bu ortak ilişkinin optimizasyonunun sağlanmasında gerekli olan planlama işlemi için dünya üzerinde kullanılan yöntemlerin en önemlileri olan "Dört-Aşamalı Yöntem" ve "Denge Yöntemleri" incelenerek özetlenmiştir. Kısıtlı zaman ve kaynak olanaklarına rağmen, kanımca anlaşılabilir ve faydalı bir çalışma ortaya çıkmıştır.



KAYNAKÇA

- 1- Fundamentals of Urban Transport Systems Analysis, 1979.
- 2- Hutchinson B. G. , Principles of Urban Transport Systems Modelling 1967.
- 3- OECD, Urban Traffic Models, 1974.
- 4- Bayhan İrfan, Şehir Planlaması, 1968.
- 5- Dickey John, Metropolitan Transportation Planning, 1975.
- 6- Erel Aydın, Erel Rezzan, Ulaştırma Planlamasında Ekonomik Analiz ve Değer Analizi Yöntemleri, 1989.
- 7- Sheffi Yousef, Urban Transportation Networks, 1985.

