

ESKİŞEHİR İKTİSADİ ve TİCARİ İLİMLER AKADEMİSİ

MATEMATİK

SERVİS SİSTEMLERİ

ve

GELİŞLER ZAMANA BAĞLI OLDUĞUNDA  
KAPASİTE SORUNUNA MATEMATİKSEL YAKLAŞIM.

—Boğaziçi Köprüsü Uygulama Denemesi—

ESKİŞEHİR  
İKTİSADİ ve TİCARİ İLİMLER  
AKADEMİSİ KÜTÜPHANESİ

DOKTORA TEZİ

1976

T.C.  
ANKARA İKTİSADİ ve TİCARİ İLİMLER AKADEMİSİ  
Merkez Kütüphanesi

İmdat KARA (M. Sc.)

## İÇİNDEKİLER

SUNUS .....	1
-------------	---

### BÜLÜM I

SERVİS SİSTEMLERİ .....	5 - 45
-------------------------	--------

#### KESİM 1

##### GİRİŞ

I.1.1 Kuyruk Kuramının Tarihsel Gelişimi .....	7
I.1.2 Kuyruk Oluşan Sistemlere Yönelik Araştırması Yaklaşımı- Servis Sistemleri .....	8

#### KESİM 2

##### SERVİS SİSTEMLERİNİN YAPISI

I.2.1 Servis Sistemlerinin Üyeleri .....	12
I.2.1.1 Müşteriler (Gelişler) .....	12
I.2.1.2 Bekleme Hattı ve Servise Alım .....	14
I.2.1.3 Servis Süreci .....	15
i. Servis Sunum Alanakları .....	15
ii. Servis Kapasitesi .....	16
iii. Servis Süresi .....	17

I.2.1.4 Servis Olgu (Cıktılar) .....	18
I.2.2 Servis Sistemlerinin Yapısal Gösterimi .....	18
I.2.2.1 Ügelerin Olasılık Dağılımlarına Göre Gösterim ...	19
I.2.2.2 Ügelerin Değişik Durumlarına Göre Gösterim .....	20
I.2.3 Bazı Sistemlere Ügeler Açısından Servis Sistemi Olarak Bakış .....	20

### K E S İ M 3

#### SERVİS SİSTEMLERİNİN YÖNETİM AÇISINDAN İNCELEMESİ

I.3.1 Servis Sistemlerinde Maliyet Enazlama Amacı .....	26
I.3.1.1 Maliyet Bileşenleri .....	26
i. Aylak Kalış Maliyeti .....	27
ii. Müşterilerin Bekleme Maliyeti .....	27
I.3.1.2 Toplam Maliyet .....	28
I.3.2 Servis Sistemlerinde İşlem Karakteristikleri .....	30
I.3.3 Servis Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar .....	32
I.3.3.1 Davranışsal Sorunlar .....	33
I.3.3.2 İstatistiksel Sorunlar .....	34
I.3.3.3 İşlemsel (Operational) Sorunlar .....	35
I.3.4 Servis Sistemlerinde Araştırma .....	36
I.3.4.1 İşlem Karakteristikleri Yönünden Araştırma .....	37
I.3.4.2 Maliyet Yönünden Araştırma .....	38
I.3.5 Servis Sistemlerinde Sorunların Çözümü .....	40
I.3.5.1 Sezgisel Yaklaşım .....	41
I.3.5.2 Matematiksel Yaklaşım .....	42
i. Analitik Yöntem .....	43
ii. Benzeşim Yöntemi .....	43

I.3.6 Servis Sistemlerine Geliştirilen Modelin İçeriği .....	44
--	----

## B Ü L Ü M   I I

GELİŞLERİN ZAMANA BAĞLI OLDUĞU SERVİS SİSTEMLERİNDE KAPASİTE SORUNUNA MATEMATİKSEL YAKLAŞIM	45-56
--	-------

### K E S İ M   1

#### GELİŞLERİ ZAMANA BAĞLI SERVİS SİSTEMLERİ

II.1.1 Gelişlerin Zamana Bağlı Olduğu Sabit Kapasiteli Sistemler .....	48
II.1.2 Gelişlerin Zamana Bağlı Olduğu Değişken Kapasiteli Sistemler .....	48

### K E S İ M   2

#### DEĞİŞKEN KAPASİTELİ SİSTEMLERDE KAPASİTE SORUNUNA MATEMATİKSEL YAKLAŞIM

II.2.1 Sistemin Durum Uzayında Uygun Çözüm Alanı .....	50
II.2.1.1 Sistemin Parametre Uzayları .....	51
II.2.1.2 Sistemin Durum Uzayı .....	52
II.2.1.3 Uygun Çözüm Alanı .....	53
II.2.2 Uygun Çözüm Alanında Eniyi Çözümün Aranması .....	53
II.2.3 Matematiksel Yaklaşımın İrdelenmesi .....	55

## B Ü L Ü M III

### BİR SERVİS SİSTEMİ OLARAK BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ

57-108

#### K E S İ M 1

##### G İ R İ S

III.1.1 Ulaşım Sistemlerinde Yöneylem Araştırması .....	59
III.1.2 Boğaziçi Köprüsünün Servis Sistemi Olarak Tanımı .....	61

#### K E S İ M 2

##### SİSTEMİN (BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜNÜN) YAPISI ve YÖNETİMİN SORUNLARI

III.2.1 Sistemin Yapısı .....	62
III.2.1.1 Geçiş İçin Gelenler (Müşteriler) .....	62
III.2.1.2 Müşterilerin Dizilenmesi ve Servise Alım .....	63
III.2.1.3 Köprüde Servis Süreci .....	63
III.2.1.4 Köprüde Servis Olgusu .....	64
III.2.2 Yönetimin Sorunları .....	64

#### K E S İ M 3

##### GEÇİŞ GİŞELERİNİN YÖNETİMİ İÇİN MATEMATİKSEL MODEL GELİŞTİRİLMESİ

III.3.1 Sorunun Tanımı .....	67
------------------------------	----

III.3.2 Matematiksel Model .....	69
III.3.2.1 Modelin Varsayımları .....	69
III.3.2.2 Karar Değişkenleri ve Parametreler .....	70
III.3.2.3 Modelin Kısıtlayıcıları ve Amaç Fonksiyonu ..	72
III.3.2.4 Modelin Kapalı Yazılımı .....	73
III.3.3 Modelin İrdelenmesi .....	74

## K E S İ M 4

### MODELİN UYGULAMA DENEMESİ

III.4.1 Parametrelerin Belirlenmesi .....	78
III.4.1.1 Servis Sürelerine Bağlı Parametreler .....	78
III.4.1.2 Gelişlere Bağlı Parametreler .....	82
i. Yönlere Göre Gelişlerin İncelenmesi ....	83
ii. Mevsimlere Göre Gelişlerin İncelenmesi ..	83
iii. Günün Saat Aralıklarına Göre Geliş O-	
ranlarının İncelenmesi .....	87
iv. Günlük Toplam Gelişlerin İncelenmesi ...	91
v. Çözüm Devresinde Beklenen Ortalama	
Günlük Gelişler .....	94
vi. Çözüm Devresi İçin İşçilerin Günlük	
Saatlerine Göre Beklenen Araç Sayıları..	97
III.4.1.3 Maliyet Parametreleri .....	101
III.4.2 Modelin Açık Yazılımı .....	103
III.4.3 Modelin Çözümü .....	104
III.4.4 Çözümün Değerlendirilmesi .....	105

SONUÇ VE ÖNERİLER .....	109
EK - 1 Örnek Bir Sayaç Sonucu .....	113
EK - 2 Günün Saatlerine Göre Geliş Oranlarının Tablolanmış Değerleri .....	115
EK - 3 Modelin Bilgisayar Sonuçları .....	126
YARARLANILAN KAYNAKLAR .....	139

## SEKİLLER :

		Sayfa
Sekil - I,1	Servis Sistemi .....	12
Sekil - I,2	Üğelerin Değişik Durumlarına Göre Servis Sistemlerinin Bütinleşik Gösterimi .....	21
Sekil - I,3	Servis Sistemlerinde Toplam Maliyetin Oluşumu..	28
Sekil - I,4	Servis Sisteminde Maliyet Akışı .....	29
Sekil - II,1	Uygun Çözüm Alanı .....	54
Sekil - III,1	İşgünlerinde Aylık Ortalama Gelislerin Grafiği.	95
Sekil - III,2	İşgünlerinde Avrupa'dan Asya'ya Günün Saatlerine Göre Gelis Oranlarının Grafiği .....	98
Sekil - III,3	İşgünlerinde Asya'dan Avrupa'ya Günün Saatlerine Göre Gelis Oranlarının Grafiği .....	99



## T A B L O L A R :

	Sayfa
Tablo - I,1	Gerçek Hayattaki Bazı Sistemlerin Servis Sistemi Olarak Gösterimi ..... 24
Tablo - III,1	Servis Sürelerine İlişkin Veriler ve Birikimli Olasılıklar ..... 80
Tablo - III,2	Günlere ve Yönlere Göre Hesaplanan Chi-Kare Değerleri ..... 85
Tablo - III,3	İnceleme Devresinde Avrupa Yönüne Geçen Araçların Günün Saatlerine Göre Dağılım Oranları ... 88
Tablo - III,4	İnceleme Devresinde Asya Yönüne Geçen Araçların Günün Saatlerine Göre Dağılım Oranları ... 89
Tablo - III,5	İnceleme Devresinde Aylara Göre Günlük Ortalama Gelişler ..... 93
Tablo - III,6	Günlük Ortalama Gelişlerin Farklılaşma Oranları ..... 96
Tablo - III,7	İşglinlerinde Günün Saatlerine Göre Gelmesi Beklenen Araç Sayıları ..... 102
Tablo - III,8	Karar Değişkenlerinin Çözüm Değerleri ..... 106
Tablo - III,9	Saat Aralıklarına Göre Gelmesi Beklenen Gelişler, Servis Nebisi ve Açık Tutulacak Gişe Sayıları ..107
Ek - 2 - Tablo - 1	..... 10 Mevsimlere ve Günlere Göre Geliş Oranları ..... 115

## S U N U Ş

Günümüz düşünürlerinden Russell L. Ackoff, 1950'lerle başlayan dönemi "Sistem Çağı" olarak adlandırmaktadır (1). Sistem Çağı tümünde "sistem" kelimesinin özel bir değeri olan bir dizi yeni bilimsel disiplinlerin oluşmasıyla biçimlenmektedir. Bunlardan tüm disiplinleri bir bütün olarak görmeyi, aralarındaki benzerlikleri bulmayı amaçlayarak uğraşmaların enazlanmasını (minimizasyonunu) öneren bilim olarak da "Genel Sistem Kuramı"ı görüyoruz (2).

Genel Sistem Kuramcıları, parçalarının aralarında etkileşim olan her bütünü sistem olarak tanımlayarak, bunları kuramsal çalışmaların etkinliği

- 
- (1) RUSSELL L. ACKOFF; "Science in the Systems Age: Beyond IE, OR and MS", Operations Research, Vol. 21, No. 3, May - June 1973, s. 661.
  - (2) Genel Sistem Kuramı için bkz: LUDWIG von BEPTALANFFY; General System Theory, George Braziller, New York, 1968.

için, değişik bakış açılarına göre sınıflamaktadırlar. Bu sınıflamalardan biri de, sistemin zaman içinde işlerliğinin maksatlı olup olmadığı şeklindedir.

Doğa'daki tüm yapıtların var oluşlarının bir maksadı vardır. Her yapıt, ya doğa tarafından insan için, ya da insan tarafından kendisi için oluşturulmuştur. Bir yapıt kendi içinde bir bütün olabileceği gibi, diğer yapıtlarla birleşerek bir bütünün parçası da olabilir. Başka bir deyişle, her yapıt, ya bir sistem, ya da bir altsistemdir. Bu açıdan bakıldığında, yapıtlar bütünü maksatlı sistemlerdir; Bunlardan en önemlisi çevresiyle etkileşimde bulunan, insanla onun yapıtının oluşturduğu insan-makine sistemleridir.

İnsan-makine sistemleri de kendi içlerinde sınıflanabilir; Ulaştırma sistemi, haberleşme sistemi, servis sistemi, üretim sistemi, yönetim-bilgisim sistemi v.b. gibi.

Bu çalışmada, genel sistemlerden özel sistemlere sonra da alt sistemlere iniş şeklindeki tümdengelim yönetimi benimsenerek, bilimdeki çağdaş gelişme yönünde servis sistemlerine bütünleşik bir yaklaşım yapılmıştır.

İnsan-makine sistemlerinden olan ve çalışmamızın konusunu teşkil eden servis sistemleri; hizmet veya iş isteminde bulunan müşteriler, hizmet veya işin sunumunda kural, müşterilere hizmet veya işin sunumu ve hizmet veya işin sunulduğu birim gibi dört öğeden oluşan bir insan-makine bileşimi olarak tanımlanmıştır.

Arştırmanın amaçları şöyle sıralanabilir:

1. Matematiksel yönden 1970'lerde bütünleştirilmeye çalışılan kuyruk veya bekleme hattı kuramının çalışma alanı olan sistemleri, sistem yaklaşımı yöntemiyle, kuramsal yönden kavramsal bir bütün haline getirmek;

2. Genelden özele inerek, kuramsal ve uygulamalı çalışmaların enaz olduğu gelişleri zamana bağlı değişken kapasiteli servis sistemlerinin, eniyilenmesine ilişkin çalışmalarda gerekli, uygun çözüm alanına matematiksel bir yaklaşım yapmak;

3. Gerçek hayattaki bir sistemi kuramsal açıdan servis sistemi olarak ele alıp inceleyerek, yönetimin sorunlarına matematiksel yaklaşımı örnekle-  
mek.

Bu amaçlar doğrultusunda çalışma üç bölümden oluşmuştur.

Birinci bölüm, servis sistemlerinin kuramsal yönden kavramsal araştırılmasına ayrılmıştır. "Servis Sistemleri" olarak tanımlanan bütünler üzerindeki bilimsel çalışmaların tarihsel gelişimi ve bu tür sistemlere, Sistem Çağında oluşan Yöneylem Araştırması yaklaşımı birinci kesimde GİRİŞ başlığı altında incelenmiştir. Böylece dünlerden bugüne gelinerek konu bir temele oturtulmak istenmiştir. İkinci kesimde SERVİS SİSTEMLERİNİN YAPISI başlığı altında, bütünün parçalarına inilerek yapılan ayrık tanımlamalardan sonra bütünleşik gösterimlere gidilmiştir; Bu kesimle servis sistemlerine yapısal yönüyle bütünleşik yaklaşım yapılmak istenmiştir. Sistemin maksada göre varlığını sürdürme uğraşlarının tümü yönetim olarak düşünülerek, üçüncü kesimde SERVİS SİSTEMLERİNİN YÖNETİM AÇISINDAN İNCELENMESİ başlığı altında servis sistemlerinde amaç, yöneticinin gereksindiği hususlar ile karşılaştığı sorunlar, yapılacak araştırma ve doğan sorunların çözümü ele alınmıştır. Üçüncü kesimle servis sistemleri kavramsal yönden bir bütün haline getirilerek birinci bölüm tanımlanmıştır. Bu bölümde, servis sistemlerine kuramsal yönden kavramsal bir sistem yaklaşımı amaçlandığından, konunun matematiksel ayrıntılarına girilmemiştir.

Bölüm II'de gelişleri zamana bağlı olan servis sistemleri ele alınarak, bunlardan değişken kapasiteli servis sistemlerinde kapasite ayarlama sorunu-

na matematiksel bir yaklaşımla yapılmıştır.

Bölüm III'de İstanbul Boğaziçi Köprüsü bir servis sistemi olarak ele alınmıştır. Ulaşım sistemlerinde Yöneyim Araştırması ve Boğaziçi Köprüsü'nün servis sistemi olarak tanımı birinci kesimde incelenmiştir. Bu özel servis sisteminin yapısal analizi ve yönetimin sorunları ikinci kesimde ele alınmıştır. Yönetimin karşılaştığı istatistiksel ve davranışsal sorunların bazılarını da içeren Gişe Problemine üçüncü kesimde matematiksel model geliştirilmiştir. Modelin uygulama denemesi ve çözümün değerlendirilmesi dördüncü kesimde yapılmıştır.

Araştırma, çalışmanın tümü için söylenebilecek son söz ve önerileri kapsayan sonuçlarla tamamlanmıştır.

BÜLÜM I

SERVIS SİSTEMLERİ

## K E S İ M 1

### G İ R İ Ş

Taşınacak mallar, boşaltılacak veya yüklenecek gemiler, park yapmak için bekleyen otomobiller, muayene ve/veya tedavi için bekleyen hastalar, üretimde kullanılacak ham veya yarı mamul maddeler, imzalanacak mektuplar, satışa gidecek mallar, bakım ve/veya tamir isteyen araçlar-makineler, bir yerden hizmet bekleyen insanlar v.b. gibi yığılma olayları gerçek hayatın her kesiminde gözlenir. Bir yığılma olayı "Bekleme Hattı" veya "Kuyruk" olarak adlandırılırken, doğan problemlere "Bekleme Hattı Problemi" veya "Kuyruk Problemi" denmiş ve bu yöndeki kuramsal çalışmalar, "Kuyruk Kuramı" veya "Bekleme Hattı Kuramı"nın oluşmasını gerektirmiştir. Başka bir deyişle, yığılımın (birikimin-kuyruğun) sözkonusu olduğu sistemler üzerindeki bilimsel çalışmalar kuyruk kuramı olarak başlamış ve gelişmiştir. Servis sistemi tanımını anlamlı kılmak için, ilgili sistemler üzerindeki

bilimsel çalışmaların dünlerine inerek bugüne gelmek gerek. Bu nedenle kuyruk kuramı üzerindeki çalışmaların tarihsel gelişiminden sonra servis sistemi tanımı yapılmıştır.

### I.1.1 Kuyruk Kuramının Tarihsel Gelişimi

Yığılma, nüfus artışının kaçınılmaz bir sonucudur. Servis isteyen bireyler çoğaldıkça, bekleme hattı ya da kuyruklar doğal olarak oluşur. İstemler artan nüfusla çoğalırken, "Zaman kaybını enaza indirgeyerek yığılma sorunu nasıl giderilir?" sorusu ortaya çıkar. İlk yığılma problemine çözüm araştıran kişi olarak Danimarkalı bir elektrik mühendisi olan A.K.Erlang'ı görüyoruz (1). Erlang'ın üzerinde çalıştığı problem telefon akışlarının (konuşmalarının) oluşturduğu yığılma olayıdır.

Kuyruk kuramı, istemin tesadüf olduğu bir sistemde, servisin karşılanması için, sistemin davranışını kestirim amacıyla model geliştirme uğraşları olarak başlamış ve gelişmiştir. A.K.Erlang telefon akışları üzerine uğraşlarını ve bulgularını "Application of the Theory of Probability to Telephone Trunking Problems" başlığıyla 1909'da bir kitapta yayımlayarak kuramsal çalışmaların ilkinin oluşturmuştur (2).

1950 yıllarına kadar kuramsal çalışmalar sistem öğelerinin değişik durumları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu tür çalışmaların belli başlıları 1927'de Molina, 1928'de Fry'in Erlang'ın çalışmalarını geliştirmesi, 1930'da ve 1934'de Polaczek'in, 1931'de Kolmogorov, 1932'de Khintchine ve 1932'de Crommelin'in yaptığı çalışmalardır (3).

---

(1) Bkz: BROCKMEYER E., HALSTROM H.L. and JENSEN A.; "The life and Works of A.K.Erlang", Trans. of the Danish Acad.Sci., No.2, 1948.

(2) THOMAS L.SAATY; Mathematical Methods of Operations Research, McGraw-Hill Book Company, New York, 1959, s.332.

(3) Bir önceki eser, s.332.



Erlang'ın uygulaması ile başlayan çalışmalar zamanla yığılma (kuyruk-bekleme hattı) olaylarını anlama ve daha iyi kontrol etme yöntemlerini geliştirmiştir. Ancak uygulama telefon akışlarınının ötesine 1950'lere kadar geçememiştir. 1950'lerle birlikte kuramsal çalışmalar iş yerlerinde, stoklamada, hastanelerde ve benzeri yerlerde hertürlü fiziki akışların oluşturduğu yığılma olaylarına hızla uygulanmaya başlanmıştır (4). Kuyruk kuramı üzerinde öncelikle matematikçiler, fizikçiler, trafik mühendisleri ve iktisatçılar çalışmışlardır.

İkinci dünya savaşından sonra oluşan sistem çağı bilimlerinden Yöneylem Araştırması ile kuramsal ve uygulamalı çalışmalar hızla artış göstermiştir (5). Kuramsal çalışmaların 1950'lerle hızla uygulama alanına akımını da aynı çizgide görmek gerekir.

Bugün kuyruk kuramıyla ilgili birçok kaynak vardır. "Kuyruk Kuramı" veya "Bekleme Hattı Kuramı" başlığını taşıyan kitapların yanısıra, Yöneylem Araştırması ve Olasılık Kuramı üzerine yazılmış kitaplarda da konu öz olarak incelenmektedir.

#### I.1.2 Kuyruk Oluşan Sistemlere Yöneylem Araştırması Yaklaşımı - Servis Sistemleri

Stokastik süreçler (6) sahasından kavramlar kullanan kuyruk kuramı, uygulamalı matematiğin bir dalı olarak görülmüştür (7). Böylece

- 
- (4) L.KOSTEN; Stochastic Theory of Service Systems, Pergamon Press, Oxford, 1973, s.x.
- (5) G.F.NEWELL; Applications of Queueing Theory, Chapman and Hall Ltd., London, 1971, s.vii.  
Ayrıca bkz: ABE SHUCHMAN; "Queue Tips For Managers", Scientific Decision Making in Business, (editor, Abe Shucman), Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1962, s.228.
- (6) Stokastik süreçler için bkz: İMDAT KARA; "Stokastik Süreçler" Prof. Dr. Haydar Furgac'a Armağan, İstanbul, Sermet Matbaası, 1974, s.335-342.
- (7) THOMAS L.SAATY; Elements of Queueing Theory, McGraw-Hill Book Com., New York, 1961, s.viii.

sistemin değişik durumları incelenerek, olgular için matematiksel açıklamalara gidilmiştir. Başka bir deyişle, Kuyruk Kuramında yığılma olayını daha iyi anlamak amaçlanarak analitik yöntemle ilişkilerin saptanması ve kestirimlerin yapılmasına uğraşılmaktadır (8). Ancak, analitik yöntemle sistemin bütününe gidilmeye çalışılsa da, sistemin işlerliğinin eniyilenmesinden (optimizasyondan) söz etmek güçleşir veya bu dolaylı bir eniyileme olur.

Öte yandan Sistem Çağı birleştirme (sentez) yöntemini de getirmiştir. Zaten tarihsel gelişim kesiminde de görüldüğü gibi, Yöneylem Araştırması bütünlüştük yaklaşım özelliği ile yığılma problemlerine eğilmiştir. Bu yaklaşımla, kuyruk oluşan sistemlerde eniyileme problemleri oldukça dikkati üzerine çekmiştir (9). Böylece kuramsal ve uygulamalı çalışmalar büyük bir hızla artış göstermiştir.

Matematiksel olarak açıklanabilen yığılma problemleri belirsizliğin özel durumlarını taşır (10). Böyle bir sistemin eniyilenmesinde, sistem ve çevresinin zamana bağımlılığı gözönüne alınmalıdır.

Yığılma olayı (kuyruk veya bekleme hattı) istemde bulunan birimlerden (müşteri) oluşur. İstem, ister bir iş ister bir hizmet olsun, müşteriye yapılan işlem servis olarak tanımlanır. Servis, istemde bulunan bireylere insan, insanın kullandığı araç veya yalnız otomatik makine ve aletlerle yapılabilir (11). Başka bir deyişle, bazı sistemlerde servis ayrıcalıklı bir teknik yapı gösterirken bazılarında insan-makine bileşimi olabilir. Bu da,

---

(8) Bir önceki eser, s.3.

(9) HOUSHANG SABETI; "Optimal Selection of Service Rates in Queueing with Different Costs", J.Operations Research Soc.of Japon, Vol.16, No.1, March - 1973, s.15.

(10) N.SIEMENS, C.H.MARTING, and F.GDEENWOOD; Operations Research, The Free Press, New York, 1973, s.275.

(11) W.J.FABRYEKY, P.M.GHARE, and P.E.TORGERSEN; Industrial Operations Research, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972, s.383.

böyle bir sistem için geliştirilecek eniyileme modelinin insan yönüne ilişkin varsayımları ve/veya parametreleri içermesini gerektirir. Yani, soruna disiplinlerarası yaklaşım zorunludur.

Sistem Çağının özellikleri ve yukarıda öz olarak belirtilen nedenlere bağlı olarak, kuyruk oluşan sistemlerin eniyilenmesi Yöneylem Araştırması yaklaşımıyla sağlanır. Yöneylem Araştırması yaklaşımı yapılan sistemleri özel olarak tanımlamak yapılacak sistem yaklaşımını, geliştirilecek model ve modelin uygulamasını tutarlı kılar. Bu nedenle yığılma olayıyla karşılaşılan sistemler için aşağıdaki genel tanım yapılmıştır.

İstem, bekleme hattı ve servise alım kuralı, servis ve olgu gibi dört öğeden oluşan her insan-makine bileşimine servis sistemi denir.

Ölkemizde konuya ilişkin çalışmaların çok az olmasına karşın gelişim aynı yöndedir (12). Tanıma uyan sistemlerde yığılma, stokastik istem veya servis olanaklarından oluşabilir.

Bu kesimde tarihsel gelişim ve çağın özellikleri doğrultusunda kuyruk oluşan insan-makine sistemleri "Servis Sistemleri" olarak tanımlanmıştır.

---

(12) Şematik gösterimde Ender Şenkal "Bekleme Hattı Sistemi" olarak tanımlanmıştır. Bkz: ENDER ŞENKAL; "Bekleme Hattı Probleminin Temel Yapısı ve Tek Kanallı Servis Sistemlerinin Matematik Analizi", I.O.İs. F.Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, Nisan, 1972, s.153.

## K E S İ M 2

### SERVİS SİSTEMLERİNİN YAPISI

Bir sisteme Yöneylem Araştırması yaklaşımı yapıldığında, bu istemin tanımından sonra bütünleşik yaklaşım yapabilmek için tanımlanan sistemin yapısı incelenir. Bu nedenle bu kesimde kuramsal olarak servis sistemlerinin yapısı incelenmiştir. Sistemin yapısı ele alındığında, sistemin temel öğeleriyle bunların değişik durumları, öğelere göre sistemin bütün olarak gösterimi sözkonusu olur.

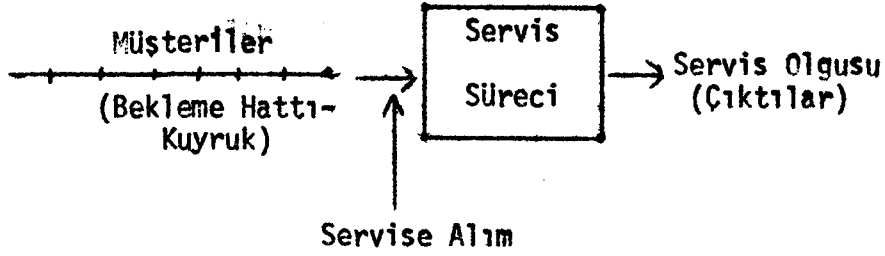
Yapısal incelemeyi günlük hayata yansıtmak amacıyla, bu kesimin sonunda gerçek hayattaki bazı sistemlere yapısal yönde servis sistemi olarak bakılmıştır.

### I.2.1 Servis Sisteminin Öğeleri

Servis sistemi tanımından da görülebileceği gibi, bir servis sistemi dört temel öğeden oluşur. Bunlar;

- Müşteriler (Gelişler),
- Bekleme Hattı ve Servise Alım,
- Servis Süreci,
- Servis Olgusu (Çıktılar)

olarak ifade edilebilir. Bu öğelere göre, en genel anlamda bir servis sistemi şekil-I.1.'de görüldüğü gibidir.



Şekil - I.1 Servis Sistemi

İzleyen paragraflarda servis sisteminin temel öğeleri ayrıntılarıyla incelenmiştir.

#### I.2.1.1 Müşteriler (Gelişler)

İş veya hizmet istemiyle sisteme gelen her nesneye müşteri, müşterilerin oluşturduğu topluluğa girdiler kaynağı veya müşteriler topluluğu denir (13).

---

(13) Temel öğelere ilişkin tanımlara pek çok kitapta rastlanmasına rağmen bir tanım birliği görülememiştir. Bu nedenle bazı tanımlar için dipnot gösterimine gidilmiştir. Müşteri tanımı için bkz: RUSSELL L. ACKOFF, MAURICE W. SASIENI; Fundamentals of Operations Research, John Wiley and sons, Inc., New York, 1968, s.155.

Müşteriler topluluğu sonlu veya sonsuz sayıda olabilir. Eğer topluluktan bir birimin servis için ayrılmış olması diğer birimlerin gelişini etkilerse sonlu, etkilemezse sonsuz topluluk sözkonusudur.

Müşterilerin servis için sisteme gelişleri, gelişlerin dağılımı ve gelişler arasındaki farklılaşma, müşteri topluluğu ile müşterilerin özellikleri ve istemlerine, sunulan servis v.b. gibi istemin ve doğanın koşullarına bağlıdır. Müşterilerin sisteme gelişleri aşağıdaki tiplerden biri olarak karşımıza çıkar (14):

- Düzgün gelişler,
- Tamamen tesadüfi gelişler,
- Genel bağımsız gelişler,
- Zamana göre sıçranalı düzgün gelişler,
- Toplu gelişler,
- Karmaşık gelişler,
- Kesik zamanlı gelişler,
- Zamana bağlı gelişler,
- Sistemin diğer yönlerine bağlı gelişler,
- Sürekli akış halinde gelişler,

Müşterilerin sisteme gelişleri yukarıda sıralanan türlerden biri olabilse de, genellikle tesadüfi gelişlerle (tekli veya toplu) karşılaşılır.

Türsel olarak gelişler belirlendikten sonra, gelişlerin ve gelişlerarasının olasılık dağılım fonksiyonları saptanır. Bu konuda tesadüfi gelişlerin çoğunun poisson olasılık dağılımına göre olduğu, bunun bir gerektirmesi olarak da gelişlerarası olasılık dağılım fonksiyonunun negatif üs-

---

(14) D.R.COX, W.L.SMITH; Queues, Chapman and Hall London, 1971, s.5 ve devamı.

tel dağılım fonksiyonu olduğu söylenebilir (15).

### I.2.1.2 Bekleme Hattı ve Servise Alım

Müşteriler servis için sisteme geldiklerinde, sistemin durumuna göre işlem görürler. Eğer müşterilerin beklemesi sözkonusu ise bir bekleme hattı veya kuyruk oluşur. Sistemin ve istemin özelliğine göre servis isteyen müşteriler;

- Tek bir kuyruk,
- Özel istemler için özel kuyruk,
- Öncelikli servisler için ayrılmış kuyruk,
- Aynı istemler için birden fazla kuyruk

ve benzeri şekillerde beklerler.

Yukarıdaki durumlarda birikimden servise alım için bir kural (disiplin) gerekir. İşte, müşterilerin servis için sisteme girişlerini saptayan düzene "servise alım kuralı" denir. Aynı anlama gelen servis disiplini veya kuyruk disiplini de kullanılmaktadır.

Sistemin özelliğine ve işleyiş amacına bağlı olarak servise alım kuralı aşağıdakilerden biri olur (16):

- İlk gelen ilk alınır,
- Son gelen ilk alınır,
- Tanımlanan bir özellik sırasına göre alınır,

- 
- (15) Gelişlerin poisson dağıldığı zaman gelişlerarası olasılık dağılım fonksiyonunun negatif üstel olduğu için bkz: SAATY T.L.; Elements of Que... s.37.
- (16) ACKOFF R.L., SASIENI M.W.; a.g.e., s.248.  
SAATY T.L.; Elements of Que... s.11.  
HARVEY M.WAGNER; Principles of Operations Research, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969, s.840.

- Önem sırasına göre alınır,
- Rastgele alınır,
- Öncelikle alınır.

Yukarıda sıralanan servise alım kurallarından özellikle "ilk gelen ilk alınır" kuralı uygulanmaktadır. Kuşkusuz bu tüm servis sistemleri için kullanılır anlamında değildir.

### I.2.1.3 Servis Süreci

Gelişler ve servise alım şekillendikten sonra, müşteriye servisin sunumu yapılır. Servis sunumunun yapısal yanını olan servis süreci, üç öge ile oluşur; Bunları:

- Servis sunum olanakları,
- Servis kapasitesi,
- Servis süresi

olarak sıralanabilir. Aşağıda bu üç öge ayrıntılarıyla incelenmiştir.

#### i. Servis Sunum Olanakları

Herhangi bir anda yalnız bir müşteriye servis sunulabilen nesneye servis noktası denir (17). Sistemin tümündeki servis noktaları servis olanaklarını meydana getirir.

Servis bir dizi servis noktalarında safhalar halinde tamamlanırsa, oluşan diziye servis hattı veya servis kanalı denir (18).

Servis olanaklarının tümü, noktalar veya kanalların bileşimiyle oluşur. Sistemin ve istemin içeriğine göre bunlar;

---

(17) ACKOFF P.L., SASIENI M.W.; a.g.e., s.248.

(18) Bir önceki eser, s.248.



- Paralel bileşim,
- Seri bileşim,
- Seri - paralel bileşim,
- Paralel - seri bileşim

şeklinde olabilir (19).

Çok kanallı servis sistemlerinde bütün kanallar aynı servis için kullanılabilir gibi, bazıları da özel servislere ayrılabilir.

Her nokta kendi başına bir servis tamamladığında, iki veya daha fazla servis noktalarının birbiri arkasına seri olarak dizilmiş şekline akışlı (takipli) servis sistemleri denir (20). Böyle bir sistemde müşteri ilk servis noktasında işlemi tamamlandıktan sonra ikinciye sonra üçüncüye ve devamla sonuncu servis noktasına gelir.

#### ii. Servis Kapasitesi

Servis sürecinin ikinci ögesi olan servis kapasitesi, tanımlanan bir zaman biriminde servise alınıp istemi karşılanabilen en fazla müşteri sayısı olarak tanımlanır (21).

Sistemin maksadı ve istemin niteliğine göre tasarımı yapılan servis sistemleri ya sabit kapasiteli ya da değişken kapasiteli sistemler olarak görülür.

Sabit kapasiteli sistemler için kapasite tasarım anında bir karar değişkenidir. Değişken kapasiteli sistemler ise, genellikle birim zamanda

---

(19) SAATY T.L.; Elements of Que..., s.11.

(20) SHANTANU W. TEMBE, RONALD W. WOLFF; "The Optimal Order of Service in Tandem Queues", Operations Research, Vol.22, 1974, s.824.

(21) COX D.R., SMITH W.L.; a.g.e., s.23.

servis yapılabilen müşteri sayısı iki limft (sınır) arasında değer alan sistemlerdir.

### iii. Servis Süresi

Herhangi bir müşteriye servis başlangıcı ile bitim arasında ayrılan zaman servis süresi olarak tanımlanır.

Tanımlanan bir zaman biriminde servisi tamamlanan müşteri sayısına servis debisi denir.

Sistemin özelliği ve istemin niteliğine bağlı olan servis süresi için, aşağıdaki tipler sıralanmaktadır (22):

- Düzgün servis süresi,
- Östel servis süresi,
- r (Gama) tür ve özel Erlangian servis süresi,
- Genel Erlangian servis süresi,
- Durağan olmayan servis süresi,
- Sistemin diğer durumlarına bağlı servis süresi,
- Müşteri farklılığına bağlı servis süresi.

Servis süresi tesadüfi olduğunda, başka bir deyişle bir müşteriye servis için harcanan süre rastgele değiştiğinde, servis süresinin olasılık dağılım fonksiyonu sözkonusu olur. Gelislerarasında olduğu gibi, servis süresi dağılımı için de genellikle negatif - üstel dağılım fonksiyonuyla karşılaşılmaktadır.

Servis debisi doğrudan servis süresine bağlı olduğundan, servis süresinin belirlenmesiyle bulunur (23).

---

(22) Bir önceki eser, s.19 ve devamı.

(23)  $t_s$  bir müşteriye harcanan ortalama servis süresi iken  $\frac{1}{t_s}$  birim zamanda servis verilebilen müşteri sayısını verir.

#### I.2.1.4 Servis Olgusu (Çıktılar)

Hizmet veya iş istemiyle sisteme gelen her birim, servisin tamamlanmasıyla sistemin bir olgusu (çıktısı) olur.

Sistemin bir olgusu için aşağıdaki durumlardan biri veya birkaçı söz konusu olur:

- Sistemi bir daha dönmek üzere terk eder,
- Sistemin içinde sürekli dönüş halindedir,
- Sistemi terk eder ama gelecekte yine dönmesi beklenir,
- Olgu yeni bir şekle girer ve diğer sistemlere kayar veya başka sistemlerin olgularıyla bütünleşir.

Bir zaman biriminde servisi tamamlanan müşteri sayısı (olgu) servis debisine eşdeğerdir. Bu nedenle servis debisine bazen ayrılış debisi de denir. Çünkü servisin bitimiyle esya veya insanlar (müşteriler) sistemden ayrılabilirler (24).

Buraya kadar servis sistemlerinin öğeleri ve öğelerin değişik durumları incelenmiştir. Bu ayrık incelemeyi birleştirmek amacıyla, servis sistemlerinin öğelerin farklı bileşimlerine göre bütünleşik gösterimi aşağıda yapılmıştır.

#### I.2.2 Servis Sistemlerinin Yapısal Gösterimi

Öğeler açısından servis sistemlerinin bütünleşik gösterimi;

---

(24) DAVID W. MILLER, MARTIN K. STARR; Executive Decisions and Operations Research, Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1960 s. 397.

ve

- Öğelerin olasılık dağılımlarına göre
- Öğelerin sistem içindeki değişik durumlarına göre

yapılabilir.

### I.2.2.1 Öğelerin Olasılık Dağılımlarına Göre Gösterim

Servis sistemlerinin iki temel ögesi olan gelişler ve servis süresi, genellikle, ortalama bir değer etrafında dalgalanır. Bu nedenle öğelerin olasılık dağılım fonksiyonlarına göre gösterim, bu iki tesadüfi değişkenin değişik durumlarına göre yapılır. D.G.Kendall aynı anda servise alınabilen servis sayısını da gözönüne alarak, genel bir gösterim yapmıştır (25); Kendall'ın gösterimindeki simgeler şöyledir:

- M – Üstel dağılmış gelişlerarası veya servis süresi,
- D – Düzgün gelişlerarası veya servis süresi,
- $E_n$  – n'inci dereceden Erlang dağılmış gelişlerarası veya servis süresi dağılımı,
- GI – Genel bağımsız dağılmış gelişlerarası,
- G – Genel dağılmış servis süresi.

Birinci bileşen geliş, ikinci bileşen servis süresini, üçüncü bileşen aynı anda servise alınan müşteri sayısını göstermek üzere bir servis sistemi .... / .... / .... sıralı Üçlüsü ile gösterilmiştir. Örneklenirse;

M / M / 1 anlamı

{ Gelişlerarası üstel dağılan,  
Servis süresi üstel dağılan,  
1 müşteri alımlı servis sistemi.

---

(25) D.G.KENDALL; "Some Problems in the theory of Queues", J. Roy. Statist. Soc., Ser. B, Vol. 13, no. 2, 1951, s. 151-185.

GI / D / C anlamı

{ Gelişlerarası bağımsız genel dağılan,  
Düzenli servis süreli,  
C müşteri alımlı servis sistemi.

ve benzeri şekillerde olur.

Görüldüğü gibi, öğelerin olasılık dağılımlarına göre bir gösterime gidildiğinde, sistemin bekleme hattı ve servise alım kuralının ayrıca belirtilmesi gerekir.

### 1.2.2.2 Öğelerin Değişik Durumlarına Göre Gösterim

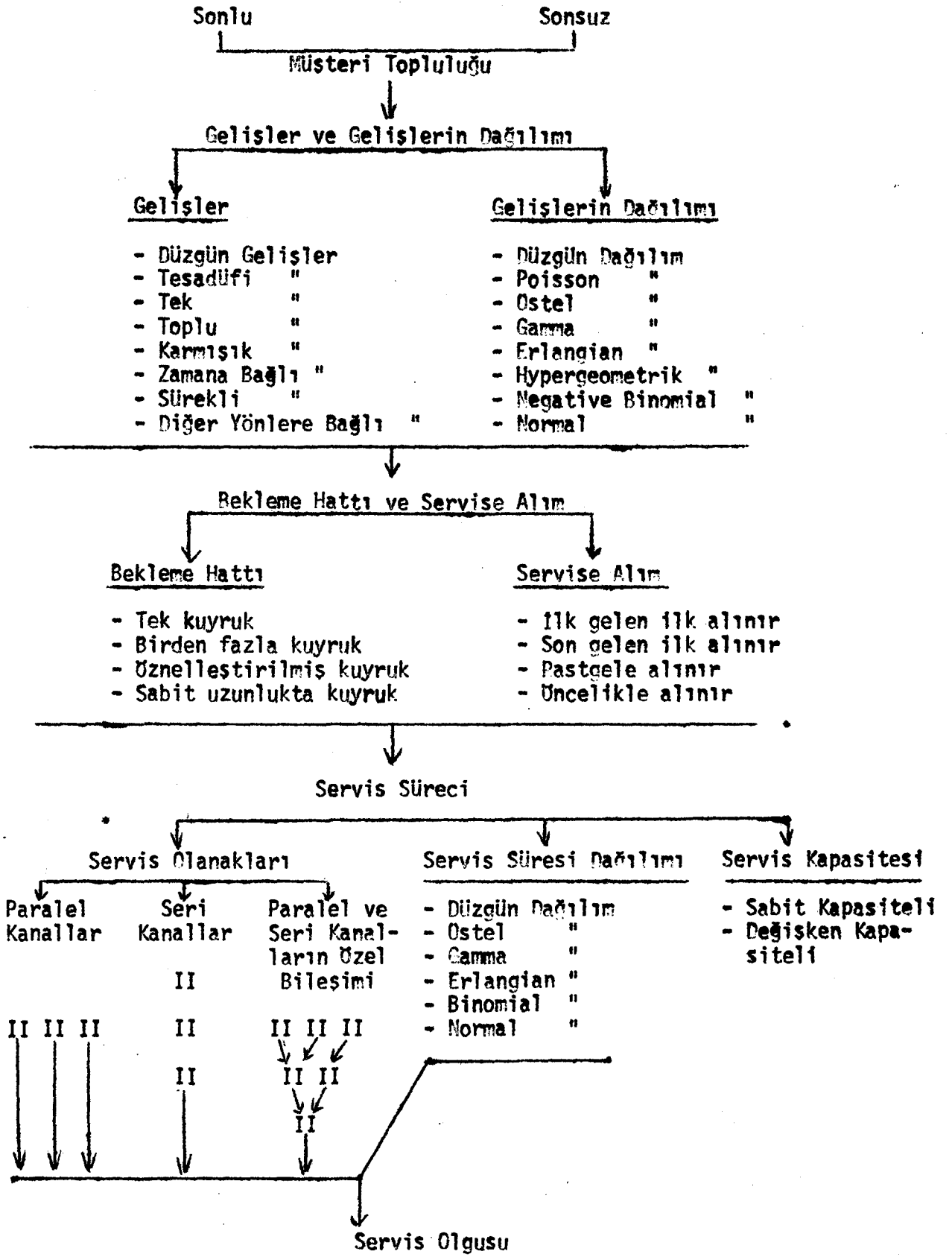
Bir servis sistemi, müşteriler ve gelişleri, bekleme hattı ve servise alım kuralı, servis noktaları ve/veya kanalları ve servis olgusunun bir bütünüdür. Servis sistemlerine bütünlüklü yaklaşım, bu öğelerin ayrı tanımlarının yapılarak, bağıntıların kurulmasıyla olur. Öğelerin olasılık dağılım fonksiyonlarına göre gösterim yeterli olmadığından, bunların kendi içlerindeki değişimleri ve sistem içindeki konumlarına göre bütünlüklü bir gösterime gitmek gerekir. Böyle bir gösterim şekil-1.2'de verilmiştir (26).

### 1.2.3 Bazı Sistemlere Öğeler Açısından Servis Sistemi Olarak Bakış

Buraya kadar servis sistemleri yapısal yönden bir bütün haline getirilmiştir. Varılan sonuçların yararlılığı açısından aşağıda gerçek hayattaki bazı sistemlere servis sistemi olarak bakılmıştır.

---

(26) Daha dar anlamda bir gösterim için bkz: SAATY T.L. Elements of Que., s.12 ve 13.



Şekil - 1.2 Üçelerin Değişik Durumlarına Göre Servis Sistemlerinin Bütünleşik Gösterimi

Günlük hayatın pekçok kesimlerinde servis sistemleri ile karşılaşılır. Hangi sistemlere servis sistemi olarak bakılabileceği sorusunun yanıtı, servis sistemi tanımında yatmaktadır. Önceki kesimlerde değinilen öğeler açısından bir sistem, "girdi - bekleme hattı ve servise alım - servis süreci - servis olgusu" bileşenleriyle bir amaca göre işlerse, servis sistemi olur. Sözelimi envanter sistemi:

- Stoktan karşılanacak siparişler müşteriler,
- Siparişlerin karşılanmasındaki düzen servise alım kuralı,
- Stokdaki birimlerin müşterilere sunulduğu depo ve diğer kaynaklar servis süreci,
- Siparişi karşılanmış bir müşteri servis olgusu,

biçiminde tanımlandığında bir servis sistemi olarak ele alınabilir.

Envanter sisteminde iki yönlü yığılma ile karşılaşılır (27); Siparişler stokdaki mallardan fazla olduğunda müşteriler kuyruk oluşturur, Stokdaki mallar istemden fazla olduğunda mallar kuyruk oluşturur. Verilen bir zaman biriminde az bir gruba servis yapılabildiği ve istemin sürekli olmadığı durumlarda, envanter sistemine servis sistemi yaklaşımı yapmak daha etkin sonuçlar verir (28).

Envanter sistemindeki tanımlamalar gibi, bakım ve tamir sistemleri de bakım ve/veya tamir gereksiyen makine - parça - teçhizat müşteriler olarak tanımlanıp servis sistemi olarak ele alınabilir (29). Bakım ve tamir sistemlerinde öğeler:

- 
- (27) SIEMENS N., MARTING C.H., GREENWOOD F., a.g.e., s.279.  
(28) PHILIP M. MORSE; Queues, Inventories and Maintenance, John Wiley and sons., Inc., New York, 1958, s.138.  
(29) SAATY T.L.; Mathematical Met... s.364.  
MORSE P.M.; a.g.e., s.157.

- Bakım ve/veya tamir gereksiyen makine-parça-teçhizat müsteri,
- Tamir ve bakım için gelenler kuyruk oluşturup bunların gereken işe alımlarındaki düzen servise alım kuralı,
- Tamir ve/veya bakım için kullanılan tüm araçlar ve insanlar servis süreci,
- Tamir edilen ve/veya bakımı tamamlanan nesne servis olgusu

biçiminde tanımlanabilir.

Envanter ve bakım sistemlerinde olduğu gibi günlük hayatta karşılaşılan bazı sistemlere servis sistemi olarak bakılarak Tablo - I,1 düzenlenmiştir (30). Herbiri için servise alım amaç ve durumun koşullarına bağlı olacağından, servise alım kuralı ayırımına gidilmemiştir.

Tablo-I,1'de çok karşılaşılan sistemler ele alındı. Kuşkusuz, günlük hayatta karşılaşılabilen servis sistemleri yalnız tabloda sözedilenler değildir. Daha önce de belirtildiği gibi, tanıma uyan tüm sistemler aynı bakış açısından incelenebilir.

Öğelerin tanımı ve değişik durumları, öğelere göre bitinleşik gösterim ve bazı günlük hayattaki sistemler servis sistemi olarak ele alınarak servis sistemlerinin yapısal analizi tamamlanmıştır.

---

(30) Geniş ölçüde yararlanılan kaynak için bkz: ELWOOD S.BUFFA; Operations Management, John Wiley and sons., Inc., New York, 1968, s.320.



TABLO - I.1 Gerçek Hayattaki Bazı Sistemlerin Servis Sistemi Olarak Gösterimi

Sistemi Adlandırma	Müşteriler	Servis Olanakları	İstem ve Servis Olgusu
Liman İşletmesi	Gemiler	Iskele/Rıhtım	Boşaltma/Doldurma
Bakım - Tamir	Makineler/Parçalar	Tamir ve Kontrol Manivelası	Makine Bakım ve Tamir
Mekanik Olmayan Montaj	Parçalar	Tüm Montaj İşlemleri	Montaj
Doktor Muayenehanesi	Hastalar	Muayenehane ve Doktor	Tıbbi Bakım
Büyük Mağaza	İnsanlar	Mallar ve Sayıcılar	Mallar ve Paketleme Faturaların Tanzimi Ödemelerin Kabulü,
Kavşak ve Köprü	Araçlar	Trafik İşaretleri ve Geçitler	Kavşak ve Köprüden Geçiş
Envanter Sistemi	Siparişler	Depo ve Diğer Kaynaklar	Siparişlerin Gideril- mesi Envanterin Yeni- lenmesi
FiT (Haberleşme)	İnsanlar-Mektuplar- Telgraflar-Telefonlar Havaleler	İnsan-Makine Bileşimi Tüm Kaynaklar	Haberleşme
Hava Meydanları	Uçaklar	Meydan	İniş - Kalkış
Gar/Otogar	Tren - Otomobil	İnsan-Makine Bileşimi Kaynaklar	Geliş - Gidiş
Kafeterya	İnsanlar	Yer - Yemek	İnsan
Tiyatro/Sinema/Maç	İnsanlar	Geçitler	İnsan
Parklar	İnsanlar/Otomobiller	Saha	İnsan/Otomobil

### K E S İ M 3

#### SERVIS SİSTEMLERİNİN YÖNETİM AÇISINDAN İNCELENMESİ

Bir sistemin tanımı ve yapısının belirlenmesinden sonra, öğeler arası sistem içi etkileşimler ve sistemin diğer sistemlerle etkileşimleri göz önüne alınarak amaca göre sistemin yönetimi gelir.

Bir servis sistemi kendi başına maksatlı bir bütün olabileceği gibi, bütünün amaçları doğrultusunda işleyen bir alt sistem de olabilir. Sistemin varlığını sürdürme uğraşları (insan - makine sistemi) Yönetim Bilimi kurallarına göre yapılır. Bunun yanında, servis sistemleri kendine özgü yapı gösterdiğinden sistemin amacı, yöneticinin ilgilendiği işlem karakteristikleri, karşılaştığı sorunlar, yapılacak araştırma ve karşılaşılan sorunların çözümü ayrıcalık gösterir. Bu nedenle, izleyen kesimde yönetim açısından servis sistemleri incelenirken sözkonusu hususlar ele alınmıştır.

### I.3.1 Servis Sistemlerinde Maliyet Enazlama Amacı

Bir insan - makine sisteminin varlığını sürdürmesi, sistemin işleyişine konan amaçlar doğrultusunda yönetilmesiyle mümkündür. Servis sistemlerinde de yönetici için öncelikle "amacın" belirlenmesi gerekir,

Bir servis sisteminin tasarımı, işleyişi ve geleceği için saptanan ana ölçütlere sistemin amacı denir,

Bu tanım ışığında servis sistemleri için aşağıdakilerden biri veya birkaçı amaç olarak alınabilir:

- Kâr enyüksekleme (maksimizasyonu) amacı,
- Gelir (hasıla) enyüksekleme amacı,
- Masraf enazlama (minimizasyonu) amacı,
- Geliş ve çıkışlarda denge amacı,
- Verilen bir normu doldurma amacı.

Yukarıdaki sıralamadan da anlaşılacağı gibi amaç ne olursa olsun, buna göre işleyişte maliyet unsuru hasta gelmektedir. Denilebilir ki, servis sistemlerinin yönetiminde ana amaç servis istemlerinin enaz maliyetle karşılamaktır (31). Bu tür bir genelleme ile sistemin maliyet enazlama amacına göre yönetimi için, sistemi etkileyen maliyet bileşenleriyle toplam maliyetin oluşumu belirlenmelidir.

#### I.3.1.1 Maliyet Bileşenleri

Servis sistemlerinde iki tür maliyetle karşılaşılır; Müşterilerin bekleyişlerinden oluşan maliyet ile servis noktalarının (ola-

---

(31) FABRYCKY W.J., GHARE P.M., TORGERSEN P.E.; a.g.e., s.385.

nakların) boş kalışından oluşan maliyet. Bu iki maliyet türü aşağıda ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

### i. Aylak Kalış Maliyeti

Sisteme gelen birimlerin büyük bir oranına servis verilmek istenirse, dalgalanmaları gözönüne almak için servis kapasitesini umulandan fazla tutmak gerekir. Bu yöntem de bazen servis olanaklarının boş (aylak) kalmasına neden olur (32). Servis olanaklarının aylak kalması, müşterilerin nicel olarak noksanlığından olabileceği gibi, müşterilerin servise alınana kadar beklememe durumlarından ve müşterilerin gelişleri arasındaki zaman farklılaşmasından meydana gelebilir (33). Servise açık iken istem azlığından boş duran her servis noktasının işletme giderlerinin tümü aylak kalış maliyeti olarak tanımlanır. Servis olanaklarının boş kalışından oluşan aylak kalış maliyeti servis kapasitesi ile doğru orantılıdır. Servis kapasitesi artıka aylak kalış maliyeti de artacaktır.

### ii. Müşterilerin Bekleme Maliyeti

İstemlerin karşılanmasında bir darlık olduğunda, birimler (müşteriler) servis için beklemek durumunda kalırlar. Darlık, olanakların azlığından veya olanakların düzensiz hazırlanmasından olabilir (34). Müşterilerin bekleyişleri bir kaynak kullanamama durumu olduğundan, müşterilerin beklemesinden maliyetin ikinci unsuru olan bekleme zamanı maliyeti oluşur. Bir önceki pragrafta da belirtildiği gibi, bekleme süresi kapasite

---

(32) MORSE P.M.; a.g.e., s.28.

(33) W.R. VAN VOOPHIS; "Waiting - Line Theory As A Management Tool" Operations Research, Vol.4, No.2, April - 1956, s.221.

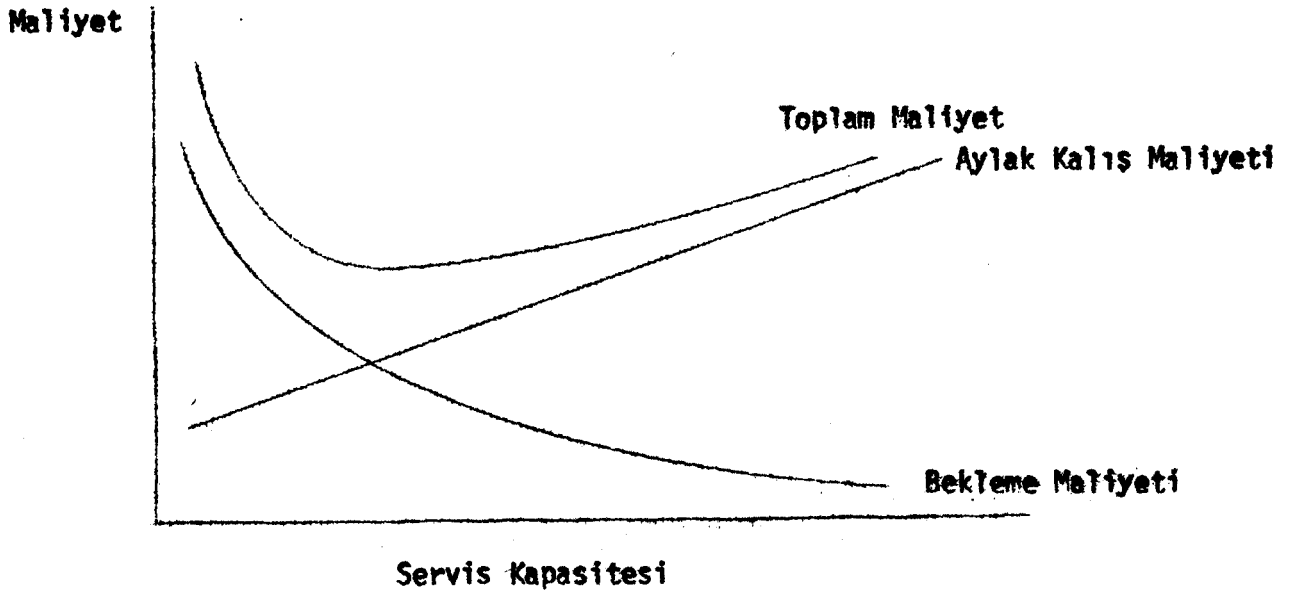
(34) Bir önceki eser, s.222.

ile ters orantılı olduğundan, kapasite arttıkça bekleme maliyeti azalacaktır.

Sistemi etkileyen maliyet unsurları tanımlandıktan sonra, enazlanması amaçlanan toplam maliyet belirlenir.

### 1.3.1.2 Toplam Maliyet

Bekleme maliyeti servis kapasitesinin azalan, aylık kalış maliyeti ise servis kapasitesinin artan fonksiyonudur. Bu iki maliyet unsuruna göre de toplam maliyet oluşur (35). Durum şekil-I,3'de gösterilmiştir.



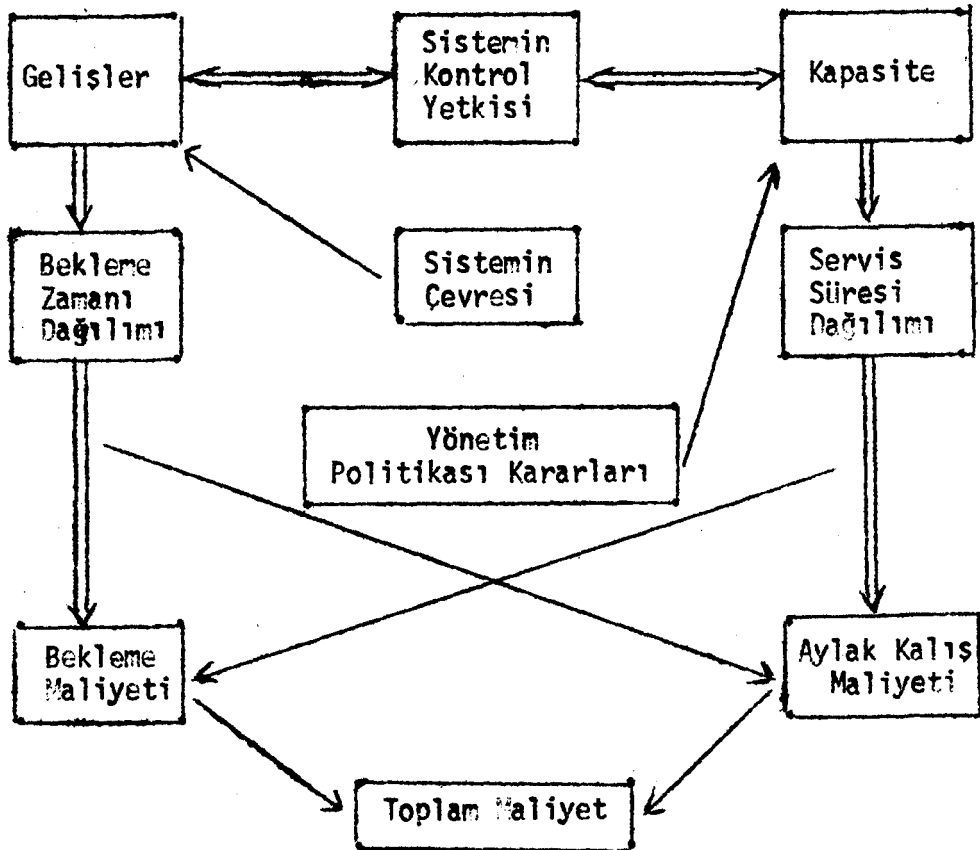
Şekil - I.3

Servis Sistemlerinde Toplam Maliyetin Oluşumu

(35) FAZIL K.GOLÇOR; İşletmelerde Faaliyet Araştırmaları, Berksoy Mat., İstanbul, 1965, s.496.  
SEDAT AKALIN; "Bekleme Kuramına İlişkin Bir Uygulama", I.O.İş.Fak.Der., Cilt 2, Sayı 2, Kasım - 1973, s.59.

Yukarıdaki açıklamalar servis maliyetinin, servis yapılışın veya yapılmasın, toplam maliyete sabit bir etki yaptığı sistemler içindir. En genel anlamda bir insan-makine sistemi olan servis sisteminin yöneticisi, aylak insan, olanaklar ve materyeller bir yanda, servis maliyeti diğer yanda olmak üzere sistemi amaca göre yönetir (36).

Toplam maliyetin temel iki bileşeninin tanımlanması ve bunların toplam maliyete etkilerinin belirlenmesinin yanında, sistemin yöneticisi öğelerin toplam maliyeti nasıl ve ne şekilde etkilediğini bilmek zorundadır. Sistemin öğeleri arasındaki etkileşimle toplam maliyetin oluşumu şekil-I.4 de gösterilmiştir (37). Şekilde görüleceği gibi, servis süresi dağılımı dolaylı olarak bekleme zamanı maliyetini ve bekleme zamanı dağılımı aylak kalış maliyetini etkilemektedir.



Şekil - I.4 Servis Sisteminde Maliyet Akışı

- (36) CLAUDE McMILLAN, RICHARD F. GONZALES; Systems Analysis, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1965, s.124.  
(37) SIEMENS N., MARTIN C.H., GREENWOOD F.; a.g.e., s.297.

Servis sisteminde maliyetin oluşumuna ilişkin açıklamalara ek olarak, kuyruğun uzun oluşu nedeniyle sistemin terk edilmesi sözkonusu olduğu servis sistemlerinde, müşterilerin kayıplarından oluşan maliyet de gözönüne alınmalıdır. Böylece oluşan maliyet bileşeninin ölçülemezliği toplam maliyeti ne yönde etkilediğini belirsizleştirmektedir,

### I.3.2 Servis Sistemlerinde İşlem Karakteristikleri

Tanımlanan amaca göre sistemin yönetimi zamana göre sürekli bir karar süreci olarak görülebilir. Başka bir deyişle, yönetici her an bir dizi kararlar alarak sistemin varlığını sürdürür. Yönetimin, alınan kararlar da kullandığı tüm bilgilere (verilere) işlem karakteristikleri denir. İşlem karakteristikleri sözkonusu sistemin yapısal yanıyla yakın ilişkilidir.

Kuramsal açıdan bir servis sistemi, parçaların bileşiminden oluşan bir sebekerçi akışlar şeklinde görülebilir. Sistemin her yerinde (her parçasında) veya bileşeninde işleyiş süresi içinde az veya çok değişimler olur. Bu nedenle sistemde ölçülebilen bütün miktarlar zaman içinde ortalama bir değer veya debi etrafında dalgalanan stokastik değişkenlerdir (38). Genel anlamda servis sistemleri, farklı ortalama boyutların hesaplandığı stokastik olaylardır (39). Bu nedenle servis sistemlerinin en iyi açıklanması ancak olasılı durumlarla mümkündür.

Stokastik olay olarak görülen servis sistemlerinde karar verici, olu-

---

(38) MORSE P.M.; a.g.e., s.4

(39) ARNOLD KAUFMANN; Methods and Models of Operations Research, Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1963, s.340.

san maliyetleri enazlarken veya çıktıyı enyükseklerken veya herhangi bir etkinlik ölçüsünü eniyi kılmak için genellikle ortalama değerlere başvurur (40). Başka bir deyişle, servis sistemlerinin işlem karakteristikleri çoğunlukla ortalama değerlerdir.

En genel anlamda servis sistemlerinin yöneticileri aşağıda sıralanan işlem karakteristiklerini kullanır:

- Gelişlerin debisi,
- Servis debisi,
- Trafik yoğunluğu,
- Sistemde veya kuyruksa "n" birim bulunma olasılığı,
- Sistemdeki (kuyruk ve serviste) ortalama birim sayısı,
- Sistemde bekleme süresi dağılımı,
- Bekleme hattında ortalama kalış süresi,
- İşleyiş devresinin ortalama uzunluğu,
- Birim zamanda servisi tamamlanan müşteri sayısı (Servis gören ortalama birim sayısı),
- Bozulabilen mallar, sabırsız müşteriler veya acil hastalar için işleyen servis sistemlerinde müşterilerin verilen bir zamandan fazla sistemde kalmama olasılığı,
- Herhangi bir anda,  $0 < n < C$  olmak üzere, "n" kanalın işler bulunma olasılığı,
- Bir servis kanalının boş kalma olasılığı,
- Servisi tamamlanan bir müşterinin sisteme geri dönme olasılığı (geri dönüşlü sistemler için),

---

(40) MAURICE SASIENI, ARTHUR YASBAN, LAWRENCE FRIEDMAN; Operations Research, Toppan Company Ltd., Tokyo, 1953, s.126.



- Müşterilerin farklı istem veya özellikte sisteme gelmeleri durumunda, istem veya müşteri özelliklerine göre yukarıda belirtilen işlem karakteristikleri,
- Sistemin içeriğindeki stokastik değişkenlerin ortalama değerlerinin yanında varyansları ve olasılık dağılım fonksiyonları,

Yönetim için amaçlanan etkinliği işlemsel (Operational) yönde etkileyen karakteristikler yukarıda belirtilenlerdir. Ancak bu sıralama, bütün servis sistemleri için tüm olarak gerekli olmayabilir. Bunlar sistemin özüne, müşterilere ve doğanın koşullarına göre şekillenirler.

Karar verici, sistemin tanımlanan amaca göre yönetimi için alacağı dizesel kararlarında yukarıda sıralanan işlem karakteristiklerini kullanır. Bunun yanında, yönettiği sistem bir insan-makine sistemi olduğundan, yönetici sürekli sorunlarla karşılaşır. Sözedilen işlem karakteristikleri karşılaşılan sorunların giderilmesinde de kullanılacaktır.

### 1.3.3 Servis Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar

Servis sistemleri, tanım gereği insan-makine sistemleridir. Bu tür sistemlerde insan unsurundan, makine unsurundan veya insan-makine bileşim unsurundan doğan sorunlarla karşılaşılır. Kuyruk oluşan sistemlere, ki servis sistemleri olarak aldık, özgü sorunlara genel bir yaklaşımı D.G. Kendall'da görüyoruz. Kendall sorunlara, sistemin bileşenleri cinsinden yaklaşmıştır (41). Konuya ilişkin çalışmalar kabarık olmakla birlikte, sorunlara bütünlüklük yaklaşım A.Bhatia ve A.Garg'ın çalışmalarıyla (42),

---

(41) Bkz: KENDALL D.G.; a.g.m.

(42) A.BHATIA ve A.GARG; "Basic Structure of Queueing Problems", Jour. Ind. Eng., Vol.14, No.1, 1963, s.13-17.

U.Narayan Bhat'ın çalışmasında (43) görülebilir.

Bu araştırmada, zaman içindeki kuramsal çalışmaların bütünleştiği olan U.Narayan Bhat'ın bakış-açısı esas olarak servis sistemlerinde karşılaşılan sorunlar;

- Davranışsal,
- İstatistiksel,
- İşlemsel

olarak sınıflandırılarak incelenmiştir.

#### I.3.3.1 Davranışsal Sorunlar

Sistemin yöneticisi ilgilendiği bütünün bugün ve gelecekteki davranışlarına yönelik sürekli kararlar alır. Yönetici, gerek bu kararlarındaki kestirim dışı görünümle karşılaştığında, gerekse kararlarında kullandığı sistemin davranışına yönelik işlem karakteristiklerinde çözüm gerektiren sorunlarla karşılaşır. Servis sistemlerinde sistem öğelerinin ve öğelerin değişik durumlarının bugün ve/veya gelecekteki davranışlarından oluşan sorunlara davranışsal sorunlar denir.

Davranışsal sorunların çoğu kuyruk uzunluğu, bekleme süresi, işleyiş süresi v.b. işlem karakteristiklerine yönelik, gelişlere, servise alım kuralına ve servis sürecine bağlı belirsizlik taşıyan tesadüfi değişkenlerden oluşur.

Bazı sistemler işleyiş süresi içinde zamandan bağımsızlaşarak durağan durum (steady-state) haline gelirken, bazıları zamana göre sürekli değişim

---

(43) U.NARAYAN BHAT; "Sixty Years of Queuing Theory", Man.Sci., Vol.15, No.6, February, 1969, s.280-294.

gösterirler (44). Bu nedenle, servis sistemlerinin yöneticileri için sistemin zaman içindeki durumu bir davranışsal sorun niteliğindedir.

Müşterilerin davranışları değişiktir; Sisteme gelen bir müşteri kuyruğa girmeyebilir. Bu davranış, o anda fikir değiştirdiğinden, bekleme hattının uzun olusundan veya hiç beklemek istemeyişinden olabilir (45). Müşterilerin sisteme gelişleri yanında buna benzer davranışları da (yönetim için) davranışsal sorunlar olarak görülebilir.

### I.3.3.2 İstatistiksel Sorunlar

Sistemin bugün ve gelecekteki davranışına ilişkin sorunların çözümü, geçmiş eylem devrelerine ilişkin gözlemsel ve kayıtlanmış verilerin incelenmesine götürür. Bu şekilde servis sistemlerinin geçmiş eylem devrelerine ve bu andaki işleyişine yönelik verilerin analizine ilişkin sorunlara İstatistiksel Sorunlar denir (46). Başka bir deyişle, sistemin davranışına yönelik parametrelerin kestirimi, hipotezlerin sınaması (hipotez testleri) ve gelişler veya servis süresi dağılımları ile bunlar için yapılacak uygunluk sınamaları yönetimin karşılaşılabileceği istatistiksel sorunlardır (47).

Görüldüğü gibi, davranışsal sorunlar istatistiksel sorunları doğurmaktadır. İstatistiksel işlemler ise, sistemin tüm eylem devrelerindeki kayıtlara götürür. Sistemin işleyişinde kayıtlar ayın haftalarına, haftanın günlerine, günün saatlerine veya yılın mevsimlerine göre sürekli olarak tutulmalıdır.

- 
- (44) BHAT U.N.; a.g.m., s.282.  
(45) SAATY T.L.; Elements of Que., s.10.  
(46) BHAT U.N.; a.g.m., s.282.  
(47) Bir önceki eser, s.282.

Kuyruk kuramına ilişkin kaynaklarda kuramsal ve uygulamalı çalışmaların yoğunluk noktası davranışsal ve istatistiksel sorunlar üzerindedir. Gelişlerin Dağılımı / Servis Süresi Dağılımı / Servis Noktaları sıralı iktisunün değişik durumları için yapılan çalışmalar, 1970 başlarına kadar bütünleştirilmiş bir kuram haline getirilememiştir; Servis sistemlerinin davranışsal sorunları için birleşik bir kuramsal çatıyı, uygulamalarıyla birlikte İzzet Şahin oluşturmuştur (48).

### I.3.3.3 İşlemsel (Operational) Sorunlar

Gerçek hayatta karşılaşılan servis sistemlerinin yapısal ve yönetsel planda sistemin yöneylem sürecinde yatan tüm sorunlar işlemsel Sorunları oluşturur. Bu sorunların bazıları yapısal olarak istatistiksel niteliktedir. Diğerleri öz olarak tasarım, kontrol ve etkinlik ölçümüyle ilgilidir (49). Kuşkusuz sisteme bütünleşik yaklaşım da onun istatistiksel ve davranışsal yönleri olacaktır. Başka bir deyişle ilk iki tür sorunların çözümleri, işlemsel sorunların çözümü için gerekli girdileri oluşturacaktır.

İşlemsel sorunlara yönelik çalışmalar sayılabilecek kadar azdır (50). Bu çalışmaların ortak yanı, sistemin belirli koşullar altında eniyilemesini

- 
- (48) İZZET ŞAHİN; Queues and Related Stochastic Systems; A Unified Equilibrium Theory, Numerical Analysis and Approximations, (1972) Monograph, Submitted for publication.
- (49) BHAT U.N.; a.g.m., s.282.
- (50) İşlemsel sorunlara yönelik çalışmaların belli başlıcaları için bkz: HALİM DOĞRUSÖZ; Sequential Queuing Models: Optimizing Service Systems by Varying the Service Capacity, ONR Project-NOMR-1141 (08), Case Institute of Technology, 1961, FREDERICK S.HILLIER; "Economic Models For Industrial Waiting Line Problems", Management Science, Vol.10, No.1, October, 1963, s.119-130, SABATI H.; a.g.m, Ayrıca bkz: U.NARAYAN BHAT; a.g.m.

aramaktır. U.Narayan Bhat'ın (51) da belirttiği gibi, servis sistemlerinde boş ve az işlenmiş bir saha olarak işlemsel sorunlar olmaktadır. Gerçek hayatın problemlerine çözüm getiren uygulamalı çalışmaların artımıyla, servis sistemlerinin genel eniyileme (optimizasyon) kuramı anlam kazanmaya başlayacaktır.

#### I.3.4 Servis Sistemlerinde Araştırma

Servis sistemlerinde, I.3.3'de ayrıntılarıyla incelenen sorunlara yönelik araştırma yapılır; Araştırmada amaç, bugünü geçmiş eylem devreleriyle birlikte düşünerek sistemin amaca göre yönetimi, ileriye dönük planların ve tasarımların yapılması olarak özetlenebilir. Bazen, ayrık amaçlar için de araştırma yapılır (52):

- İşleyiş kuralları ve işlem karakteristiklerine ilişkin (davranışsal sorunlar) parametrelerin saptanması,
- Beklemelerin nedeninin ve zaman durumunun belirlenmesi,
- Servis işlemiyle oluşan hasıla ile karşı gelen maliyetler arası eniyi dengeye ulaşması,
- Herhangi bir durumda saptanan politikanın kullanılabilirliğinin belirlenmesi

araştırma konusu olabilir.

Per çok servis sistemlerinde gelişlerin ve servis süresinin dağılımı ile servise alım kuralının belirlenmesi, kararlaştırılan etkinlik ölçüsüne ulaşmak için yeterlidir (53). Diğer bazı sistemlerde ek bilgilerin araştı-

---

(51) BHAT U.N.; a.g.m.

(52) SIEMENS at all.; a.g.e., s.277.

(53) SAATY T.L.; Elements of Que., s.7.

rılması gerekebilir. Kuşkusuz araştırma, sistemin işleyişindeki anlamlı devreleri kapsar. Sözel bir lokantada yığılma özellikle öğlen ve akşam olur. Bazen bu iki devre de yığılma yoğunluğu farklı olabileceğinden, araştırmada devreler ayrı ayrı incelenmelidir (54).

Bir servis sisteminin yöneticisi hertürlü kararlarında işlem karakteristiklerini kullandığına ve genel olarak yönetimde maliyet enazlama amaçlandığına göre, yapılacak araştırma ile bir servis sistemi;

- İşlem karakteristikleri,

ve

- Maliyet

yönünden incelenmelidir; Bu hususlar bundan sonraki paragraflarda ele alınmıştır.

#### I.3.4.1 İşlem Karakteristikleri Yönünden Araştırma

Servis sistemlerinde işlem karakteristikleri yönünden yapılacak araştırmayla öncelikle gelişler ve servis süresine ilişkin veriler incelenir. Çünkü yöneticinin istediği işlem karakteristiklerinin çoğu gelişlere ve servis süresine doğrudan bağlıdır. İşlem karakteristiklerini dolaylı olarak etkileyen unsurlar da araştırma kapsamına alınmalıdır. Sistemin özelliğine göre değişecek olan bu unsurlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (55):

---

(54) Bir önceki eser, s.9.

(55) DONALD R. PLANE, CARY A. KOCHENBERGER; Operations Research for Managerial Decisions, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1972, s.173.

Ayrıca bkz: SIMENS, et all., a.g.e., s.296.

- Gelişleri etkileyen faktörler,
- Gelişlerdeki sapmaları etkileyen faktörler,
- Kuyrukta bekleyen birimlerin davranışları,
- Kuyruğu terk eden müşterilerin davranışları,
- Birden fazla kuyruk olduğunda, müşterilerin kuyrukları seçim nedenleri,
- Servis olanaklarının durumu,
- Servis olanaklarının aylak kalışını etkileyen faktörler,
- Birimlerin servisten ayrılışı ve sonraki davranışları,

Yukarıda belirtilen unsurlardan hangisinin hangi işlem karakteristiğini ne yönde ve nasıl etkilediği sorusu araştırma sonucu yapılacak analizlerle yanıtlanır.

#### I.3.4,2 Maliyet Yönünden Araştırma

Sistemin etkinliği maliyet unsuruyla yakinen ilişkilidir. Bu nedenle servis sistemleri maliyet yönünden sürekli incelemeye tabi tutulmalıdır.

Maliyet analizleriyle aşağıdaki hususlar araştırılır (56):

- Sistemin tüm işleyiş maliyeti (devrelik),
- Bir kanal eklenmesi maliyeti ve/veya aynı ölçüde servis debisinin arttırımı maliyeti,
- Servise alım kuralının maliyeti,
- Belirli bir süre müşteri tutuş maliyeti,
- Bazı kanalların onarımı ile boş tutulma maliyetleri ve karşılaştırılması,

- Farklı kuyruk uzunluğundaki müşteriler bekleme yerleri maliyeti,
- Gelişlerin dağılımının kontrol maliyeti,
- Müşterilerin bekleme maliyeti,
- Kuyruktan ayrılan müşterilerin maliyeti,
- Birim zamanda olanaklardan faydalanma maliyeti,

Yukarıda sıralanan hususlar sistemin özelliğine göre anlamlı olacağından araştırma ele alınan sistemde karşılaşılan sorunun özelliğine göre yapılır.

Hangi amaçla ve hangi yöne ilişkin olursa olsun, geçerli bir servis sistemi araştırmasında aşağıdaki yol izlenir (57):

- Öncül bir inceleme (Survey),
- Sistemin mümkün değişimlerinin kaba bir değerlemesi,
- Daha ileri verilerin derlenmesi,
- Değişimin meydana getirdiği etkinin etraflıca incelenmesi,
- Geçerli bir ölçütün formülendirilmesi,
- Değişimin kısa bir aralıkta değerlendirilmesi,
- İzlenecek eylemin saptanması,

Yukarıda değinilen sorunlara yönelik araştırma sonuçlarıyla karşılaşılan sorunların çözümlenmesi, yönetimin sistemin amaca göre varlığını sürdürmek için sürekli bir uğraşısı durumdadır.

---

(57) COX D.R., SMITH W.L.; a.g.e., s.28.



### I.3.5 Servis Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunların Çözümü

Bir servis sisteminde karşılaşılan sorun davranışsal, istatistiksel ve/veya işlemsel olsun, çözümde aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılır;

- Sezgisel Yaklaşım
- Matematiksel Yaklaşım

Soruna hangi yönde bir yaklaşım yapılırsa yapılsın, önce sorunun ayrıntılı olarak tanımlanması, sonra da aşağıdaki sıranın izlenmesi gerekir (58):

- Değişkenler doğru olarak tanımlanır,
- İstatistiksel ölçümlerle ilgili dağılımlar araştırılarak onların gerçek şekilleri belirtilir,
- Dağılımlardan kullanışlı ölçütler elde edilir,
- Bu ölçütlerle eylemin etkinliği geliştirilir.

Üz olarak bir servis sisteminde karşılaşılan sorunun çözümünde, gelişlerin sıralanması (programlanması) ve/veya servis olanaklarının isteme yönünelik hizmete hazırlanması ve bunlar için de sistem-ici etkileşimlerin düzenli bulundurulması amaçlanabilir.

Sorunların çözümünde amaç ve izlenecek yol belirtildikten sonra, çözüm yöntemleri aşağıda ayrıntılarıyla incelenmiştir.

---

(58) SAATY T.L.; Elements of Que... s.14.

### I.3.5.1 Sezgisel Yaklaşım

Sistemin işlerliğinde deneme-yanılma ve/veya sezgiyle, önceki bilgilerin ışığında bazı ayarlamalar yapılırsa, bu yolla sorun çözümlenmiş olabilir. Sorunun bu şekilde giderme yöntemine "Sezgisel Yaklaşım" denir.

Bu anlamda eniyi işleyiş için ayarlama, sistemin yapısındaki bileşenler üzerinde olur:

- Gelişlerin,
- Servis Süresinin,
- Servise Alım Kuralının

değişimi sözkonusudur.

Böylece sistemin işlerliği için sezgisel planla gerekli değişim yapılır. Ancak bu küçük, bileşenin herhangi birindeki değişimin diğer bütün bileşenlere etkilerinin sezinilebildiği (görülebildiği) sistemler için geçerli olur. Bu tür sistemlerde gelişlerin sürekli kontrolü yapılarak trafik yoğunluğu (geliş debisinin servis debisine oranı) sürekli olarak birden az tutulabilir. Böylece sistemin işleyiş saatlerini gelişlere uydurarak, kalabalık yığılımlı devrelerin oluşturduğu sorunları gidermek mümkün olur.

Bazen de işlem karakteristikleri için derlenen bilgilerle yaklaşık sonuçlara gidilir. Çok servisli bir sistemde birden fazla birbirinden bağımsız servis noktaları yaklaşık bir bütün olarak ele alınabilir. Sözgelisi, 4 servis noktalı bir sisteme ortalama birim zamanda 20 müşteri gelir ise, bu sistem birim zamanda 5 girdili 4 ayrı tek servisli sistem olarak ele alın-

bilir (59), Kuskusuz böylece elde edilen bilgilerle varılan sonuçlar yaklaşık çözüm olur.

### I.3.5.2 Matematiksel Yaklaşım

Servis sistemlerinde oluşan sorunlara matematiksel yönden çözüm getiren bilim dalı olan kuyruk kuramının gelişimiyle, sistemin özel durumlarını belirten (ortalama bekleme hattı uzunluğu, v.s.) formüllerin başka unsurlara bağlı olarak (ortalama geliş debisi, ortalama servis debisi) çıkartılması, sistemin işlerliğinde karşılaşılan sorunların çözümünde kullanılagelmıştır. Kuskusuz bu formüller gelişlerin, servise alım kuralının, servis sürecinin yapısal durumuna bağlıdır. Kuramsal yönden çalışmaların çoğu, geliş ve servis sürelerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayımına göredir (60). Yine bu çalışmaların "ilk giren ilk servise alınır" servise alım kuralı ile tek servisli sistemler üzerinde olduğu da söylenebilir.

Davranışsal yönden herbir müşteri geliş zamanı, bekleme süresi ve servis süresiyle diğer müşterilerden farklılık gösterir. Bu nedenle, herbir müşteri için üç ayrı tesadüfi değişken tanımlanabilir. İşte Kuyruk Kuramının çalışma sahası bu tesadüfi değişkenlerin farklı tipleri üzerindedir (61). Görüldüğü gibi, kuyruk kuramı servis sistemlerinin davranışsal ve istatistiksel sorunlarına matematiksel çözümler getirmektedir. 1950'lerden sonradır ki sistemi bir bütün halinde alıp, sorunu etkinliği

---

(59) WAGNER H.M.; a.g.e., s.853.

(60) SAATY T.L.; Elements of Que... s.373.

(61) Bir önceki eser, s.14.

acılarından görüp, çözüm arama uğraşları başlamıştır. Bu konuda, daha önceden değinildiği gibi, sistem çağı bilimlerinden Yöneylem Araştırmasının katkısı oldukça fazla olmuştur.

Servis sistemlerinde karşılaşılan sorunların çözümüne matematiksel yaklaşımda iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar;

- Analitik Yöntem,
- ve
- Benzesim (Simulasyon) Yöntemi'dir.

Aşağıda bu yöntemler kısaca açıklanmıştır.

#### i. Analitik Yöntem

Gelişler ve servis süresinin dağılımları belirtildikten sonra, servise alım kuralı ve yönetimin araçları doğrultusunda soruna fonksiyonel olarak çözüm arayıp karar değişkenlerini bulma yoluna analitik yöntem denir.

Analitik olarak bir sorunun çözümlenmesi için, sorunu etkileyen tüm bileşenlerin ve aralarındaki ilişkilerin matematiksel olarak yazılabilirlerinin yanında, fonksiyonel olarak belirtilebilen amacın eniylenmesi için matematiksel çözümlenmenin de mümkün olması gerekir.

#### ii. Benzesim Yöntemi

Gelişler ve servis süresi hakkındaki istatistiklerden Monte-Carlo metoduyla gerçek veya varsayılmış dağılımlarla kâğıt üzerinde adeta bir tür oyun şeklinde karar değişkenlerini bulma şekline benzesim yöntemi denir.

Bu yöntemle istatistiklerin değiştirilmesi ve gelişlerin binlerce defa tekrarıyla, koşullardaki değişimin etkileri, uzun bir süre gerçek veri-

leri beklemeksizin saptanır (62). Çok karmaşık sistemler için geliştirilen benzesim modelleri bilgi-sayar kullanımıyla çözümlenir (63). Gelişlerin ve servis süresinin dağılımlarının açık olarak belirlenmediği durumlarda, kontrol edilebilen etkenlerin çok sayıda değişimlerinin görülmesi gerektiğinde ve benzeri durumlarda benzesim yöntemi daha iyi sonuç verir.

### I.3.6 Servis Sistemlerine Geliştirilen Modelin İçeriği

Yönetici servis sistemlerinde karşılaştığı sorunları eniyi çözümlenmek için, sorunun bütünleşik ele alındığı modelleri ister. Sorunların çözümüne matematiksel yöntemlerle yaklaşıldığında ise, yönetici, matematiksel modellere başvurur.

Buraya kadar yapılan incelemeler sonucu, model geliştirmedeki genel kurallara ek olarak, servis sistemleri için geliştirilen modellerin içeriği aşağıdaki gibi olur.

Gerçek bir servis sistemi için geliştirilecek modellerin bazı varsayımları taşıyacağı doğaldır. Bu varsayımlar sonunda analitik veya benzesim veya her ikisiyle birlikte çözümlenmesine bağlı değildir (64). Modelin varsayımları, sistemin dört temel ögesi (gelişler - bekleme hattı ve servise alım - servis süreci - servis olgusu) üzerinde ve sistemin çevresiyle olan diğer etkileşimler için yapılır. Bir anlamda varsayımlarla sistem-ici ve sistemle-çevre arası etkileşimler tanımlanır.

---

(62) VAN VOORHIS W.P.; a.g.m., s.226.

(63) Kuyruk oluşan sistemlerde benzesim modelleri ve bilgisayar kullanımı için bkz: McMILLAN C., GONZALES R.F.; a.g.e., s.166-188.

(64) WAGNER H.M.; a.g.e., s.853.

En genel anlamda modelin temel karar değişkenleri servis süreci ve servise alım kuralı üzerindedir. Servis olanaklarının sayısı, olanakların düzenlenmesi, ortalama servis debisi, servis kapasitesi ve değişik alım kuraları, yönetimin tam kontrolü altındaki değişkenlerdir; Başka bir deyişle karar değişkenleridir. Hatta ortalama bekleme süresi, servis debisi hızlandırıldığında azalacağından yönetimde bir karar değişkeni olarak görülebilir. Karar değişkenleri yeni bir sistem tasarımı ve/veya kurulmuş bir sistemin yeni işlerliği yönünde sistemin özelliği ve sorunun kapsamına bağlıdır.

Modelin parametreleri stokastik değişkenlerle diğer sistem-ici ve sistemler-arası etkileşimlere göre belirlenir.

Modelin kısıtlayıcıları sistemin amacına ve durumun koşullarına bağlı olarak belirlenir. Sözel işi servis olanaklarının kullanımı, kapasite kullanımı, kuyruk uzunluğu, ortalama bekleme süresi v.b. işlem karakteristiklerine yönetim bazı kısıtlar koyabilir.

Bir servis sisteminde amaç hangi yönde saptanırsa saptansın, daha önce de belirtildiği gibi, maliyet unsuru en etken olmaktadır. Bu nedenle, genellikle bir modelde amaç fonksiyonu maliyet bileşenleriyle yakından ilişkilidir. Sistemin özelliğine göre amaç fonksiyonu yazılarak model tamamlanmış olur.

Servis sistemlerinin tanımı, bu sistemlerin yapısal analizi ve yönetim açısından servis sistemlerinin ayrıntılı bir biçimde incelenmesiyle çalışmada amaçlanan "servis sistemlerine kuramsal yönden kavramsal yaklaşım" bütünleştirilmiş olmaktadır.

**B Ü L Ü M    İ İ**

**GELİŞLERİN ZAMANA BAĞLI OLDUĞU SERVİS SİSTEMLERİNDE  
KAPASİTE SORUNUNA MATEMATİKSEL YAKLAŞIM**

## K E S İ M 1

### GELİŞLERİN ZAMANA BAĞLI OLDUĞU SERVİS SİSTEMLERİ

Bir servis sisteminde ortalama geliş debisi ve ortalama servis debisi sabit ise, sistemin durum olasılıkları ve ortalama geliş debisi ile ortalama servis debisinin kullanımıyla bulunan diğer işlem karakteristikleri zamana bağlı değildir (1). Ancak, gerçek hayatta ortalama geliş debisinin sabit olduğu servis sistemleriyle karşılaşmak güçtür (2).

Gelişlere ilişkin parametrelerin zamanla değişmesi karşısında, I.2.1.1'de belirtilen zamana bağlı gelişler sözkonusu olur. Servis sistemlerinde gelişlerin zamana göre değişim göstermesi yönetime yeni sorunlar getirir. Yöne-

---

(1) MORSE P.M.; a.g.e., s.4.  
(2) NEWELL G.F.; a.g.e., s.121.



tici istemi, amacına göre eniyi karşılayabilmek durumundadır. İstemini eniyi karşılanması için yapılacak işlemler ise, gelişlerin zamana göre nasıl bir değişim gösterdiğinin yanında, sistemin birim zamandaki servis debisinin ve kapasitesinin değişim olanaklarına bağlıdır. Kapasite yönüyle bir servis sistemi, I.2.1.3 (ii)'de de belirtildiği gibi, ya sabit kapasiteli, ya da değişken kapasitelidir. Bu iki ayrı durum aşağıda incelenmiştir,

### II.1.1 Gelişlerin Zamana Bağlı Olduğu Sabit Kapasiteli Sistemler

Birim zamanda servis debisi hiçbir şekilde değiştirilmeyen sistemler sabit kapasiteli sistemlerdir. Sabit kapasiteli sistemlerde gelişlerin zamana göre değişimi maliyet unsurlarının artmasına neden olur. Gelişlerin en az olduğu devrelerde servis olanaklarının aylak kalış maliyeti, gelişlerin en sık olduğu devrelerde de bekleme zamanı maliyeti ve/veya bazı müşterilerin sistemi terk etmelerinden oluşan maliyet artar.

Bu tür sistemlerin yöneticileri öncelikle gelişlerin zamana göre kestirimine giderek, servis olanaklarının aylak kalış maliyetini enazlamaları gerekir. İkincil bir uğraşı olarak da yöneticiler, çevre koşullarını etkileyerek gelişlerdeki sapmaları enazlama yoluna gidebilirler. Gelişlerdeki sapmaları enazlama işlemi bir taraftan gelişlere yığılımlı devrelerde özel kısıtlar koymakla, diğer taraftan da gelişleri dolaylı olarak etkilemekle olabilir. Böylece yönetici, sistemin toplam maliyetini enazlamaya çalışır.

### II.1.2 Gelişlerin Zamana Bağlı Olduğu Değişken Kapasiteli Sistemler

Birim zamanda servis debisi iki değer arasında değişebilen sistemler değişken kapasiteli sistemlerdir. Değişken kapasiteli sistemlerde gelişlerin zamana göre değişim göstermesi, yönetime sabit kapasiteli

sistemlere oranla daha esnek, fakat daha kapsamlı sorunlar getirir. Bu tür sistemlerde yönetici servis debisini iki değer arasında değiştirebilme yetisine sahiptir. Ancak, yönetimin ne zaman hangi servis debisiyle sistemi servise açık bulunduracağı, bazen kapsamlı bir sorun olabilir.

Bu tür sistemlerin amaca göre eniyi yönetimi için servis debisinin gelişlere göre ayarlanması gerekir. Bir anda sorun gelişlere göre eniyi kapasite kullanımı biçiminde de ortaya konabilir.

Bir sorunun Yöneylem Araştırması yaklaşımıyla çözülmesi için matematiksel model geliştirilir. Sorunun olduğu sistemde açıklanabilmiş bir uygun çözüm alanı model geliştiriciye büyüklük ölçüde ışık tutar. Bu düşünceler ışığında, genel servis sistemlerinin özel bir türü olan gelişleri zamana bağlı değişken kapasiteli servis sistemlerinde uygun çözüm alanı tanımlanarak kapasite ayarlama sorununa matematiksel bir yaklaşım yapılmıştır. Böylece, zamana bağlı gelişleri olan değişken kapasiteli servis sistemlerine ilişkin bilimsel çalışmalara bir ek yapmak amacına ulaşılacak istenmiştir.

## K E S İ M 2

### DEĞİŞKEN KAPASİTELİ SİSTEMLERDE KAPASİTE SORUNUNA MATEMATİKSEL YAKLAŞIM

Yukarıda ele alınan değişken kapasiteli servis sistemlerinin tüm benzerleri için genelleştirilebilecek bir sorun; gelişler zamana göre değiştiğinde, sistemin servis debisinin gelişlere bağlı olarak bulunmasıdır. Bu kesimde sözedilen soruna matematiksel bir yaklaşım yapılmıştır.

#### II.2.1 Sistemin Durum Uzayında Uygun Çözüm Alanı

Stokastik süreçlerde herhangi bir soruna matematiksel yaklaşım için sistemin durum uzayı tanımlanarak, bu uzayda uygun çözüm alanı aranır. Sistemin durum uzayının tanımlanabilmesi için de parametre uzayları belirlenir. Bu nedenle burada da önce parametre uzayları tanımlanarak sonra

durum uzayında uygun çözüm alanı araştırılmıştır.

### II.2.1.1 Sistemin Parametre Uzayları

Gelişler zamana göre değişim gösterdiğine göre, sistemin eylem devresi zamana göre anlamlı bir dizi şeklinde belirlenebilir. En genel anlamda bu dizi,

$$I = \{i \mid i = 1, 2, 3, \dots, k\},$$

sistemin eylem sürecinde anlamlı zaman kesitleri cümlesi olsun.

Müşterilerin bir zaman kesiti içindeki gelişleri için,  $i \in I$  olmak üzere,

$$J = \{j \mid j = 1, 2, 3, \dots, r\}$$

cümlesi, alt zaman kesitleri olsun.

Tanımlanan cümlelere göre, sistemin zaman parametre uzayı;

$$T = \{t_{ij} \mid i \in I, j \in J\}$$

olur. Burada  $t_{ij}$ , sistemin eylem sürecindeki anlamlı zaman kesitlerini gösterir; Sözelgesi  $t_{ij}$ ,  $i$ 'inci ayın  $j$ 'inci haftası,  $i$ 'inci haftanın  $j$ 'inci günü veya  $i$ 'inci günün  $j$ 'inci saati v.b. olabilir.

Sistemin diğer bir parametre uzayı da, enaz servis debisi ile en yüksek servis debisi arasında değerler alabilen servis debileri uzayıdır. Bunu;

$$L = \{l \mid l = 1, 2, 3, \dots, n\}$$

olarak tanımlayalım. Burada  $(l)$  ayarlama dizisinin sırasını;  $(n)$  ise enaz servis debisinden başlayarak kaçınıcı debi ayarlamasıyla enyüksek servis debisine ulaşılabileceğini gösterebilir.

İ'inci debi artımıyla ortalama servis debisi  $\mu_j$  kadar artsın. Böylece,  $t_{ij} \in T$  için sistemin ortalama debisi  $\mu(t_{ij})$  olarak gösterilirse,

$$\mu(t_{ij}) = \sum_j \mu_j$$

olur,

### II.2.1.2 Sistemin Durum Uzayı

Herhangi bir  $t_{ij}$  anında sistemin durum uzayını araştıralım.  $T$  zaman parametre uzayına göre,  $S$  durum uzayı;

$$S = \{s(t_{ij}) \mid t_{ij} \in T\}$$

olur,

$t_{ij}$  anında sisteme gelmesi beklenen birim sayısı  $n(t_{ij})$  olduğunda sisteme gelmesi beklenen müşteriler;

$$N = \{n(t_{ij}) \mid t_{ij} \in T\}$$

cümlesiyle belirlenir,

Sistemin alabileceği servis debileri de,

$$\mu = \{\mu(t_{ij}) \mid t_{ij} \in T\}$$

cümlesiyle gösterilir,

Yukarıda tanımların ışığında sistemin durum uzayı, herbiri  $t_{ij}$  anında sisteme gelmesi beklenen müşteri sayısı,  $n(t_{ij})$  ile, karşı gelen servis debisi  $\mu(t_{ij})$ 'nin ikilemi olan noktalar cümlesi olur. Böylece  $t_{ij}$  anında sistemin durumu;

$$s(t_{ij}) = \{n(t_{ij}), \mu(t_{ij})\}$$

şeklinde tanımlanarak, sistemin durum uzayı,

$$S = \{s(t_{ij}) \mid s(t_{ij}) = (n(t_{ij}), \mu(t_{ij})) \text{ , } t_{ij} \in T\}$$

olur.

### II.2.1.3 Uygun Çözüm Alanı

Sistemin durum uzayı  $S$ ,  $N$  ve  $\mu$  cümlelerinin eksensel (kartezien) çarpımı olur. Başka bir deyişle,

$$S = N \times \mu$$

şeklinde yazılabilir. Buna göre  $N \times \mu$  üzerinde uygun çözüm alanı  $S^0$  araştırılabilir. Açıklıkla görüleceği gibi  $S^0 \subset S$ 'dir,

$\forall t_{ij} \in T$  için  $n(t_{ij})$  ve  $\mu(t_{ij})$  yalnız pozitif değerler alabileceğinden,  $n \geq 0$  ve  $\mu \geq 0$  kısıtlarıyla, uygun çözüm alanı,  $N \times \mu$  düzleminin birinci bölgesinde olacaktır.

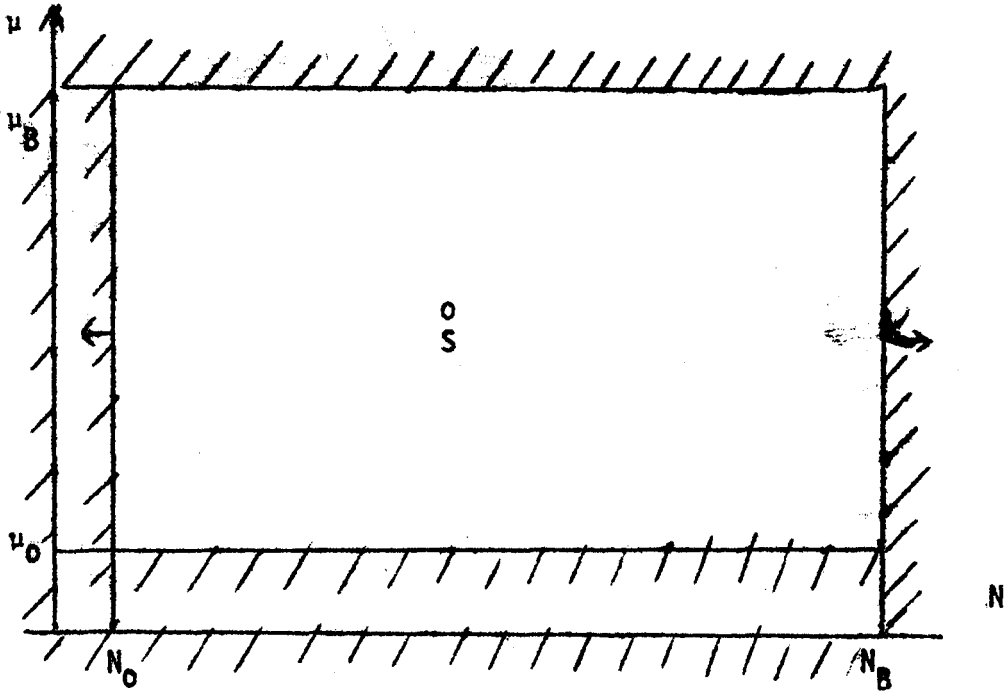
Uygun çözüm alanı  $S^0$ ,  $S$  üzerinden iki şekilde daha kısıtlanmıştır; Bunlardan ilki  $\mu$  üzerine konan en az ve en yüksek servis debisi, ikincisi ise sisteme gelmesi beklenen müşteri sayısı  $n$  için yapılan kestirimlerdir.

En az  $N_0$  müşteriyle sistemin servise açıldığını ve sistemin en az servis debisinin  $\mu_0$  olduğunu bunlara ek olarak en fazla  $N_B$  müşteri beklediğini ve en fazla servis debisinin  $\mu_B$  olduğunu varsayalım. Böylece uygun çözüm alanı  $S$ , şekil-II.1'deki gibi olur.

### II.2.2 Uygun Çözüm Alanında Eniyi Çözümün Aranması

Sistemin  $t_{ij}$  anındaki durumu  $S^0$ 'da bir nokta olarak ortaya çıkar.  $s(t_{ij}) \in S^0$ 'i belirleyen birinci bileşen  $n(t_{ij})$ , karar organı-

nın etkisi dışında oluşan bir değer alır,  $s(t_{ij})$ 'nin ikinci bileşeni  $(t_{ij})$  ise yöneticinin değerini saptayabildiği karar değişkenidir. Bu nedenle karar organı öncelikle  $n(t_{ij})$ 'lerin kestirimine gidecektir.  $n(t_{ij})$ 'ler belirli bir olasılıkla belirli bir değere dönüştürüldükten sonra,  $n(t_{ij})$ 'lere bağlı olarak  $(t_{ij})$ 'ler belirlenerek  $S^0$ 'da  $t_{ij}$ 'lere göre sistemin durumları kararlaştırılır.



Şekil - II.1

Uygun Çözüm Alanı

$S^0$  üzerinde sistemin durumunun önceden kararlaştırılması  $n(t_{ij})$ 'lerle  $\mu(t_{ij})$ 'lere göre tanımlanan bir etkinlik fonksiyonunun,  $F\{n(t_{ij}), \mu(t_{ij})\}$ ,  $S^0$  üzerinde enazlanması (veya enfazlalastırılması) ile olur. Başka bir deyişle,

$$F\{n(t_{ij}), \mu(t_{ij})\}$$

fonksiyonu,  $S^0$  üzerinde eniyi (optimal) çözümü, karar organının  $n(t_{ij})$ 'lere

göre  $\mu(t_{ij})$ 'leri eniyi nasıl ayarlayacağını gösterir (3).

Açıklıkla görüleceği gibi,  $S^0$  üzerinde eniyi çözüm, sistemin özelliğine göre tanımlanan  $F(n(t_{ij}), \mu(t_{ij}))$  etkinlik fonksiyonuna bağlıdır. Bu fonksiyonun şekli yaklaşımla geliştirilen modeli belirler.

### II.2.3 Matematiksel Yaklaşımın İrdelenmesi

Buraya kadar yapılan incelemeyle, gelişleri zamana bağlı değişken kapasiteli servis sistemlerinde eniyi kapasite kullanım sorununun, gelişlerin zamana bağlı dağılımı ile bu dağılıma dayanarak belirlenmiş umulan gelişlerle yakın ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Bu nedenle sistemin gelişlere ilişkin istatistiksel sorunlarının çözümü, açıklanan yaklaşımda geliştirilecek modelin en önemli parametrelerini oluşturacaktır. Bu parametreler istatistiksel yöntemlerle belirli bir olasılığa göre bulunabilse de stokastik bir süreç üzerinde çalışıldığı gözden uzak tutulmamalıdır.

Matematiksel yaklaşımda sistemin eylem sürecinde "anamlı" iki dizin cümlesi tanımlanmıştır. Genel olarak tanımlanan bu dizin cümlelerinin belirlenmesinde ek-istatistiksel sorunların (anamlı devre ve alt devrelerin saptanması) yanısıra, özel sistemler için ek dizin cümlelerinin tanımlanması gerekebilir.

Uygun çözüm alanında eniyi çözüm aranması için tanımlanan etkinlik fonksiyonunun  $F(n(t_{ij}), \mu(t_{ij}))$  bulunması da istatistiksel sorunların çözümünü gerektirebilir.

Yukarıda açıklanan matematiksel yaklaşım I.3.6'da "servis sistemlerine geliştirilen modelin içeriği" başlığı altında değinilen hususlarla birlikte

---

(3) Zamana göre sabit gelişli değişken kapasiteli sistemlerde tanımlanan uygun çözüm alanında eniyi stratejinin bulunması için bkz: DOĞRUSÖZ H.; a.g.m.



düşünüldüğünde, gelişlerin zamana bağlı olduğu değişken kapasiteli servis sistemlerinin yöneticilerine; kapasite kullanımına ilişkin sorunları açıklıkla ortaya koyarak, uygun çözüm alanında amaca göre eniyi çözüm ile, sistemin işlerliğini sağlamak bakımından önbilgiler vermektedir.

**B Ü L Ü M    I I I**

**BİR SERVİS SİSTEMİ OLARAK BOĞAZIÇI KÖPÜSO**

## K E S İ M 1

### G İ R İ Ő

Araştırmanın bu bölümünde, İstanbul Boğaziçi Köprüsü bir servis sistemi olarak ele alınmıştır. Böylece birinci ve ikinci bölümlerde genelleştirilen sonuçların, gerçek hayattaki bir sistem üzerinde, uygulama denemesi yapılmıştır. İstanbul Boğaziçi Köprüsünün seçiliş nedenleri şöyle sıralanabilir:

- İstanbul Boğaziçi Köprüsü birinci bölümde incelenen genel servis sistemlerinin özel bir şeklidir.
- İstanbul Boğaziçi Köprüsünün servis sistemlerinde karşılaşılan davranışsal, istatistiksel ve işlemsel sorunları gözlenmektedir.
- İstanbul Boğaziçi Köprüsü gelişleri zamana bağılı değişken kapasiteli bir servis sistemidir.

Servis sistemlerinin uygulama denemesi olarak ele alınan Boğaziçi Köprüsü ulaşım sistemlerinin özel bir durumudur. Bu nedenle sistemin yapısı incelenmeden önce, ulaşım sistemleri ve ulaşım sistemlerinde Yöneylem Araştırması hakkında çok az bilgi verilerek, Boğaziçi köprüsünün yapısal analizine geçilmesi uygun görülmüştür.

### III.1.1 Ulaşım Sistemlerinde Yöneylem Araştırması

Ulaşım sistemlerinde Yöneylem Araştırması yaklaşımı oldukça yaygın durumdadır. Yöneylem Araştırması teknik ve yöntemlerinin ulaşım sistemlerinin düzenlenmesine ilişkin uygulamaları;

- "Talep (istem) kestirimi problemi,
- Ulaşım ağına seyahatler atama problemi,
- Türetme, değerlendirme ve seçim problemi"

olarak üç grupta toplanmaktadır (1).

Bu üç tür sorunun çözümlerine uygulanan yöntemler ise, sorunun özelliğine göre geliştirilen modelin yapısına bağlı kalacağı açıktır.

Ulaşım sistemlerinin yol kavşakları, geçitler, köprüler, tüneller v.b. kesimlerinde yığılma olaylarına rastlanır. Bu nedenle gerek üst düzeyde bir ulaşım sistemi, gerekse bir ulaşım sisteminin herhangi bir alt sistemi, ele alınan bütünün "servis sistemi" tanımına uyması koşuluyla, servis sistemi

---

(1) ÖMER SAATÇIOĞLU; "Ulaşım Sistemlerinin Planlanması ve Yöneylem Araştırması". I.Y.A. Ulusal Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, 13-14 Şubat, 1975, s.14.

olabilir (2).

Ulaşım sistemlerine servis sistemi olarak bakıldığında, istem kestirimi problemlerini - istatistiksel, ulaşım ağına seyahatler atama problemlerini - davranışsal ve türetme, değerlendirme ve seçme problemlerini - işlemsel sorunlarla eş anlamlandırmak mümkündür.

Ulaşım sistemlerindeki yığılma olayına yönelik ilk Yöneylem Araştırması çalışmasını Leslie C.Edie yapmıştır. Bu yazı 1954'de Yöneylem Araştırması sahasında yayımlanan en iyi makale olarak seçilip Johns Hopkins Üniversitesi tarafından L.C.Edie'ye Lanchester ödülünü kazandırmıştır (3). Edie'nin üzerinde çalıştığı sistem para ile geçişli tünel işletmesidir (4). Edie, sistemin davranışsal ve istatistiksel sorunlarına çözüm getirmektedir. Ancak çalışmada, sistemin bütünleşik eniyilenmesini arayan bir model görülmemektedir. Baska bir deyişle, bu araştırmanın birinci bölümünde değinilen işlemsel sorunların çözümüne gidilmemiştir. Çok özel bir sistemin eniyilenmesine dönük çalışma ise 1973'de A.Barnet ve D.J.Kleitman tarafından yapılmıştır (5). Ele alınan sistem tek araçla çok servis noktalı bir ulaşım sistemidir. Amaçlanan eniyileme müşterilerin bekleyişlerinin enazlanmasıdır.

- 
- (2) Bkz: WINIFRER D.ASHTON; The Theory of Road Traffic Flow, Methuen and co Ltd., London, 1966, s.90 ve devamı.
  - (3) WEST CHURCHMAN, RUSSELL L.ACKOFF ve E.LEONARD ARNOFF; Introduction to Operations Research, John Wiley and sons., Inc., New York, 1957, s.390.
  - (4) LESLIE C.EDIE; "Traffic Delays at Toll Booths", Journal of the Operations Research Society of America, Vol.2, No.2, May - 1954, s.107-138.
  - (5) APNOLD BARNETT and DANIEL J.KLEITMAN; "Optimal Scheduling Policies for Some Simple Transportation Systems", Transportation Science, Vol.7, No.1, February - 1973, s.85-99.

Ulaşım sistemlerinde Yöneylem Araştırmacıların yanı sıra, trafik mühendislerinin çalışmaları da yoğunlaşa gelmiştir (6). Ancak, ulaşım sistemlerini servis sistemi olarak ele alıp, sistemin eniyilenmesini araştıran çalışmalara pek rastlanmamaktadır. Bu çalışmada böyle bir yaklaşım denemesi yapılmıştır.

### III.1.2 Boğaziçi Köprüsünün Servis Sistemi Olarak Tanımı

T.C.Karayolları 17. Bölge Müdürlüğüne bağlı "İstanbul Boğaziçi ve Haliç Köprüler Müdürlüğü" adı altında köprünün tüm yönetim kadrosu oluşturulmuştur. İşletmenin, köprüden araçların geçişleriyle ilgili kısmı bir servis sistemi olarak ele alınabilir. Bu amaçla ;

- Köprüden geçmek için gelen araçlar, müşteriler;
- Geçiş için gelen müşterilerin birikim durumunda oluşan yığılım, bekleme hattı ve birikimden geçiş için konan düzen, servise alım kuralı;
- Servise alınan bir müşteriye uygulanan tüm işlemler, servis süreci;
- Servisi tamamlanan her araç, bir servis olgusu

olarak alınmıştır.

İzleyen kesimlerde İstanbul Boğaziçi Köprüsüne bir servis sistemi yaklaşımı yapılarak, sistemin yapısı ve yönetimin sorunları ayrıntılarıyla incelenmiştir.

---

(6) Bkz: HAIGHT FRANK A.; "Mathematical Theories of Traffic flow"; Academic Press, London - New York, 1963.  
Ayrıca bkz: SAATÇIOĞLU Ü.; a.g.t.

## K E S İ M 2

### SİSTEMİN (BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜNÜN) YAPISI ve YÖNETİMİN SORUNLARI

#### III.2.1 Sistemin Yapısı

##### III.2.1.1 Geçis için Gelenler (Müşteriler)

Boğaziçi Köprüsünden geçis için gelen araçların kaynakları sonsuz büyüklükte düşünülebilir, Avrupa yakasından bir aracın ayrılması diğer araçların köprüye gelişlerini etkilemediği gibi, Asya yakasından bir aracın ayrılması da bu bölgedeki diğer araçların köprüden geçişlerini etkilemez, Böylece sistemin müşteri kaynakları sonsuz büyüklüktedir.

Müşteriler, servis verme ve kendilerinden alınan ücrete göre türlendirilerek aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

- Otomobil,
- Motosiklet,
- Minibüs,
- Treyler (8 aksaklı),
- Küçük Otobüs,
- Büyük Otobüs,
- Treyler (3 aksaklı),
- Belediye Otobüsü,
- Kamyon.

Müşterilerin gelişleri günün saatlerine göre değişim göstermektedir. Başka bir deyişle, İstanbul Boğaziçi Köprüsü Gelişleri zamana bağlı bir servis sistemidir.

### III.2.1.2 Müşterilerin Dizilenmesi ve Servise Alım

Geçiş için köprüye gelen araçlar sürücülerin seçimlerine bağlı olarak gişe önlerine yaklaşmakta, şayet birikim var ise oluşan kuyruklardan birine katılmaktadırlar. Böylece, İstanbul Boğaziçi Köprüsü birden fazla kuyruk oluşan bir servis sistemi özelliğindedir.

Sistemde "ilk gelen ilk alınır" servise alım kuralı uygulanmaktadır.

### III.2.1.3 Köprüde Servis Süreci

Sisteme gelen her bir araç gişe önüne geldiğinde geçiş ücreti ödemektedir. Gişelerde görevlendirilen memurlar bu ücretleri almaktadırlar. Böylece gişeler sistemin servis olanaklarını meydana getirmektedir. Her gişe, istenildiğinde servise açılabilir. Servis olanakları açısından İstanbul Boğaziçi Köprüsü paralel kanallı bir servis sistemidir.



Köprü günün her saatinde geçişe açık bulundurulacağından, her an bir Avrupa-Asya, bir Asya-Avrupa yönüne olmak üzere en az iki gişenin açık tutulması gerekmektedir. Sistemin en fazla servis kapasitesi sabit olup her yön için sekiz gişe yapılmıştır. Gişeler köprüünün Asya ayağı bitiminde servise açılmaktadır. Bu yönüyle İstanbul Boğaziçi Köprüsü değişken kapasiteli bir servis sistemidir.

Köprüden geçiş için gelen treylerler diğer araçlara oranla daha geniş olduğundan bunlar için özel bir servis gişesi ayrılması gerekmektedir. Diğer müşterilere her gişede servis yapılabilmektedir.

#### III,2,1,4 Servis Olgusu

Gişelerde geçiş ücreti ödemiş her araç bir servis olgusudur. Doğal olarak, servis olgularından bazılarının sisteme geri dönmeleri umulmaktadır. Sistemin çift yönlü oluşu nedeniyle, geri dönüşlerin zaman içinde dengeleneceği söylenebilir.

#### III,2,2 Yönetimin Sorunları

Boğaziçi Köprüsü işletmeye açılmasıyla birlikte gişelerden geçen araçların türleri, hangi yöne gittikleri ve günün saatlerine göre sayıları elektronik bilgi işleme makineleriyle saptanmaktadır. Bu verilerin sürekli olarak tutulabilmesine karşın, köprüde bilimsel bir araştırma bugüne kadar yapılmamıştır. Sistemin işletmeye açılışının oldukça yeni oluşundan dolayı yönetim kendi olanaklarıyla da işleme karakteristikleri yönünden bir araştırma yapmamıştır. Sözedilen elektronik sayac sonuçlarına bakılarak gişelerde biriken para kontrollü yapılmış ve yine bu sonuçlar ışığında sezgisel yöntemle sistemin işlerliği sürdürülmüştür.

Sistemin özel bir servis sistemi olması nedeniyle, yöneticinin verdiği kararlarda kullandığı bilgiler ve bu kararların tutarlı olması için öncelikle sistemin işlem karakteristikleri tanımlanıp bunlardan ölçülebilenlerin belirlenmesi gerekir.

Boğaziçi Köprüsünün yönetimi için kullanışlı olabilecek işlem karakteristikleri şöyle sıralanabilir:

- Müşterilerin türlerine göre ve/veya genel olarak gelişleri, gelişlerin olasılık dağılım fonksiyonu, gelişlerarası olasılık dağılım fonksiyonu,
- Herhangi bir anda sistemde "n" birim bulunma olasılığı,
- Sistemde ortalama müşteri sayısı,
- Sistemde ortalama bekleme süresi,
- Bir gışede ortalama servis süresi,
- Gışelerin ortalama servis süresi yönüyle karşılaştırılması, servis süresi olasılık dağılım fonksiyonu,
- Birim zamanda servisi tamamlanan müşteri sayısı,
- Herhangi bir anda servise açık tutulan gışelerin boş kalma olasılığı,

Yukarıda sıralanan işlem karakteristiklerinin bulunması, yönetim için çözümlenmesi gereken istatistiksel sorunlar olarak görülmektedir. Yönetimce sistemin davranışında herhangi bir sorun olmadığını belirtirse de, işlem karakteristikleri sistemin davranışına yöneliktir. Bunlara ek olarak, sistemin durağan-durumda mı, yoksa zamana göre sürekli değişim mi göstermektedir? sorusu yönetim için çözüm isteyen davranışsal bir sorun niteliğindedir. Kuşkusuz, sistemin zamana göre durumunun saptanması yeni istatistiksel sorunlara götürür.

Sistemin tüm işlerliğini içeren işlemsel sorunlar aşağıda ele alınmıştır.

Gişelerde araç türlerine göre farklı ücret alınmaktadır. Gişe görevlisi bir servis bitiminden sonra izleyen araca bakarak ücreti alıp ilgili komuta basarak kayıta iletmektedir. Bu yöntem, hem kayıta bilgi iletiminde bazı yanlışlıklara neden olmakta hem de araçların ortalama bekleme süresini ve ortalama servis süresini etkilemektedir. Bu nedenlerle, "gişelerin araç türlerine göre ortalama bekleyiş süresini ve servis maliyetini enazlayarak, eniyi ayarlanması" yönetim için işlemsel bir sorun olarak görülmektedir.

İşletmenin geçmiş eyler devrelerindeki kayıtlardan, müşterilerin gelişlerinde haftanın günlerine ve günün saatlerine göre farklılaşmalar görülmektedir. Köprüden her iki yön için geçişlerde servis noktaları (gişeler) için bir üst sınır sözkonusu olsa da, gelişlerdeki sapmalar nedeniyle bütün gişelerin açık tutulması servis olanaklarının aylak kalış maliyetini arttırır. Herhangi bir anda istemin çok az bir kısmını karşılayacak gişe açık tutulduğunda ise kuyruklar uzayacak ve müşterilerin bekleyiş süreleri artacaktır. Bunlara ek olarak, işletme, gişelerde çalıştırılmak üzere 40 nör kullanmaktadır. Bunların senelik izinleri, haftalık izinleri ve acil nedenlerle izin alma istemleri yanısıra, günlük çalışma biçimlerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Yukarıda değinilen sorunların yönetimce giderilebilmesi için, sistemin amacını maliyet enazlama olarak "günün hangi saatinde hangi yöne kaç gişe açık tutulsun ki sistemin işlerliği eniyilensin" sorunu çözümlenmelidir.

### K E S İ M 3

#### GEÇİŞ GİŞELERİNİN YÖNETİMİ İÇİN MATEMATİKSEL MODEL GELİŞTİRİLMESİ

Servis sistemlerinin, bir uygulama denemesi olarak ele alınan İstanbul Boğazıcı Köprüsü yöneticisinin işlem sorunlarından "Gişe Problemi" öncelikle çözüm bekler görülmektedir. Bu kesimde geçiş gişeleri sorunu tanımladıktan sonra, soruna çözüm getirecek matematiksel bir model geliştirilmiştir. Daha sonra geliştirilen model irdelenmiştir. Böylece gelişlerin zamana bağlı olduğu değişken kapasiteli servis sistemlerinin eniyilenmesine ilişkin bir Yöneylem Araştırması yaklaşımı yapılmıştır.

##### III.3.1 Sorunun Tanımı

Gişe sorununun tanımlanırken Yöneylem Araştırmasında gelenekleştiren sıra izlenmiştir. Bu sıraya göre;

- Karar Verici,
- Amaçlar,
- Karar Değişkenleri,
- Durumun Koşulları

belirlenmiştir.

Karar Verici: Sorunun karar vericisi İstanbul Boğazıcı ve Halic Köprüler Müdürlüğüdür.

Amaçlar: Karar vericinin amaçları şöylece sıralanabilir;

- Kuyrukta bekleyenlerin belirli bir uzunluğu aşmaması koşuluyla enaz maliyetle istemi karşılayabilmek,
- Gişelerde memurların görevlendirilmelerine ilişkin kararları için bir ölçüt bulmak,

Karar Değişkenleri: Sorunda karar vericinin tam yetkisinde olan değişken açık tutulacak gişe sayısı, başka bir deyişle  $t_{ij}$  anında sistemin servis debisidir.

Durumun Koşulları: Sorunu etkisi altında bulunduran durumun koşulları şöyledir;

- Bir gişe memuru ancak 8 saat çalışabilmekte, çalıştığı sürenin her iki saatinde bir 15 dakika biriken paraların teslimi için ayrılmaktadır.
- Elektronik sayac sonuçlarından müşterilerin geçiş yönlerine, haftanın günlerine ve günün saatlerine göre farklılık gösterdiği görülmektedir.
- Servis noktaları her yöne 8'er adet olmak üzere toplam 16 tanedir. Günün her saatinde bir yöne en az 1 gişe açık tutulmaktadır.

İzleyen kısımda tanımlanan soruna matematiksel model geliştirilmiştir.

### III.3.2 Matematiksel Model

Yukarıda tanımlanan sorun; verilen etkinliği eniyileyecek şekilde, zamana göre gelişlerin değişimine bağlı olarak, açık bulundurulması gereken giselerin bulunması olarak özetlenebilir.

Ele alınan sistemin tanımlanan sorununa çözüm ararken, geliştirilecek modele benzer sistemlere de uygulanabilirlik sağlamak amacıyla, model aynı koşullardaki tüm sistemler için yazılmıştır. Bu nedenle, model geliştirilirken köprü karşılığı sistem ve gişe karşılığı servis noktası kullanılmıştır.

#### III.3.2.1 Modelin Varsayımları

Sorunun tanımlanmasında belirtilen durumun koşulları ışığında aşağıdaki özellikleri sıralanabilir:

- "İlk Gelen İlk Alınır" servise alım kuralına göre müşterilere servis sunulmaktadır.
- Sistem sürekli servise açık tutulmaktadır. Günün her saatinde açık tutulan servis noktası sayısı iki yöne birer adet olmak üzere en az iki tanedir.
- İşleyişte servis debisi toplam kapasitesinin kullanımına kadar artırılabilir. Bu noktaya ulaşıldığında kapasite artırımını mümkün değildir.
- Kuyruğa giren bir müşteri servis tamamlanana kadar sistemde kalmaktadır.
- Müşterilerin sisteme gelişleri tesadüfidir.

### III.3.2.2 Karar Değişkenleri ve Parametreler

Yukarıda sıralanan varsayımlara göre yönetilen sistemde sözkonusu olan soruna ilişkin parametre ve karar değişkenleri aşağıda tanımlanmıştır. Bunun için sistemin eylem süreci zamana göre dizin cümlelerine ayrılmıştır. Bunlar;

$$K = \{k \mid k = 1, 2\}$$

müşterilerin geçiş yönleri cümlesi;

$$L = \{l \mid l = 1, 2, 3, \dots, 8\}$$

bir yönde kullanılabilir servis noktaları cümlesi;

$$I = \{i \mid i = 1, 2, 3, \dots, 7\}$$

haftanın günleri cümlesi ve,

$$J = \{j \mid j = 1, 2, \dots, 24\}$$

günün saatleri cümlesi olarak alınmıştır. Tanımlanan dizin cümlelerine göre sistemin zaman parametre uzayı;

$$T = \{t_{ij} \mid i \in I, j \in J\}$$

olur,

Modelin parametre ve değişkenleri sistemin zaman parametre uzayına bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

#### Parametreler:

$E_{k\ell}$  : k - yönlündeki  $\ell$ 'inci servis noktasında bir servis için harcanan süre,

$F_{k\lambda}(\varepsilon)$  : k - yönündeki  $\lambda$ 'inci servis noktasının servis süresi olasılık dağılım fonksiyonu

olarak ifade edilmiştir. Bunlara bağlı olarak;

$\mu_{k\lambda}$  : k - yönünde  $\lambda$ 'inci servis noktasının ortalama servis debisi,

ve

$\mu_{Bk}$  : k - yönünde sistemin en fazla servis debisi,

$\mu_{ok}$  : k - yönünde sistemin en az servis debisi

olarak gösterilmiştir. Modelin diğer parametreleri,

$X_{ki}$  : i gününde k yönüne geçmesi beklenen müşteri sayısı,

$n_k(t_{ij})$  :  $t_{ij}$ 'sinde k yönüne geçmesi beklenen müşteri sayısı,

$f_{ik}(t)$  : i gününde k yönüne geçmesi beklenen müşterilerin olasılık dağılım fonksiyonu,

$P_{ik}(t_j)$  : i gününde k yönüne geçmesi beklenen müşterilerin  $(0, t_j)$  aralığında geçme olasılığı,

$C_{k\lambda}$  : k - yönünde  $\lambda$ 'inci servis noktasının birim zaman işletme maliyeti

olarak alınmıştır.

#### Karar Değişkenleri:

Modelin karar değişkenleri, iki yöne 8'er adet olan, servis noktalarının (gise sayısı) servise açık tutulup tutulmayacağıdır. Karar değişkenleri aşağıda gösterilmiştir:



$Y_{kE}(t_{ij})$  : k - yönüne 1'inci servis noktasının  $t_{ij}$  anında durumu,

$$Y_{kE}(t_{ij}) = \begin{cases} 1 & \text{Açık} \\ 0 & \text{Kapalı} \end{cases}$$

### III.3.2.3 Modelin Kısıtlayıcıları ve Amaç Fonksiyonu

#### Kısıtlayıcılar :

Her iki yöne de günün her saatinde en az bir servis noktası açık bulundurulacağından,

$$Y_{kE}(t_{ij}) = 1 \quad \forall i, j, k \dots\dots\dots (1)$$

olur. Bir yön için kullanılabilir gişe sayısı 8 ile kısıtlandığından,

$$\sum_E Y_{kE}(t_{ij}) \leq 8 \quad \forall i, j, k \dots\dots\dots (2)$$

olmalıdır.

$t_{ij}$  anında k yönüne geçiş için gelen araçların tümüne servis verilerek istendiğinden ve bir kamu işletmesi olması nedeniyle müşterilerin bekleme süresini enazlamak amaçlandığından,

$$\sum_E Y_{kE}(t_{ij}) \mu_{kE} \geq n_k(t_{ij}) \quad \forall i, j, k \dots\dots\dots (3)$$

sağlanmalıdır.

(3) nolu kısıtlayıcıdaki  $n_k(t_{ij})$ 'ler için ise;

$$P_{ik}(t_j) = \int_0^{t_j} f_{ik}(t) dt \dots\dots\dots (4)$$

den,  $P_{ik}(t)$ 'ler bulunarak,

$$n_k(t_{i,j}) = P_{ik}(j+1) X_{ki} - P_{ik}(j) X_k \dots\dots\dots (5)$$

eşitliği sağlanmalıdır.

Yukarıdaki kısıtlayıcılara ek olarak, karar değişkenlerinin ancak sıfır veya 1 değeri alması, başka bir deyişle,

$$Y_{kp}(t_{ij}) = 0, 1 \dots\dots\dots (6)$$

olması sözkonusudur.

Amaç Fonksiyonu :

Ele alınan servis sisteminin bir kamu işletmesi olması nedeniyle, müşterilerin bekleme maliyeti (3) nolu kısıtlayıcı ile sifıra indirgenmiştir. Bu nedenle amaç fonksiyonu yalnız servis noktalarının işletme maliyetinden oluşmaktadır.  $t_{ij}$  anında açık tutulacak servis sayısı  $Y_k(t_{ij})$  olduğuna ve bir servis noktasının işletme gideri  $C_{k1}$  kadar önerildiğine göre, sistemin planlama devresi içinde enazlanması amaçlanan toplam maliyeti;

$$T.M. = \sum_p \sum_k \sum_i \sum_j C_{k1} Y_{kp}(t_{ij})$$

olarak alınmıştır.

III,3,2,4 Modelin Kapalı Yazımı<sup>11</sup>

Yukarıda amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılar açıklanarak geliştirilen modeli şöyle yazılabilir:

$$Y_{kp}(t_{ij}) = 1$$

$$\sum_p Y_{kp}(t_{ij}) \leq 8$$

$$\sum_p Y_k(t_{ij}) \mu_{kp} \geq n_k(t_{ij})$$

$$P_{ik}(t_j) = \int_0^{t_j} f_{ik}(t) dt$$

$$n_k(t_{ij}) = P_{ik}(t_{j+1}) X_{ki} - P_{ik}(j) X_{ki}$$

$$Y_{kl}(t_{ij}) = 0, 1$$

kısıtlayıcılarına göre,

$$T.M. = \sum_{i,j,k} \sum_{l} C_{kl} Y_{kl}(t_{ij})$$

fonksiyonunu enazlanacaktır,

### III,3,3 Modelin İrdelenmesi

Geliştirilen model, tanımlanan dizin cümlelerine göre, i'inci gün için 384 karar değişkeni (her bir saat aralığı için 16 gise) ve 144 kısıtlayıcısı (1.nolu kısıtlayıcıdan 48, 2.nolu kısıtlayıcıdan 48 ve 3.nolu kısıtlayıcıdan 48 olmak üzere) olan bir 0-1 tam değerli doğrusal programlama modelidir. Tam değerli doğrusal programlama modellerinin çözüm yöntemleri yeterince geliştirilmiştir. Bu yöntemlere göre yazılan paket programlarla tam değerli doğrusal programlama modelleri bilgisayar kullanımıyla çözümlenmektedir. Ancak modeldeki kısıtlayıcı sayısı çok oluşu nedeniyle kullanılacak bilgisayarın kapasitesine göre modelde ayrışma gidilmesi gerekebilir.

Model, II. Bölümde incelenen yaklaşım yöntemine göre geliştirilmiştir. Uygun çözüm alanında enaz beklenen müşteri sayısı 0 olarak alınırken, beklenen en fazla müşteri sayısı için bir kısıt konmamıştır.

Amaç fonksiyonu yalnız işletme giderlerini bir parametre olarak taşımaktadır. Bu maliyet parametrelerinin karar değişkenleriyle doğrusal bileşimi amaç fonksiyonu olduğundan, çözümde (3) nolu kısıtlayıcının eşitlik durumunda gerçekleşmesi beklenir. Müşterilerin bekleme zamanı maliyetleri tanımla-

nabilirse, amaç fonksiyonu iki tür maliyetle oluşur. Böylece model doğrusal olmayan bir yapıya girerken (3) nolu kısıtlayıcı ortadan kalkarak doğrudan uygun çözüm alanı  $S^0$  üzerinde amaç fonksiyonunun eniyilenmesi araştırılır.

Modelin girdilerinden bir servis noktasının birim zaman işletme maliyetiyle, servis süresine bağlı olan ortalama servis debisi kolaylıkla bulunabilir. Modelin istatistiksel analiz ve metodoloji gereksiyen girdisi,  $t_{ij}$  anında  $k$  yönüne geçmesi beklenen  $n_k(t_{ij})$  müşteri sayısıdır. Bunun içinde  $k$  yönüne  $i$  gününde geçmesi beklenen  $X_{ki}$  müşteri sayısı ile müşterilerin günün saatlerine göre geçişlerinin olasılık dağılım fonksiyonu olan  $f_{ki}(t_j)$ 'lerin bulunması gerekir.

Model stokastik değişkenlerin kestirim değerlerini girdi olarak almaktadır. Gerekirse bu kestirimler bir aralık içinde yapılarak modelde gerekli ayarlamalara gidilir.

Modelin çözümlenmesiyle yönetici bir taraftan sistemi enaz maliyetle istemi karşılayacak şekilde servise hazırlarken, işletme maliyetini doğrudan etkileyen servis görevlileri için de bir ölçüt bulmuş olmaktadır. Bu ölçüt, hangi gün hangi saatte kaç gise görevlisinin servis noktalarında bulunacağıdır (7). Böylece de, görevlilerin giselere atanmaları ve görevlilerin izin ve benzeri istemleri karşısında yönetim eniyilenmiş olacaktır.

---

(7) Bu tür sonuçları girdi olarak alıp özel sistemin insan yönüne ilişkin bir çalışma için bkz: J.L.BRYNE and R.B.POTTS; "Scheduling of Toll Collectors", Transportation Science, Vol.7, No.3, August - 1973, s.224-245.

Gerek gelişlerde gerekse diğer parametrelerde zaman içinde değişimin olması doğaldır. Bir kez modelin parametreleri saptanıp çözüme gidildikten sonra izleyen her planlama devresi başında modelin parametrelerinin değerinde değişiklik olup olmadığı araştırılabilir. Bu nedenle model yönetimde sürekli kullanıma özelliğini taşımaktadır.

## K E S İ M 4

### MODELİN UYGULAMA DENEMESİ

Bir Yöneylem Araştırması çalışması sonucu geliştirilen modelin gerçek verilerle çözümünden önce, sınanması (deneme) gerekir. Bu sınamayla güdülen amaç, geliştirilen modelin soruna ne derece uygun olduğunu görmek, böylece gözden kaçmış bazı noktalar var ise (değişken, parametreler ve bunlar arasındaki ilişkilere ait) önceden gerekli düzeltmeleri yapmaktır.

III.3.2'de geliştirilen modelin proje düzeyinde çözümünden önce sınanması gerekir. Esasen, sorunun bir Yöneylem Araştırması grubuna proje olarak verilmesi sözkonusu olmadığından, modelin tamamen gerçek verilerle çözümü çalışmanın kapsamı dışındadır. Bu çalışmada modelin işlerliğinin sınanması yapılırken, sistemin istatistiksel sorunlarına da biraz ışık tutmak amaçlanmıştır. Bu nedenle doğrudan uydurma parametrelerin kullanımı yerine, sis-

temde yapılan araştırma sonucu derlenen verilerden bulunan ortalama değer-  
lerle modelin sinaması yapılmıştır.

### III.4.1 Parametrelerin Belirlenmesi

Modelin parametreleri;

- Servis sürelerine,
  - Gelişlere
- ve
- Maliyet bileşenlerine

bağlı olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Parametrelerin belirlenme-  
sinde bu sıra izlenmiştir.

#### III.4.1.1 Servis Sürelerine Bağlı Parametreler

iki yöne 8'er tane yerleştirilmiş bulunan gişelerden  
gececek uzun aracların, diğerlerine oranla daha geniş oluşları dolayısıyla,  
en dışındakilerden geçmesi gerekmektedir. Bunun dışında gişelerden geçişle  
ilgili bir kısıt yoktur. Açık bulunan diğer gişelere her tür aracın geldiği  
gözlenmektedir. Bu nedenle servis süresi yönünden (11) ve (21) nolu gişeler-  
de servis süresinin aynı dağılım gösterdiği ve iki yöne kurulan diğer gişe-  
lerde ortalama servis süresinin aynı olduğu varsayılabilir.

Yukarıdaki varsayıma ek olarak, gişelerde çalıştırılan görevlilerin  
servis vermede birbirleriyle aynı olduğu varsayımı da yapılırsa, modelde kul-  
lanılacak ortalama servis debileri arasında,

$$\mu_{11} = \mu_{21}$$

ve

$$\mu_{12} = \dots = \mu_{18} = \mu_{22} = \dots = \mu_{28}$$

eşitlikleri yazılır,

Giselerde araçlar için harcanan süreler tarafımızdan kronometre ile ölçülerek, elde edilen verilerden tablo-III,1 düzenlenmiştir,

Tablo-III,1'deki veriler üzerinde yapılan işlemler sonucu her iki yönde birinci giseler için aritmetik ortalama 8,66 sn/araç ve standart sapma 4,75 sn/araç iken, diğer giseler için bu değerler sırasıyla 6,86 sn/araç ile 4,36 sn/araç bulunmuştur. Giseleri servis sürelerine göre (11) ve (21) ve diğerleri olarak ikili ayırım yapmanın tutarlılığı Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınaması (8) ile araştırılabilir. Bu sınama için  $\xi$  servis süresi olmak üzere,

$S_1(\xi)$  : (11) ve (21) giselerinin birikimli gözlemsel olasılık fonksiyonu,

ve

$S_2(\xi)$  : Diğer giselerin birikimli gözlemsel olasılık fonksiyonu

olarak alınmıştır,

Sınamak istenen hipotezler;

$$H_0 : S_1(\xi) = S_2(\xi)$$

ve

$$H_1 : S_1(\xi) \neq S_2(\xi)$$

olarak ortaya konmuştur. Tablo-III,1'den;

---

(8) Bu tür sınamada, Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınamasının daha gerçekçi olduğu için bkz: SIDNEY SIEGFL; NonParametric Statistics For The Behavioral Sciences, McGraw-Hill Book Co., New York 1956, s.136. Ayrıca bkz: FRANK J. MASSEY; "The Kolmogorov-Smirnov Test For Goodness of Fit", American Statistical Assoc., Jor., Vol.46, s.70.



T A B L O - III.1

Servis Sürelerine İlişkin Veriler ve Birikimli Olasılıklar

Bir Araç İçin Harcanan Süre (Sn)	(1f)ve(2f) Gışelerinde Gözlenen Araç Sayısı	Diğer Gışelerde Gözlenen Araç Sayısı	(1f)ve(2f) Gışelerinde Birikimli Olasılıklar	Diğer Gışelerde Birikimli Olasılıklar
2	3	5	0,013	0,010
3	14	72	0,076	0,153
4	18	123	0,156	0,397
5	28	73	0,281	0,542
6	37	56	0,446	0,653
7	21	26	0,540	0,704
8	14	38	0,603	0,779
9	12	14	0,657	0,807
10	13	15	0,715	0,837
11	8	5	0,751	0,847
12	13	8	0,809	0,863
13	8	13	0,845	0,889
14	4	14	0,863	0,917
15	6	6	0,890	0,929
16	6	7	0,917	0,943
17	4	10	0,935	0,963
18	4	6	0,953	0,975
19	3	2	0,966	0,979
20	2	6	0,975	0,991
21	2	4	0,984	0,999
22	0	2	0,984	1, -
23	4	0	1, -	1, -

$$\text{Max } | S_1(\epsilon) - S_2(\epsilon) | = 0,261$$

olarak bulunmuştur. Diğer taraftan,  $\alpha = 0.05$  için tablolanmış Kolmogorov-Smirnov iki yönlü sınaama sabiti;

$$D = 1,36 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$$

formülünden (9)

$$D = 1,36 \sqrt{\frac{224 + 505}{224 \cdot 505}}$$

$$D = 1,109$$

olarak bulunur.

Birikimli gözlemsel olasılık fonksiyonları arasında bulunan enyüksek mutlak fark 0,261, tablolanmış değerden büyük olduğundan,  $H_0$  reddedilmekte ve iki dağılımın aynı ana kütlede gelmediği yargısına varılmaktadır. Bu da işleri iki grupta incelemenin tutarlılığını gösterir.

III.3.2'de geliştirilen modelin uygulama denemesinde yalnız ortalama servis süreleri kullanılacağından, servis süreleri olasılık dağılım fonksiyonlarının bulunmasına gidilmemiştir. Modelin sınaamasında ortalama servis debileri;

$$\mu_{11} = \mu_{21} = \frac{3600}{8,66} = 416 \text{ arac/saat}$$

ve

$$\mu_{12} = \dots = \mu_{18} = \mu_{22} = \dots = \mu_{28} = \frac{3600}{6,86} = 525 \text{ arac/saat}$$

olarak alınmıştır.

$\mu_{11}$  ve  $\mu_{21}$  her iki yön için sürekli açık tutulacak gişeler olduğundan, her iki yön için de sistemin enaz servis debisi  $\mu_{01}$  ve  $\mu_{02}$  i

$$\mu_{01} = \mu_{02} = 416 \text{ araç/saat}$$

ve her iki yön için sistemin en fazla servis debisi  $\mu_{Bk}$ 'lar ise;

$$\mu_{B1} = \mu_{B2} = \sum_{k=1}^n \mu_{k1} = 4091 \text{ araç/saat}$$

olarak bulunmuştur.

Gişelerde servis süreliyen dönük istatistiksel sorunlara ilişkin olarak karar organına, yapılan gruplara göre ortalama değerler ve standart sapmalar verilmektedir. Karar organı, gişelere ilişkin ortalama işlemlerinde bu değerlerden yararlanabileceği gibi, çalışan görevliler için de bu değerleri bir araç olarak kullanabilir.

#### III,4,1,2 Gelişlere Bağlı Parametreler

III,3,2'de geliştirilen modelde soruna genel bir yaklaşım amaçlandığından, gelişlerin günün saatlerine göre değişim göstermesinin yanında yönlere ve günlere göre farklılaşmalarını da göstermek için dizin cümleleri tanımlanmıştır. Tanımlanan dizin cümleleri uyarınca gelişler günün saatlerine, yönlere ve günlere göre incelenmelidir.

Yukarıda belirtilen ayrımlara ek olarak gelişlerin mevsimlere göre durumuna bakmak gerekir. Gelişler üzerinde mevsimlerin etkisi anlamlı çıkarsa, modelin parametreleri incelenen mevsimin özelliklerine göre bulunur. Şayet mevsimlere göre gelişlerdeki farklılaşmalar anlamsız çıkarsa, genel olarak kullanılabilir parametrelerin bulunmasına gidilir.

Bu nedenlerle belirli zaman aralıklarında gelmesi beklenen araç sayılarını ( gelişlere bağlı parametreleri) bulmak için günün saatlerine göre ge-

İşler yönlere, mevsimlere ve günlere göre incelenmiştir. Varılan sonuçlar günlük toplam gelişlerle birleştirilerek, çözüm devresinde günlük saatlerine göre gelmesi beklenen araç sayısı bulunmuştur.

Bu incelemeler için Cumartesi gününün tam tatil olması tarihi olan 1. Temmuz, 1974'den 30. Kasım, 1975'e kadar geçişlerle ilgili sayac sonuçları (10) üzerinde yaklaşık otuz bin veri taramıştır (11). Bu verilerden bulunan oranlar Ek-2'de tablolar halinde verilmiştir (12).

#### i. Yönlere Göre Gelişlerin İncelenmesi

Sayac sonuçlarından hergün için gelişlerin yönlere göre farklı dağıldığı açıklıkla görülmektedir. Bu nedenle gelişler her iki yön için ayrı ayrı incelenmiştir.

#### ii. Mevsimlere Göre Gelişlerin İncelenmesi

İnceleme devresinin ilk oniki ayının verileriyle her mevsim için gelişlerin günün saatlerine göre dağılım oranları bulunmuştur (13).

Daha önce tanımlanan dizin cümlelerine ek olarak,

$$R = \{r \mid r = 1, 2, 3, 4\}$$

yaz mevsiminden başlamak üzere senenin mevsimleri cümlesi olsun. Tanımlanan

- 
- (10) Ek-1'de örnek sayac sonucu verilmiştir.  
(11) Bu taramada tatil olan işgünleri, gelişlerinin ana eğilimden farklı oluşu gözlenerek, inceleme dışında bırakılmıştır.  
(12) Gelişlere ilişkin tüm oranlar; E.İ.T. Akademisi Bilgi İşlem Merkezinde 000.6/IM005 numaralı programı kullanılarak bulunmuştur.  
(13) Bkz: Ek-2 tablo 1,2,3,4,5,6,7,8.

dizin cümleleriyle;

$P_{ijk}$  : i'inci gün j'inci saat k-yönüne r-mevsiminde bulunan oran olur.

Mevsimlere göre farklılaşmanın anlamlı olup olmadığını bulmak için;

$$H_0 : P_{ijk1} = P_{ijk2} = P_{ijk3} = P_{ijk4} \quad \forall i, j, k$$

ile karşıtı,

$$H_1 : P_{ijkr1} \neq P_{ijkr2} \quad \forall i, j, k \quad r1, r2 \in R \quad \text{ve} \quad r1 \neq r2$$

hipotezleri sınanmalıdır.

Bu tür sınıma için en uygun istatistiksel yaklaşım, chi-kare karşılaştırma yöntemidir (14). Chi-kare'nin hesaplanması için  $\bar{P}_{ijk}$  i'inci gün j'inci saat k- yönüne r-mevsiminde beklenen oran olarak alınmıştır. Buna göre i'inci gün k-yönlü için Ek-2'deki tabloların verilerinden hesaplanan Chi-kare değerleri;

$$\chi^2_{ik} = \sum_j \sum_r \frac{(P_{ijk} - \bar{P}_{ijk})^2}{\bar{P}_{ijk}}$$

formülünden bulunarak tablo-III.2 düzenlenmiştir (15).

Yapılan karşılaştırmalarda her iki yön ve her gün için serbestlik derecesi  $(24-1)(4-1) = 69$  olur.  $\alpha = 0,05$  anlam seviyesinde 69 serbestlik derecesine tekabül eden tablolanmış chi-kare değeri;

(14) Bkz: SIEGEL S.; a.g.e. b.174.

(15) Tablo-III.2'deki değerler E.I.T.I.A.Bilgi İşlem Merkezi 0006/İM007 numaralı programı kullanılarak bulunmuştur.

$$\chi_{\text{tab.}}^2 = 90,53$$

olarak verilmiştir (16).

T A B L O - III,2

Günlere ve Yönlere Göre Hesaplanan Chi-Kare Değerleri

Günler \ Yönler	P.Tesi	Salı	Çars.	Pers.	Cuma	C.Tesi	Pazar
Avrupa'ya (k=1)	9,7355	9,6189	9,8284	9,7047	9,7902	10,2336	11,5195
Asya'ya (k=2)	9,7611	9,6082	9,9358	9,7810	9,7859	10,2053	11,2631

Tablo-III,2'de her chi-kare değeri için,

$$\chi_{\text{hesap.}}^2 < \chi_{\text{tab.}}^2$$

olduğundan, 0,05 anlam seviyesinde  $H_0$  kabul edilir. Başka bir deyişle, her gün ve her yön için günün saatlerine göre geliş oranları arasında mevsimler açısından anlamlı bir fark yoktur.

Bir sene içerisinde geliş oranları arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen, izleyen devre içinde farklılaşmalar anlamlı olabilir. Bu nedenle mevsimlerin yanında, zamana göre geliş oranlarının değişimine de bakmak gerekir.

---

(16) CHOU YA-LUN ; Probability and Statistics for Decision Making, Holt Rinehart and Winston, New York, 1972, s.611, Tablo-B.9.

Bu amaçla inceleme devresinin Temmuz, ağustos, eylül-1975 gelişlerinden Yaz-75 geliş oranları bulunmuştur (17). Yaz-74 oranlarıyla Yaz-75 oranları Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınaması yöntemiyle karşılaştırılmıştır (18).

Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınaması için;

$S_1(t)$  : Yaz-74 işgünleri birikimli oranları,

$S_2(t)$  : Yaz-75 işgünleri birikimli oranları

olarak alınarak;

$$H_0 : S_1(t) = S_2(t)$$

ile karşıtı,

$$H_1 : S_1(t) \neq S_2(t)$$

hipotezleri sınanmıştır.

Ek-2 tablo-1 ve tablo-2 ile Ek-2 tablo-9 ve tablo-10'un verileriyle,

$$D_{\text{hesaplanan}} = \max_t | S_1(t) - S_2(t) | = 0,0103 \text{ (Avrupa'ya 6-7 arası)}$$

$$D_{\text{hesaplanan}} = \max_t | S_1(t) - S_2(t) | = 0,0046 \text{ (Asya'ya 19-20 arası)}$$

olarak bulunmuştur.

Diğer taraftan,  $\alpha = 0,05$  için tablolanmış Kolmogorov-Smirnov sınama sabiti;

---

(17) Bkz: Ek-2 tablo-9 ve Ek-2 tablo 10.

(18) Bkz: MASSEY F.J.; a.g.m., s.70.

$$D_{\text{tab}} = 1,36 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}} = 0,0490$$

olarak bulunmaktadır (19). Her iki yön için de,

$$D_{\text{hes.}} < D_{\text{tab.}}$$

olduğundan,  $H_0$  kabul edilir. Başka bir deyişle, bir sene öncesine göre her iki yön içinde geliş oranları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Buraya kadar yapılan incelemelerden, günün saatlerine göre geliş oranlarının kısa devrede zamandan bağımsızlaştığı (durağanlaştığı) sonucu çıkmaktadır. Bu nedenle modelin uygulama denemesinde tüm inceleme devresinde bulunan ortalama oranlar kullanılmıştır.

### iii. Günün Saat Aralıklarına Göre Geliş Oranlarının İncelenmesi

İnceleme devresinde derlenen verilerden, saat aralıklarında günlere göre geliş oranları bulunarak tablo-III,3 ve tablo-III,4 düzenlenmiştir. Her iki yön için de işgünleri (Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma) oranları birbirine oldukça yakındır. Bu benzerlik işgünleri oranlarının belirli bir anlam seviyesine göre karşılaştırılmasını gerektirir. Böyle bir karşılaştırma için;

$P_{ijk}$  : i'inci gün j'inci saat k-yönüne hesaplanan geliş oranı iken,

$\bar{P}_{ijk}$  : i'inci gün j'inci saat k- yönüne beklenen geliş (işgünleri) oranı olarak alınmıştır. Böylece;

---

(19) Bir yön için; bir ay 22 işgünü, her gün 24 saat aralığı ve bir mevsim 3 ay üzerinden  $n_1 = n_2 = 1584$  olarak alınmıştır.



TABLO - III.3

İnceleme Devresinde Avrupa Yönüne Geçen Araçların  
Günün Saatlerine Göre Dağılım Oranları

Günler t	İSGÖNLERİ					İsgünleri		
	P.Tesi	Salı	Çars.	Pers.	Cuma	Ortalama	C.Tesi	Pazar
00-01	0.0291	0.0227	0.0257	0.0246	0.0250	0.0254	0.0302	0.0365
01-02	0.0165	0.0137	0.0147	0.0146	0.0144	0.0146	0.0195	0.0235
02-03	0.0103	0.0087	0.0101	0.0092	0.0095	0.0096	0.0124	0.0137
03-04	0.0086	0.0070	0.0073	0.0069	0.0076	0.0075	0.0087	0.0094
04-05	0.0082	0.0072	0.0075	0.0073	0.0074	0.0075	0.0081	0.0073
05-06	0.0117	0.0103	0.0111	0.0107	0.0106	0.0109	0.0098	0.0076
06-07	0.0201	0.0189	0.0193	0.0184	0.0187	0.0191	0.0157	0.0099
07-08	0.0744	0.0675	0.0683	0.0628	0.0658	0.0677	0.0369	0.0134
08-09	0.1180	0.1103	0.1084	0.1089	0.1053	0.1101	0.0592	0.0196
09-10	0.0852	0.0800	0.0778	0.0782	0.0755	0.0793	0.0616	0.0276
10-11	0.0640	0.0641	0.0626	0.0634	0.0626	0.0633	0.0614	0.0393
11-12	0.0550	0.0559	0.0548	0.0556	0.0563	0.0555	0.0575	0.0495
12-13	0.0472	0.0481	0.0488	0.0491	0.0488	0.0484	0.0530	0.0537
13-14	0.0464	0.0485	0.0488	0.0490	0.0472	0.0480	0.0514	0.0564
14-15	0.0511	0.0529	0.0530	0.0530	0.0530	0.0526	0.0548	0.0602
15-16	0.0497	0.0518	0.0514	0.0530	0.0545	0.0521	0.0551	0.0636
16-17	0.0478	0.0500	0.0507	0.0515	0.0521	0.0504	0.0568	0.0675
17-18	0.0472	0.0513	0.0510	0.0516	0.0506	0.0504	0.0603	0.0747
18-19	0.0443	0.0490	0.0492	0.0490	0.0493	0.0482	0.0605	0.0786
19-20	0.0402	0.0450	0.0451	0.0443	0.0458	0.0441	0.0589	0.0746
20-21	0.0382	0.0428	0.0411	0.0423	0.0432	0.0415	0.0542	0.0677
21-22	0.0309	0.0335	0.0325	0.0341	0.0343	0.0331	0.0411	0.0520
22-23	0.0279	0.0303	0.0295	0.0304	0.0311	0.0299	0.0360	0.0503
23-24	0.0281	0.0307	0.0312	0.0319	0.0311	0.0306	0.0370	0.0435

TABLO - III.4

İnceleme Devresinde Asya Yönüne Geçen Araçların  
Günün Saatlerine Göre Dağılım Oranları

Günler t	İ Ş G Ü N L E R İ					İşgünleri	C. Tesi	Pazar
	P. Tesi	Salı	Çars.	Pers.	Cuma	Ortalama		
00-01	0,0251	0,0226	0,0245	0,0244	0,0242	0,0242	0,0303	0,0382
01-02	0,0150	0,0135	0,0144	0,0155	0,0145	0,0146	0,0215	0,0280
02-03	0,0087	0,0080	0,0085	0,0082	0,0080	0,0083	0,0126	0,0167
03-04	0,0063	0,0062	0,0066	0,0063	0,0058	0,0062	0,0090	0,0116
04-05	0,0051	0,0053	0,0055	0,0050	0,0052	0,0052	0,0072	0,0083
05-06	0,0072	0,0073	0,0072	0,0067	0,0062	0,0069	0,0090	0,0079
06-07	0,0109	0,0125	0,0112	0,0112	0,0105	0,0112	0,0125	0,0102
07-08	0,0239	0,0251	0,0247	0,0242	0,0221	0,0240	0,0215	0,0169
08-09	0,0333	0,0357	0,0347	0,0344	0,0324	0,0341	0,0305	0,0265
09-10	0,0389	0,0434	0,0435	0,0426	0,0402	0,0417	0,0414	0,0394
10-11	0,0449	0,0477	0,0474	0,0482	0,0455	0,0467	0,0501	0,0589
11-12	0,0464	0,0482	0,0481	0,0478	0,0457	0,0472	0,0569	0,0721
12-13	0,0491	0,0485	0,0499	0,0487	0,0470	0,0486	0,0587	0,0716
13-14	0,0495	0,0490	0,0497	0,0492	0,0481	0,0491	0,0656	0,0687
14-15	0,0538	0,0542	0,0547	0,0535	0,0530	0,0538	0,0711	0,0695
15-16	0,0581	0,0574	0,0587	0,0577	0,0592	0,0582	0,0732	0,0669
16-17	0,0659	0,0637	0,0648	0,0646	0,0656	0,0649	0,0725	0,0649
17-18	0,0822	0,0818	0,0815	0,0814	0,0809	0,0816	0,0704	0,0613
18-19	0,1058	0,1048	0,1012	0,1018	0,0956	0,1018	0,0691	0,0603
19-20	0,1024	0,0997	0,0947	0,0986	0,1020	0,0995	0,0627	0,0528
20-21	0,0707	0,0684	0,0670	0,0677	0,0784	0,0705	0,0523	0,0546
21-22	0,0404	0,0403	0,0408	0,0424	0,0455	0,0419	0,0386	0,0391
22-23	0,0296	0,0285	0,0309	0,0301	0,0328	0,0304	0,0314	0,0378
23-24	0,0269	0,0281	0,0295	0,0296	0,0316	0,0292	0,0324	0,0347

$$H_0 : P_{ijk} = \bar{P}_{ijk} \quad \forall j, k, i = 1, 2, 3, 4, 5$$

ile karşıtı,

$$H_1 : P_{ijk} \neq \bar{P}_{ijk} \quad \text{en az bir } i \text{ veya } j \text{ veya } k \text{ için hipotezleri}$$

sınanmıştır.

Tablo-III,3 ve tablo-III,4'ün verileriyle chi-kare değerleri;

$$\chi^2_{k,i,j} = \sum_i \sum_j \frac{(P_{ijk} - \bar{P}_{ijk})^2}{\bar{P}_{ijk}}$$

formülünden,

$$\chi^2_1 = 16,014 \quad (\text{Avrupa yönlü için})$$

$$\chi^2_2 = 16,4572 \quad (\text{Asya yönlü için})$$

olarak hesaplanmıştır.

Her iki yön için de serbestlik derecesi  $(24-1)(5-1) = 92$  'dir.  $\alpha = 0,05$  anlam seviyesinde 92 serbestlik derecesi için tablolanmış chi-kare değeri,  $\chi^2$  serbestlik derecesi olmak üzere;

$$\sqrt{2 \chi^2} = \sqrt{2v - 1} = 1,96$$

esitliğinden (20);

$$\chi^2_{\text{tab.}} = 119,9345$$

olarak bulunmuştur.

Her iki yön için de,

$$\chi_{hes.}^2 < \chi_{tab.}^2$$

olduğundan  $H_0$  kabul edilmektedir. Başka bir deyişle, işgünleri için bulunan oranlar arasında anlamlı bir fark yoktur.

Tablo-III,3 ve III,4'de açıklıkla görüldüğü gibi, Cumartesi ve Pazar günü bulunan oranlar birbirlerinden ve işgünleri oranlarından oldukça farklıdır.

Buraya kadar yapılan işlemlerle bir günde köprüden geçen araçların günün saatlerine göre geliş oranlarının yönlere göre her gün için ayrı; mevsimlere; zamana ve işgünlerine göre aynı ve tatil günlerine göre ayrı olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle modelin gerçek çözümünde her iki yön için işgünleri, Cumartesi ve Pazar ayrı ayrı düşünülmelidir.

Çalışmada modelin işlerliğini göstermek amaçlandığında, modelin ayrılabilir özelliğinden yararlanarak, yalnız işgünleri için çözüm yeterli görülmüştür.

#### iv. Günlük Toplam Gelişlerin İncelenmesi

1. Temmuz, 1974 ile 30. Kasım, 1975 tarihleri arasında günlere göre her iki yöne geçen toplam araç sayılarında, herhangi bir ay için büyük bir farklılaşma olmadığı sayı sonuçlarından açıklıkla görülmektedir. Bu nedenle günlük toplam gelişlere ilişkin aylık ortalama değerlerin giselere dönük planlarda kullanılması fazla yanlış taşımayacaktır.

Günlük gelişlerin ay ortalaması civarında değer alacağı varsayımından hareketle, aylara göre günlük toplam gelişlerin ortalamaları bulunarak

tablo-III,5 düzenlenmiştir.(21).

Tablo-III,5 incelendiğinde ortaya çıkan özellikler şöyle sıralanabilir:

- Her gün için yönere göre toplam geçişler birbirine oldukça yakındır.  
- İşgünleri arasında, Cuma günü biraz fazla olmasına rağmen, ortalama geçişler büyük farklılık göstermemektedir.

- Aylık ortalama gelişlerde genel bir artış görülse de, mevsimlerin ortalama günlük gelişlerde etkisi oldukça fazladır. İşgünleri için 12 aylık bir devre içinde gelişlere bakıldığında, Ağustos ayında bunların devrenin enyüksek değerini, Aralık ayında ise devrelik en düşük değerini aldığı görülmektedir.

- Tatil günlerinde (Cumartesi-Pazar) mevsimsel dalgalanma işgünlerinde olduğu gibi değildir; Tatil günlerinde, Ocak 1974'deki Pazar ortalaması hariç, sürekli bir artış görülmektedir.

Yukarıda sıralanan özelliklere göre model aylık devreler halinde çözümlenmelidir.

Aslında günlük ortalama gelişler kendi başına bir araştırma konusu olabilecektir. Toplam gelişlerin günlere, mevsimlere ve gelişleri etkilemesi sözkonusu olabilecek diğer unsurlara göre farklılaşmaları ve/veya benzerlik durumları derinlemesine incelenmelidir. Böylece toplam gelişlerin en iyi kestirimine gidilir. Gışelere ilişkin sorun bir Yöneyim Araştırması grubuna proje olarak verildiğinde, grup içindeki istatistikçi bu konuyu tüm ayrıntıları ile inceleyerek, en az yanılma payı ile umulan toplam günlük ge-

---

(21) Resmi tatillere raslayan işgünlerindeki günlük toplam gelişlerde ana temayüle oranla artış olduğundan, işgünleri ortalama değerlerinin hesaplanmasında resmi tatil olan işgünleri alınmamıştır.

TABLO - III,5

İnceleme Devresinde Aylara Göre Günlük Ortalama Gelisler

Avrupa'ya  
Asya'ya

Günler Aylar	Pzt.	Salı	Cars.	Pers.	Cuma	İşgünleri		
						Ortalama	C.Tesi	Pazar
Temmuz 74	18137 18969	17082 17414	17752 17862	17902 19220	19614 20678	18098 18829	16784 18450	17332 16904
Ağustos 74	19886 19432	19612 19672	20438 18861	20551 19457	19245 19408	19983 19364	17803 18549	19376 17770
Eylül 74	18502 18216	18561 18643	18530 18337	18819 18354	19542 19741	18791 18658	17803 18954	19934 18463
Ekim 74	18082 18162	17495 18128	17377 18265	17920 17826	18857 19202	17946 18153	18256 18982	19332 18548
Kasım 74	17534 17382	17897 17929	17584 17450	17782 17707	18669 18924	17894 17878	18256 18982	19332 18548
Aralık 74	17029 17464	16479 16969	17097 17390	17750 17840	18931 19385	17437 17793	18444 19155	19299 19114
Ocak 75	18032 17866	18136 18306	17965 17947	18104 17949	19131 19084	18304 18240	19485 19572	18211 17692
Şubat 75	16140 16201	17245 17726	17997 18210	18142 18274	19565 19927	17905 18067	19722 20393	22378 21708
Mart 75	18959 19235	19816 19652	20008 20004	19876 20099	20820 21106	19896 20019	21152 22278	22897 22286
Nisan 75	20155 20453	19816 20237	20348 20590	20621 20792	21627 22056	20558 20876	21305 22501	23719 23053
Mayıs 75	20988 21110	21086 21559	21421 21697	21101 21707	22724 23329	21542 21990	22916 24468	24999 24568
Haziran 75	24391 24556	23730 24746	23944 24476	25048 25256	25262 26103	24448 25005	23249 24974	23814 23163
Temmuz 75	26714 28975	26674 28910	27580 28567	27998 28346	28447 29699	27474 28861	25033 24279	24869 24279
Ağustos 75	29117 29050	28401 28458	29422 28535	29418 28653	29691 29887	29173 28970	26551 27986	26916 25950
Eylül 75	25910 25875	25503 26021	16385 26260	26541 26439	27344 27732	26279 26418	26057 27059	24668 23760
Ekim 75	24805 24436	25051 25192	25761 25965	25932 25928	26636 27033	25759 25866	26407 26912	26623 25516
Kasım 75	24275 24353	23744 24223	24185 24520	24128 24311	26028 26114	24473 24704	26402 27339	26369 26003

İşleri bulacaktır.

Modelin sınamasında ele alınan işgünleri için çözüm devresi Aralık-1975 alınarak bu ay için beklenen günlük ortalama gelişler bulunmuştur.

#### v. Çözüm Devresinde Beklenen Ortalama Günlük Gelişler

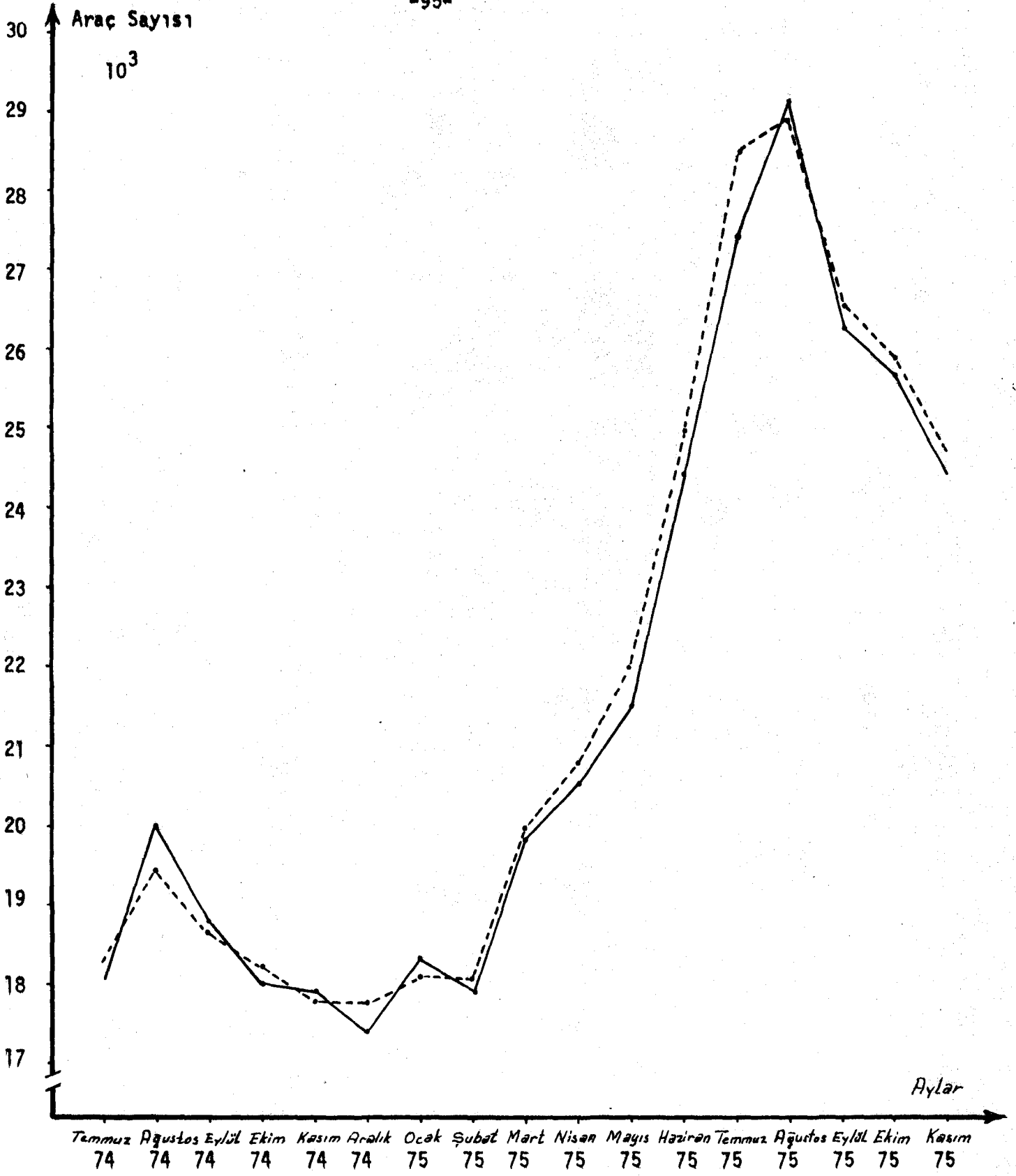
Tablo-III,5'de verilen aylık işgünleri ortalamalarına dayanılarak şekil-III,1 çizilmiştir.

Sekil-III,1'deki işgünleri ortalamalarında bir ana eğilim görülmeyle birlikte, mevsimlerin etkisi açıklıkla görülmektedir. Bu kıymetlerde değişme miktarı izleyen aylar için sabit olmadığı gibi, izleyen devrelerdeki kıymetlerin oranları da sabit değildir. Diğer taraftan, kıymetlerde sürekli bir artış ya da azalış da sözkonusu değildir (22). Bu nedenle sözkonusu zaman serisi için ne doğrusal bir fonksiyon, ne üstel bir fonksiyon, ne de bir polinom temsil olamaz. Dalga boyu eşit olmasına rağmen dalga şiddeti farklı olduğundan, hareketli ortalama yönteminin kullanılması da uygun değildir (23).

Aslında, şekil-III,1'de görüldüğü gibi, işgünleri ortalama gelişleri bir ana eğilim etrafında dalgalanan sinüzoidal bir özellik göstermektedir. Bu nedenle, temsili bir fonksiyon bulunmak istendiğinde Fourier serisi araştırılmalıdır (24).

Eldeki verilerin azlığı ve yalnız modelin sınaması amaçlandığından Aralık ayı toplam gelişlerini kestirmek için aşağıdaki yol izlenmiştir:

- 
- (22) Sabit fark, sabit oran veya sürekli aynı şekilde değişen zaman serileri için bkz: NECLA ÇUMLEKÇİ; İstatistik (ikinci baskı), Ankara, 1975, s.315.
- (23) KENAN GÖRTAN; İstatistik ve Araştırma Metodları, I.O.Y.NO.1670, İstanbul, 1971, s.443.
- (24) Bu konuda bkz: ROBERT G.BROWN; Smoothing Forecasting and Prediction of Discrete Time Series, Prentice-Hall Inc., London, 1963, s.66 ve devamı.



Sekil - III,1  
İşgünlerinde Aylık Ortalama Gelişlerinin Grafığı

— Avrupa'ya  
- - - - - Asya'ya



Daha önceki aylara göre farklılaşma oranlarından hareketle Aralık ayı ortalama günlük gelişlerinin kestirimine gitmek mümkündür. Bunun için bir yıl öncesine göre artış oranlarıyla, bir ay öncesine göre azalış oranları bulunarak tablo-III,6 düzenlenmiştir.

T A B L O - III,6

Günlük Ortalama Gelişlerin

Farklılaşma Oranları (Avrupa'ya/Asya'ya)

Aylar	Bir Sene Öncesine Göre Artış Oranları	Bir Ay Öncesine Göre Azalış Oranları
Ağustos	0,4599 / 0,4961	----
Eylül	0,3985 / 0,4159	0,099 / 0,093
Ekim	0,4354 / 0,4249	0,02 / 0,019
Kasım	0,3677 / 0,3818	0,05 / 0,045

Sekil-III,1'de görüldüğü gibi, 1975 yılının Aralık ayında bir sene öncesine ait değere oranla artış, Kasım-1975 değerine göre ise düşüş olması beklenmektedir.

Aralık-1975'de Aralık-1974'e göre bir artış beklendiğinden, bu artışın, tablo-III,6'da bulunan oranların ışığında, her iki yön içinde %34 civarında olması umulur. Bir sene öncesine göre % 34'lük bir artış öngörüldüğünde ise,

$$\hat{x}_1 = 23365$$

ve

$$\hat{x}_2 = 23843$$

olması beklenir (25).

Aralık 1975'de mutlak bir azalma beklendiğinden, bu azalmanın bir ay öncesine göre aynı oranda olacağı varsayımı altında:

$$\hat{X}_1 = 23250$$

ve

$$\hat{X}_2 = 23592$$

olması beklenir.

Bir sene önce olduğu gibi, günlük ortalama gelişlerin Ağustos'da enyüksek Aralık'ta endüsiük olacağı varsayımı altında Aralık 1975 için umulan değerlerin 23 bin ile 24 bin arasında olması gerekir.

Görüldüğü gibi, farklılaşma oranlarıyla bulunan değerler birbirlerine oldukça yakın ve öngörülen aralık içindedir. Bu değerlerden hareketle, Aralık 1975 için günde gelmesi beklenen yaklaşık ortalama araç sayısı olarak,

$$\hat{X}_1 = 23350$$

ve

$$\hat{X}_2 = 23700$$

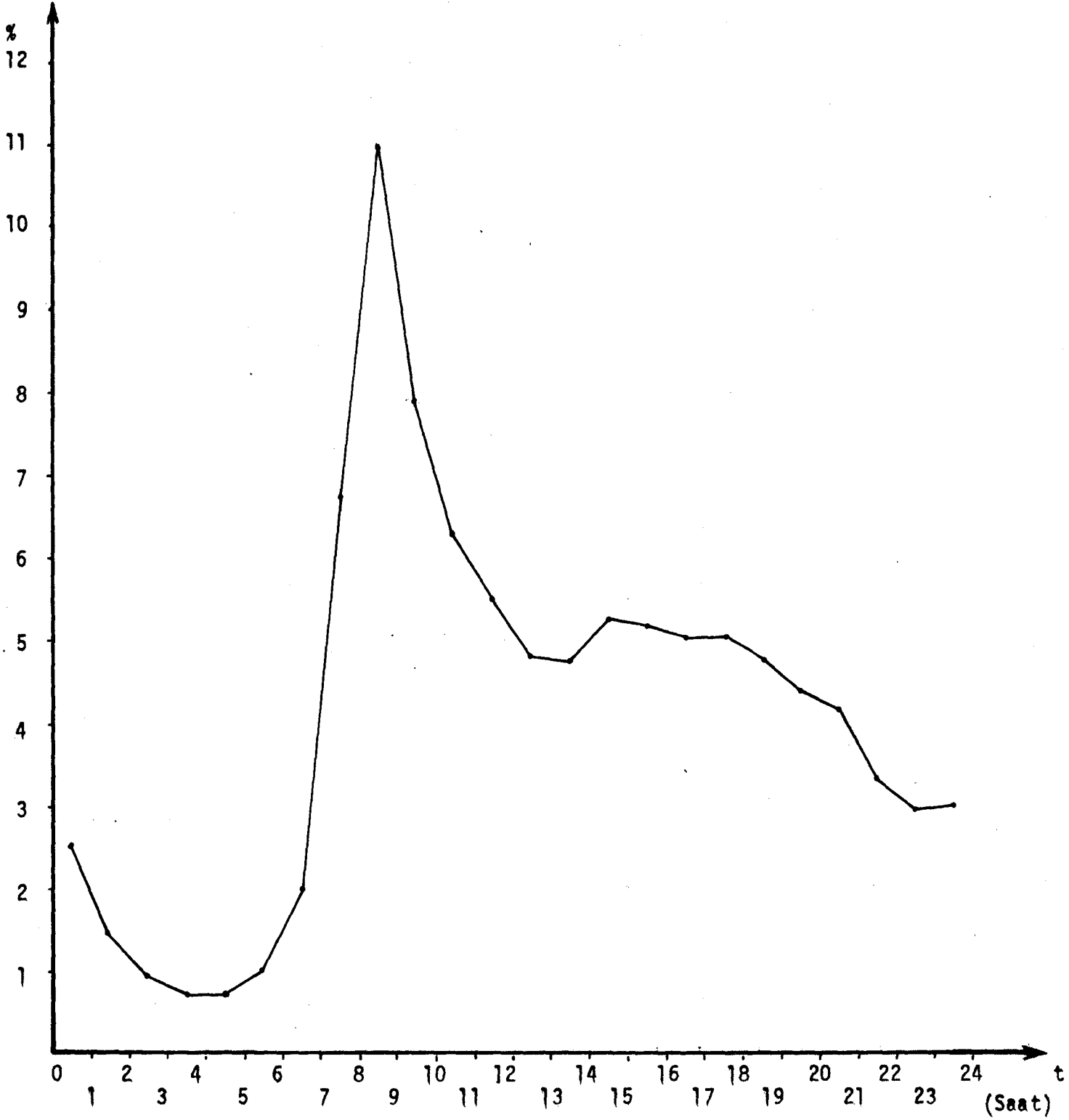
değerleri günün saatlerine göre gelmesi beklenen araç sayılarının bulunmasında kullanılmıştır.

#### vi. Çözüm Devresi için İsgünlerinde Günün Saatlerine Göre Beklenen Araç Sayıları

İsgünleri için belirli saat aralıklarında gelişlerin grafikleri şekil-III.2 ve şekil-III.3'de gösterilmiştir.

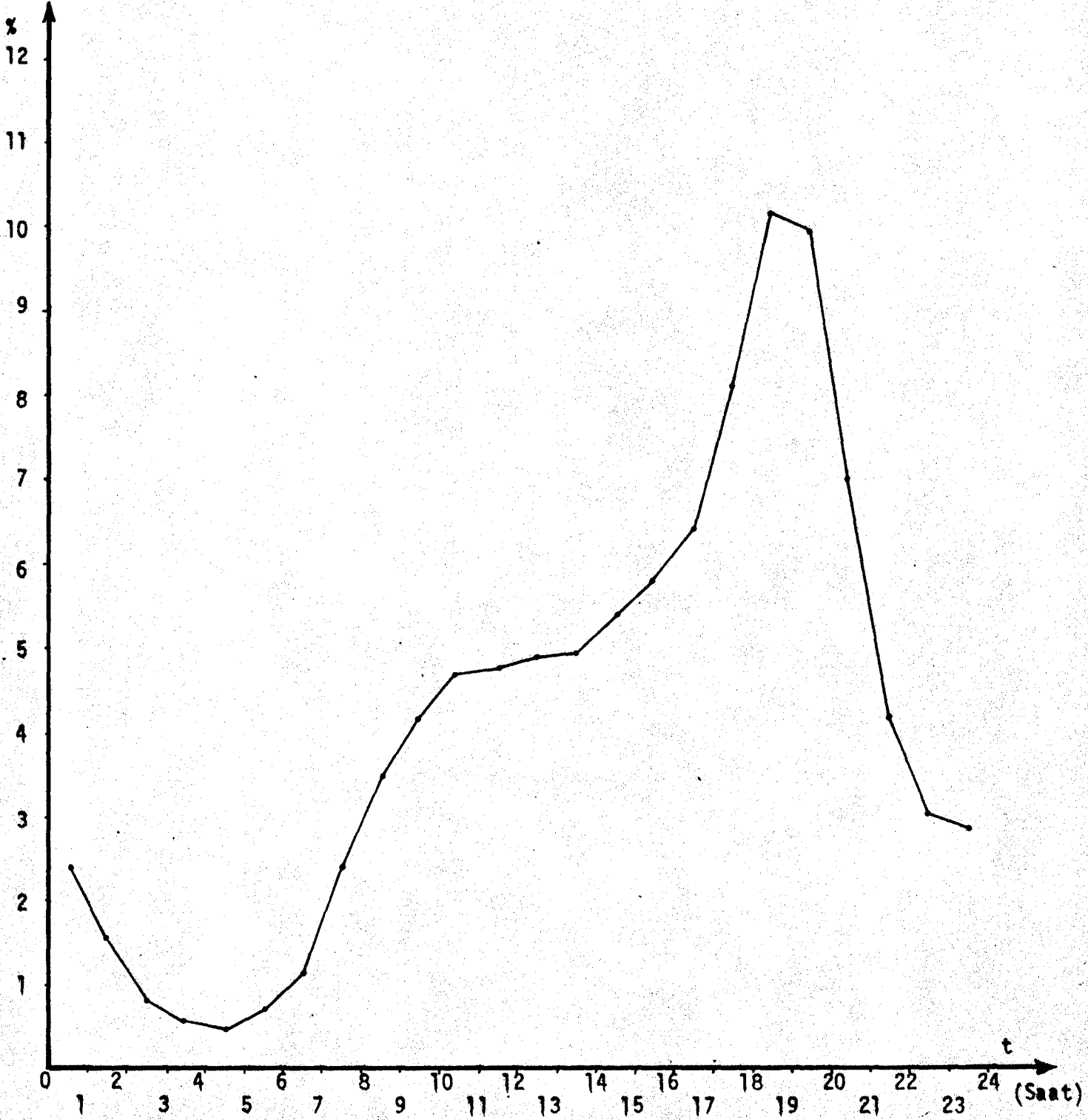
---

(25) İsgünleri birlikte düşünülürse,  $X_{11} = X_{12} = \dots = X_{15} = X_1$  ve  $X_{21} = X_{22} = \dots = X_{25} = X_2$  olarak alınmıştır.



Şekil - III,2

İşgünlerinde Avrupa'dan Asya'ya Günün Saatlerine Göre Geliş Oranlarının Grafiği



Şekil- III,3

İşgünlerinde Avrupa'dan Asya'ya Günün Saatlerine Göre Gelis Oranlarının Grafiği

Bir araç köprüye, zaman birimi saat olarak alındığında, 0 ile 24 arasında gelecektir. Böylece, bir aracın köprüye geldiği an olan  $t$  tesadüfi değişkeni;

$$0 \leq t \leq 24$$

aralığı içinde değerler alır,

Yukarıda tanımlanan  $t$  - tesadüfi değişkeninin gözlenen değerlerine en iyi uyan kuramsal olasılık dağılım fonksiyonu bulmak mümkündür. Gelmesi beklenen toplam araç sayısı ile bulunan olasılık dağılım fonksiyonları birlikte düşünülerek, modelde parametre olarak kullanılacak olan belirli zaman aralığı içinde gelmesi beklenen araç sayıları bulunur,

III,3,2'de geliştirilen modelin parametreleri en genel şekliyle tanımlanmıştır. Böylece modele değişik bakış açılarına göre uyarlanabilme özelliği verilmiştir. Ancak, tam saat başlarına göre açık bulundurulacak gişe sayısı araştırıldığında, verilere uyanlanan olasılık dağılım fonksiyonu yerine, doğrudan oranları kullanmak daha geçerlidir. Özellikle saat aralıkları için bulunan oranların durağanlaştığı gösterildikten sonra, bir dağılım fonksiyonu arayarak bilerek bilgi kaybına gidilmemelidir. Tam saat başları yerine, başlangıç ve/veya bitiş anları saat ara noktaları olan devrelerde çözüm istenirse, kuramsal olasılık dağılım fonksiyonları kullanılır,

Modelin işlerliliğini göstermek açısından, tam saat aralıklarında açık tutulacak gişe sayılarını bulmak yeterli görülmüştür. Bu nedenle, modelin çözümünde doğrudan tablo-III,4 ve tablo-III,5'de belirtilen işgünleri ortalama oranları kullanılacaktır.

İşgünleri için dünürlük ortalama aynı miktarda geliş beklendiğinden ve gelişlerin oranları aynı olduğundan;

$$n_1(t_{ij}) = n_1(t_j)$$

ve

$$n_2(t_{ij}) = n_2(t_j)$$

olarak alınmıştır.

$X_k (k = 1, 2)$  ; k-yönüne günlük ortalama geçmesi beklenen araç sayısı ve  $P_{kj}$  ; k-yönüne (j-1,j) saat aralığında geliş oranı iken, (j-1,j) saat aralığında k-yönü için gelmesi beklenen araç sayısı;

$$n_k(t_j) = P_{kj} X_k$$

olur. Bu eşitliğe göre bulunan değerler tablo-III.7'de verilmiştir.

#### III.4.1.3 Maliyet Parametreleri

Yöneticiler, maliyet parametrelerinin (bir gisenin birim zaman açık tutulma maliyeti), bütün giseler için aynı olduğunu belirtmektedirler. Bu nedenle maliyet parametreleri bütün k ve l'ler için;

$$C_{kl} = c$$

alınmıştır.

Modelin özelliği nedeniyle sıfırdan farklı her c için eniyi çözüm aynı olacağından, maliyet parametrelerinin gerçek değerleri için ayrıntılı araştırma yapılmamıştır. Yöneticilerle yapılan görüşmeler ışığında, birim zaman (bir saat) giselerin açık tutulma maliyeti olarak,

$$c = 16 \text{ TL/saat}$$

alınmıştır.

T A B L O - III.7

İşgünlerinde Günüün Saatlerine Göre Gelmesi Beklenen  
Arac Sayıları (Aralık-1975)

Yönler $t_j$	Asya'dan Avrupa'ya $n_1(t_j) (k = 1)$	Avrupa'dan Asya'ya $n_2(t_j) (k = 2)$
00-01	593	574
01-02	341	346
02-03	224	197
03-04	175	147
04-05	175	123
05-06	255	164
06-07	446	266
07-08	1581	569
08-09	2571	808
09-10	1852	988
10-11	1478	1107
11-12	1296	1119
12-13	1130	1152
13-14	1121	1164
14-15	1228	1275
15-16	1217	1379
16-17	1177	1538
17-18	1177	1934
18-19	1125	2413
19-20	1030	2358
20-21	969	1671
21-22	773	993
22-23	698	721
23-24	715	692

### III.4.2 Modelin Açık Yazılımı

Yukarıda belirtilen parametrelere göre III.3.2'de geliştirilen model aşağıdaki gibi olur:

$$j = 1, 2, 3, \dots, 24 \text{ için}$$

$$Y_{11j} + Y_{12j} + Y_{13j} + Y_{14j} + Y_{15j} + Y_{16j} + Y_{17j} + Y_{18j} \leq 8$$

$$Y_{21j} + Y_{22j} + Y_{23j} + Y_{24j} + Y_{25j} + Y_{26j} + Y_{27j} + Y_{28j} \leq 8$$

$$Y_{11j} = 1$$

$$Y_{21j} = 1$$

$$416Y_{11j} + 525(Y_{12j} + Y_{13j} + Y_{14j} + Y_{15j} + Y_{16j} + Y_{17j} + Y_{18j}) \geq n_1(t_j) \quad (26)$$

$$416Y_{21j} + 525(Y_{22j} + Y_{23j} + Y_{24j} + Y_{25j} + Y_{26j} + Y_{27j} + Y_{28j}) \geq n_2(t_j) \quad (27)$$

$$Y_{11j} = 0,1 \quad j = 2, 3, 4, \dots, 8$$

$$Y_{21j} = 0,1 \quad j = 2, 3, 4, \dots, 8$$

Yukarıdaki kısıtlayıcılara göre;

$$M = \sum_{j=1}^{24} 16(Y_{11j} + Y_{12j} + Y_{13j} + Y_{14j} + Y_{15j} + Y_{16j} + Y_{17j} + Y_{18j} + Y_{21j} + Y_{22j} + Y_{23j} + Y_{24j} + Y_{25j} + Y_{26j} + Y_{27j} + Y_{28j})$$

maliyet fonksiyonunu enazlayan karar değişkenleri bulunacaktır.

(26) Tablo-III.7'deki birinci sütun değerleri.  
(27) Tablo-III.7'deki ikinci sütun değerleri.



### III.4.3 Modelin Çözümü

Yukarıda açık yazılımı verilen modelin her saat için iki yöne toplam 16 karar değişkeni vardır. Bir gün 24 saat aralığına bölüldüğüne göre toplam karar değişkeni sayısı 384'dür. Bir yön için modele konan kısıtlayıcı sayısına gelince; 24 kısıtlayıcı  $Y_{kP(j)} = 1$  oluştan, 24 kısıtlayıcı her saat aralığında toplam karar değişkeni sayısının 8'e esit veya küçük olması gerektiğinde ve 24 kısıtlayıcı bir saat aralığı içinde servis verilmesi umulan araç sayılarından olmak üzere 72 tanedir. Modelde iki yön için toplam 144 kısıtlayıcı sözkonusudur. Böylece modelin katsayılar matrisi 144 satır ve 384 sütundan oluşmaktadır.

Günün saatlerine göre beklenen en fazla müşteri sayısı Avrupa yönü için saat 8-9 aralığında 2571 ve Asya yönü için saat 18-19 aralığında 2413 araçtır. Diğer taraftan, herhangi bir saat aralığında altı gişe açık tutulduğunda sistemin servis debisi 3031 araç/saat olmaktadır. Böylece, açık bulundurulacak altı gişe gelişlerin en fazla olduğu saat aralığında servise yeterli olmaktadır. Bu nedenle her iki yön için de 7.inci ve 8.inci gişeler çözümden önce modelden çıkartılmıştır. Böylece modelde toplam karar değişkeni 12 gişe üzerinden 288'e indirgenmiştir. Bu indirgeme ile kullanılan bilgisayar zamanı da enazlanmıştır.

Geliştirilen bu model, her iki yön için iki ayrı model halinde Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezinde IBM/370 bilgi işlem makinesinin MPSX paket programı kullanılarak çözülmüştür.

Program her iki yön içinde amaç fonksiyonunu enazlayarak karar değişkenlerinin değerlerini vermiştir (28).

---

(28) Modelin MPSX'e göre çalıştığını göstermek amacıyla, bilgisayar çıktısının karar değişkenlerine ilişkin kısmı Ek-3'de verilmiştir. MPSX programının özelliği nedeniyle model, karar değişkenleri  $Y_{ij} = j_i$  dönüşümü yapılarak bilgisayara yüklenmiştir.

Bir karar değişkeninin almış olduğu değer 1 ise, belirtilen saat aralığında sözkonusu gişe açık, 0 ise kapalı olacaktır.

Bilgisayar sonuçlarına göre karar değişkenlerinin aldığı değerler tablo-III.8'de gösterilmiştir.

#### III.4.4 Çözümün Değerlendirilmesi

Yukarıda verilen çözümün alınmasıyla, soruna genel olarak geliştirilen model sınamış olmaktadır. Modelin çözüm vermesi, karar değişkenlerinin ve parametrelerin anlamlı bir şekilde tanımlanıp aralarındaki fonksiyonel bağlantıların doğru olarak kurulduğunu ortaya koymaktadır. Başka bir deyişle model ele alınan sorunu temsil etmektedir.

Modelin sınaması işgünleri için yapılmıştır. İstendiğinde Cumartesi ve Pazar günleri için de benzer şekilde çözüme gidilebilir. Yine sınamada çözüm devresi olarak Aralık-1975 ayı alınmıştır. Daha ileri devrelere ilişkin günlük toplam gelişler doğru olarak bulunabilirse, çözüm devresi uzatılabilir.

Aralık-1975'de işgünleri için günün saatlerine göre açık tutulacak gişeler, maliyet enazlanarak, modelin çözümüyle belirlenmiştir.

İşgünleri için çözüm devresinde günün saatlerine göre beklenen araç sayısı, çözüm gereğince karşı gelen servis debisi ve açık bulundurulacak gişe sayısı tablo-III.9'da gösterilmiştir.

Karar organı tablo-III.9'daki değerlerden hareketle elindeki servis noktalarına ilişkin kaynakların eniyi dağıtımını yapacaktır. Buna ilişkin ilk kaynak dağıtımı, servis noktalarında görev yapacak memurlardır. Bir görevli her servis noktasında çalışabildiğine göre ( gişe memurlarının servis vermede birbirleriyle aynı olduğu daha önce belirtilmişti), belirli zaman aralık-

T A B L O - III.8  
Karar Değişkenlerinin Çözüm Değerleri

Karar Değişkenleri Saat	A V R U P A ' Y A						A S Y A ' Y A					
	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	Y <sub>14</sub>	Y <sub>15</sub>	Y <sub>16</sub>	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	Y <sub>24</sub>	Y <sub>25</sub>	Y <sub>26</sub>
00 - 01	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
01 - 02	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
02 - 03	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
03 - 04	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
04 - 05	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
05 - 06	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
06 - 07	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
07 - 08	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
08 - 09	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
09 - 10	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0
10 - 11	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
11 - 12	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
12 - 13	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
13 - 14	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
14 - 15	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
15 - 16	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
16 - 17	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
17 - 18	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
18 - 19	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
19 - 20	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
20 - 21	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
21 - 22	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
22 - 23	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
23 - 24	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1

**T A B L O - III.9**  
**Saat Aralıklarına Göre Beklenen Gelisler, Servis Nebisi ve**  
**Açık Tutulacak Gişe Sayıları**

Değerler Saat	A v r u p a ' y a			A s y a ' y a			Açık Tutulacak Toplam Gişe Sayısı
	Beklenen Araç Sayısı	Servis Nebisi	Açık Gişe Say.	Beklenen Araç Sayısı	Servis Nebisi	Açık Gişe Say.	
00 - 01	593	941	2	574	941	2	4
01 - 02	341	416	1	346	416	1	2
02 - 03	224	416	1	197	416	1	2
03 - 04	175	416	1	147	416	1	2
04 - 05	175	416	1	123	416	1	2
05 - 06	255	416	1	164	416	1	2
06 - 07	446	941	2	266	416	1	3
07 - 08	1581	1981	4	569	941	2	6
08 - 09	2571	3031	6	808	941	2	8
09 - 10	1852	1991	4	988	1466	3	7
10 - 11	1478	1991	4	1107	1466	3	7
11 - 12	1296	1466	3	1119	1466	3	6
12 - 13	1130	1466	3	1152	1466	3	6
13 - 14	1121	1466	3	1164	1466	3	6
14 - 15	1223	1466	3	1275	1466	3	6
15 - 16	1217	1466	3	1379	1466	3	6
16 - 17	1177	1466	3	1538	1991	4	6
17 - 18	1177	1466	3	1934	1991	4	7
18 - 19	1125	1466	3	2413	2506	5	8
19 - 20	1030	1466	3	2358	2506	5	8
20 - 21	963	1466	3	1671	1991	4	7
21 - 22	773	941	2	993	1466	3	5
22 - 23	698	941	2	721	941	2	4
23 - 24	715	941	2	692	941	2	4

larında açık bulundurulacak toplam gise sayısı kadar memur görevlendirilecektir.

Günün saatlerine göre çalışacak görevli sayısı belirlendikten sonra, karar organı toplu sözleşme ve iş kanunu hükümlerini de gözönüne alarak, vardiya başlangıç ve bitis anlarını belirleyecektir. Sözgelimi, tablo-III,9'un verileriyle günlük çalışma devresi 07-15, 15-23 ve 23-07 olarak alındığında, 07-15 için enaz 8 görevli, 15-23 için enaz 8 görevli ve 23-07 için enaz 4 görevli gerekir. Bu rakamlara toplanan paraların belirli saat aralıklarında devri, görevlinin dinlenmesi ve yemek arası için ek görevliler de eklenerek belirlenen vardiyalarda görevlendirilecek memur sayıları bulunur. Böylece memurların ileriye ait izin ve benzeri istekleri karşısında karar organı o gün gerekli görevli sayısını bilerek davranacaktır.

Model geliştirilirken müşterilerin hiç beklememeleri bir kısıt olarak alınmıştır. Bu nedenle çözümde servis debileri bazı saat aralıkları için beklenen gelişlere oldukça yakın iken, bazılarında servis debisi oldukça fazladır. Avrupa yönü için tablo-III,9'a bakıldığında 20-21 saat aralığı için servis debisi beklenen araç sayısından 503 kadar fazladır. Bu tür farklılaşmalar gözönüne alınarak, müşterilerin biraz beklemelerini risklenen karar organı, daha az giseyi servise açık tutma yoluna gidebilir. Böyle bir ayarlardan sonra gise memurlarına ilişkin görevlendirme işlemi yapılır.



## SONUÇ ve ÖNERİLER

"Servis sistemleri ve Gelisler Zamana Bağlı Olduğunda Kapasite Sorununa Matematiksel Yaklaşım - İstanbul Boğaziçi Köprüsü Uygulama Denemesi -" başlığı altında tamamlanan bu araştırmada varılan sonuçlar ve ileriye dönük çalışmalar için öneriler şöyle sıralanabilir:

- Sistem yaklaşımıyla kuyruk oluşan insan-makine sistemleri kuramsal yönden tanımlanıp, öğeleri, öğeler arası etkileşimleri ve yönetimi incelenip, genel sistemler içinde özel bir yeri olduğu ortaya konarak, "Servis Sistemleri" başlığı altında bir biltilin haline getirilmiştir.

- Servis sistemleri kavramsal yönden bir biltilin haline getirildikten sonra, gerçek hayattaki hangi sistemin servis sistemi olduğu açıklığa kavuşturulmuştur. Bunun yanında konunun genel olarak incelenmesi, böyle bir sistemin eniyilenmesine ilişkin geliştirilecek matematiksel modelin ana hatla-

lıkla çözüm istediği işe problemine Yöneylem Araştırması yaklaşımıyla matematiksel model geliştirilmiştir.

- Geliştirilen modelin çözüm denemesi için yapılan araştırmada, müşterilerin işe önlerine seçimlerine bağlı olarak geldiği gözlemlenmiştir. Trejterlerin, diğer araçların da geçebileceği, en dış işelenden geçmesi öngö-

rülmüştür. Bu işleyişe göre en dış gişelerde bir araç için harcanan ortalama süre 8,68 sn, diğerlerinde 6,86 sn olarak bulunmuştur.

- Her iki yön için de araçların günün saatlerine göre geliş oranları arasında anlamlı bir farklılaşma görülmemiştir.

- İsgünlerinde araçların günün saatlerine göre geliş oranları arasında anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır.

- Bir gün içinde her iki yöne geçen toplam araç sayıları birbirine oldukça yakındır.

- Aylara göre günlük toplam gelişlerde bir artış görülmektedir. Günlük toplam gelişler Aralık aylarında bir senelik devrenin en düşük değerine inerken, Ağustos ayında devrelük en yüksek değeri almaktadır.

- Gişelere ilişkin geliştirilen model 1975 yılının Aralık ayı planlama devresi alınarak işgünleri için çözülmüştür. Modelin çözümüyle günün saatlerine ve yönlere göre gişelerin açık veya kapalı olması gerektiği hususu kuyrukta bekleyenler ve maliyet enazlanarak bulunmuştur. Modelin çözümüne göre haftanın işgünlerinde gişelere günde enaz 20 kişinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Karar organının elinde gişeler için 40 görevli olduğuna göre, yönetim kaynaklarının kullanımı açısından yarıyarıya sağlanabilir. Bunun yanında, gişe görevlilerinin hafta sonu ve diğer izinleri kolaylıkla ayarlanabilir. Geliştirilen modelin işlerliğini göstermek yeterli görüldüğünden modelin duyarlılık analizi yapılmamıştır.

- Çözümüne göre Aralık-1975 ayı için bir yöne 8 gişenin en fazla 6'sı aynı anda açık bulundurulması gerekmektedir. Ortalama günlük gelişlerin Aralık ayında devrelük enaz değeri aldığı hatırlanırsa, yakın bir gelecekte bir yöne 8 gişenin de açık bulundurulması gerekebilir.



- Daha önce de belirtildiği gibi, İstanbul Boğaziçi Köprüsü araştırmasının bir uygulama denemesi olarak ele alınmıştır. Bu sistemin III.2.2'de belirtilen istatistiksel sorunları çözümlenmelidir.

- Araştırmada uygulama denemesi yapılan modelin III.3.3'de de belirtildiği gibi, maliyet fonksiyonu daha ayrıntılı bir biçimde tanımlanabilir. Buna ek olarak, sorun bir Yöneyim Araştırması grubunda ele alındığında, servis süresi ve gelişlerin tesadüfi değişken oluşundan hareketle, önerilen model stokastik doğrusal programlama modeli olarak ele alınabilir. Böylece yöneticiye hem karar değişkenleri hem de maliyete ilişkin olasılı değerler verilebilir.

- Modelin uygulama denemesinde işe görevlilerinin servis vermede birbirleriyle aynı olduğu varsayılmıştır. Bu varsayımın üzerinde de istatistiksel işlemler yapılabilir.

- Boğaziçi Köprüsünde geçişler gün içinde zamana bağlı olduğundan, günün her saati için geçerli olabilecek sistemin işlem karakteristikleri bulunamaz. İşlem karakteristikleri yönünden bir araştırma geliş oranlarının birbirine çok yakın olduğu saat aralıkları için yapılabilir. Böylece gelişlerin dağılım fonksiyonu bulunarak, servis süresi dağılım fonksiyonu ile birlikte olasılı işlem karakteristiklerinin bulunmasına gidilebilir.

E K - 1

ÖRNEK BİR SAYAÇ SONUÇU

26/08/74

AVRUPAYA

SAAT

ASYAYA

\* = 100 ARAC.

*****	657	00-01	488	*****
***	385	01-02	273	***
**	212	02-03	173	**
**	176	03-04	111	*
**	168	04-05	70	*
**	249	05-06	132	*
****	406	06-07	228	**
*****	1373	07-08	465	*****
*****	2321	08-09	476	*****
*****	1613	09-10	642	*****
*****	1253	10-11	667	*****
*****	1054	11-12	883	*****
*****	893	12-13	851	*****
*****	899	13-14	877	*****
*****	1037	14-15	919	*****
*****	888	15-16	1054	*****
*****	837	16-17	1156	*****
*****	892	17-18	1370	*****
*****	798	18-19	2182	*****
*****	922	19-20	2208	*****
*****	826	20-21	1492	*****
*****	649	21-22	799	*****
*****	554	22-23	628	*****
*****	592	23-24	482	*****
19654	00-24	18826		

PAZARTESİ

E K - 2

GONON SAATLERINE GÜRE GELİŞ ORANLARININ  
TABLOLANMIŞ DEĞERLEPI

## EK - 2 TABLO - 1

## Yaz-74 Günlere Göre Avrupa'ya Gelis Oranları

Günler t	İ Ş G Ü N L E R İ					İşgünleri		
	P. Tesi	Salı	Çarş.	Pers.	Cuma	Ortalama	C. Tesi	Pazar
00-01	0,0301	0,0272	0,0332	0,0297	0,0329	0,0307	0,0381	0,0378
01-02	0,0181	0,0162	0,0176	0,0170	0,0191	0,0176	0,0256	0,0254
02-03	0,0116	0,0100	0,0111	0,0109	0,0132	0,0114	0,0162	0,0154
03-04	0,0089	0,0078	0,0082	0,0077	0,0086	0,0082	0,0119	0,0121
04-05	0,0088	0,0081	0,0086	0,0084	0,0088	0,0086	0,0109	0,0088
05-06	0,0124	0,0111	0,0121	0,0132	0,0131	0,0124	0,0123	0,0087
06-07	0,0224	0,0189	0,0207	0,0200	0,0208	0,0206	0,0195	0,0132
07-08	0,0691	0,0582	0,0585	0,0562	0,0593	0,0602	0,0346	0,0156
08-09	0,1160	0,1038	0,0993	0,0941	0,0941	0,1013	0,0511	0,0205
09-10	0,0842	0,0787	0,0759	0,0754	0,0722	0,0772	0,0565	0,0229
10-11	0,0663	0,0656	0,0638	0,0635	0,0624	0,0643	0,0576	0,0391
11-12	0,0556	0,0550	0,0533	0,0551	0,0602	0,0559	0,0561	0,0476
12-13	0,0451	0,0455	0,0466	0,0504	0,0465	0,0468	0,0485	0,0451
13-14	0,0424	0,0457	0,0429	0,0441	0,0422	0,0434	0,0441	0,0409
14-15	0,0494	0,0512	0,0496	0,0528	0,0486	0,0503	0,0468	0,0435
15-16	0,0496	0,0511	0,0515	0,0524	0,0519	0,0513	0,0522	0,0490
16-17	0,0456	0,0467	0,0473	0,0481	0,0488	0,0473	0,0502	0,0552
17-18	0,0443	0,0475	0,0478	0,0470	0,0470	0,0467	0,0542	0,0658
18-19	0,0437	0,0482	0,0471	0,0480	0,0469	0,0468	0,0588	0,0797
19-20	0,0437	0,0480	0,0473	0,0460	0,0488	0,0468	0,0626	0,0875
20-21	0,0386	0,0465	0,0452	0,0469	0,0492	0,0453	0,0591	0,0864
21-22	0,0335	0,0381	0,0423	0,0396	0,0397	0,0387	0,0481	0,0644
22-23	0,0287	0,0340	0,0326	0,0350	0,0346	0,0330	0,0339	0,0568
23-24	0,0309	0,0359	0,0362	0,0373	0,0299	0,0340	0,0441	0,0505

## EK - 2 TABLO - 2

## Yaz-74 Günlere Göre Asya'ya Geliş Oranları

Günler t	İ Ş G Ü N L E R İ					İşgünleri		
	P. Tesi	Salı	Çarş.	Pers.	Cuma	Ortalama	C. Tesi	Pazar
00-01	0.0235	0.0266	0.0270	0.0253	0.0283	0.0262	0.0357	0.0369
01-02	0.0146	0.0154	0.0163	0.0179	0.0164	0.0161	0.0208	0.0257
02-03	0.0085	0.0089	0.0091	0.0085	0.0092	0.0088	0.0127	0.0159
03-04	0.0060	0.0069	0.0062	0.0062	0.0063	0.0063	0.0098	0.0101
04-05	0.0039	0.0044	0.0038	0.0038	0.0044	0.0041	0.0055	0.0055
05-06	0.0087	0.0092	0.0090	0.0085	0.0077	0.0086	0.0125	0.0108
06-07	0.0130	0.0144	0.0137	0.0126	0.0133	0.0134	0.0167	0.0158
07-08	0.0223	0.0236	0.0229	0.0221	0.0214	0.0224	0.0269	0.0229
08-09	0.0265	0.0285	0.0284	0.0271	0.0278	0.0277	0.0296	0.0335
09-10	0.0346	0.0386	0.0390	0.0380	0.0370	0.0374	0.0441	0.0500
10-11	0.0432	0.0472	0.0459	0.0446	0.0477	0.0457	0.0580	0.0720
11-12	0.0464	0.0495	0.0473	0.0467	0.0472	0.0474	0.0627	0.0786
12-13	0.0473	0.0489	0.0472	0.0492	0.0470	0.0479	0.0599	0.0658
13-14	0.0470	0.0468	0.0447	0.0454	0.0469	0.0462	0.0599	0.0530
14-15	0.0528	0.0509	0.0505	0.0516	0.0494	0.0510	0.0583	0.0529
15-16	0.0572	0.0546	0.0574	0.0554	0.0563	0.0562	0.0652	0.0528
16-17	0.0465	0.0601	0.0623	0.0608	0.0607	0.0617	0.0623	0.0529
17-18	0.0835	0.0796	0.0838	0.0818	0.0799	0.0817	0.0615	0.0541
18-19	0.1056	0.1038	0.1045	0.1003	0.0771	0.0981	0.0620	0.0541
19-20	0.1077	0.1042	0.1035	0.1006	0.1076	0.1047	0.0642	0.0565
20-21	0.0780	0.0750	0.0727	0.0787	0.0847	0.0779	0.0596	0.0543
21-22	0.0437	0.0426	0.0425	0.0478	0.0530	0.0459	0.0414	0.0421
22-23	0.0325	0.0301	0.0314	0.0336	0.0355	0.0326	0.0367	0.0442
23-24	0.0277	0.0292	0.0297	0.0322	0.0338	0.0305	0.0354	0.0385

## EK - 2 TABLO - 3

## İlkbahar-74 Günlere Göre Avrupa'ya Geliş Oranları

Günler t	İ Ş G Ü N L E R İ					İşgünleri Ortalama	C.Tesi	Pazar
	P.Tesi	Salı	Çarş.	Pers.	Cuma			
00-01	0,0310	0,0223	0,0247	0,0250	0,0240	0,0225	0,0291	0,0357
01-02	0,0166	0,0132	0,0140	0,0159	0,0135	0,0147	0,0191	0,0231
02-03	0,0101	0,0085	0,0091	0,0084	0,0087	0,0090	0,0118	0,0129
03-04	0,0079	0,0065	0,0068	0,0063	0,0064	0,0068	0,0074	0,0083
04-05	0,0073	0,0065	0,0070	0,0064	0,0063	0,0067	0,0072	0,0063
05-06	0,0112	0,0099	0,0105	0,0097	0,0093	0,0101	0,0086	0,0061
06-07	0,0191	0,0176	0,0194	0,0174	0,0175	0,0182	0,0148	0,0083
07-08	0,0737	0,0644	0,0692	0,0633	0,0648	0,0672	0,0367	0,0112
08-09	0,1101	0,1007	0,1065	0,1090	0,1023	0,1059	0,0599	0,0175
09-10	0,0761	0,0723	0,0756	0,0730	0,0723	0,0739	0,0612	0,0252
10-11	0,0607	0,0597	0,0599	0,0587	0,0602	0,0599	0,0613	0,0365
11-12	0,0500	0,0543	0,0543	0,0554	0,0534	0,0534	0,0525	0,0473
12-13	0,0465	0,0487	0,0491	0,0490	0,0475	0,0482	0,0531	0,0544
13-14	0,0460	0,0485	0,0503	0,0492	0,0468	0,0482	0,0517	0,0590
14-15	0,0517	0,0644	0,0543	0,0544	0,0525	0,0552	0,0564	0,0638
15-16	0,0502	0,0512	0,0514	0,0545	0,0549	0,0524	0,0571	0,0669
16-17	0,0495	0,0508	0,0530	0,0535	0,0531	0,0519	0,0578	0,0697
17-18	0,0498	0,0527	0,0535	0,0539	0,0507	0,0522	0,0621	0,0782
18-19	0,0492	0,0525	0,0531	0,0527	0,0512	0,0518	0,0626	0,0675
19-20	0,0467	0,0519	0,0478	0,0490	0,0526	0,0495	0,0652	0,0885
20-21	0,0437	0,0461	0,0416	0,0411	0,0497	0,0442	0,0565	0,0727
21-22	0,0338	0,0353	0,0332	0,0339	0,0403	0,0351	0,0412	0,0464
22-23	0,0228	0,0290	0,0272	0,0286	0,0300	0,0287	0,0333	0,0514
23-24	0,0290	0,0319	0,0273	0,0307	0,0308	0,0299	0,0322	0,0419

## EK - 2 TABLO - 4

## İlkbahar-74 Günlere Göre Asya'ya Gelis Oranları

Günler t	I Ş G O N L E R İ					İşgünleri Ortalama	C.Tesi	Pazar
	P.Tesi	Salı	Çarş.	Pers.	Cuma			
00-01	0,0286	0,0246	0,0238	0,0261	0,0250	0,0257	0,0291	0,0361
01-02	0,0173	0,0147	0,0152	0,0157	0,0155	0,0157	0,0241	0,0284
02-03	0,0092	0,0086	0,0091	0,0086	0,0083	0,0088	0,0140	0,0175
03-04	0,0066	0,0061	0,0071	0,0061	0,0059	0,0064	0,0090	0,0117
04-05	0,0037	0,0051	0,0058	0,0052	0,0052	0,0050	0,0068	0,0082
05-06	0,0062	0,0069	0,0062	0,0060	0,0058	0,0062	0,0079	0,0063
06-07	0,0106	0,0122	0,0096	0,0114	0,0100	0,0108	0,0113	0,0081
07-08	0,0249	0,0225	0,0249	0,0248	0,0222	0,0245	0,0209	0,0150
08-09	0,0370	0,0382	0,0381	0,0371	0,0346	0,0371	0,0307	0,0242
09-10	0,0414	0,0473	0,0463	0,0442	0,0428	0,0444	0,0391	0,0375
10-11	0,0475	0,0527	0,0496	0,0505	0,0473	0,0495	0,0512	0,0570
11-12	0,0487	0,0492	0,0495	0,0489	0,0470	0,0487	0,0572	0,0743
12-13	0,0508	0,0512	0,0491	0,0488	0,0470	0,0494	0,0590	0,0772
13-14	0,0517	0,0529	0,0514	0,0505	0,0482	0,0510	0,0691	0,0742
14-15	0,0563	0,0562	0,0558	0,0564	0,0536	0,0557	0,0768	0,0753
15-16	0,0600	0,0584	0,0586	0,0593	0,0589	0,0590	0,0765	0,0718
16-17	0,0647	0,0625	0,0620	0,0641	0,0642	0,0635	0,0731	0,0635
17-18	0,0755	0,0744	0,0765	0,0753	0,0769	0,0757	0,0678	0,0581
18-19	0,0971	0,0934	0,0953	0,0977	0,0963	0,0960	0,0663	0,0595
19-20	0,0968	0,0935	0,0956	0,0975	0,0959	0,0959	0,0619	0,0515
20-21	0,0691	0,0678	0,0800	0,0661	0,0802	0,0725	0,0520	0,0444
21-22	0,0393	0,0405	0,0384	0,0411	0,0453	0,0408	0,0385	0,0322
22-23	0,0284	0,0277	0,0259	0,0277	0,0316	0,0281	0,0281	0,0348
23-24	0,0274	0,0292	0,0250	0,0296	0,0310	0,0283	0,0284	0,0320



## EK - 2 TABLO - 5

## Sonbahar-74 Günlere Göre Asya'ya Geliş Oranları

Günler t	İSGONLERİ					İşgünleri Ortalama	C.Tesi	Pazar
	P.Tesi	Salı	Çars.	Pers.	Cuma			
00-01	0,0236	0,0223	0,0237	0,0217	0,0232	0,0229	0,0275	0,0379
01-02	0,0147	0,0135	0,0141	0,0121	0,0130	0,0135	0,0173	0,0236
02-03	0,0094	0,0077	0,0085	0,0070	0,0083	0,0081	0,0107	0,0144
03-04	0,0067	0,0064	0,0068	0,0056	0,0063	0,0064	0,0081	0,0109
04-05	0,0052	0,0055	0,0065	0,0050	0,0057	0,0056	0,0068	0,0074
05-06	0,0070	0,0081	0,0087	0,0074	0,0070	0,0077	0,0084	0,0072
06-07	0,0098	0,0119	0,0116	0,0110	0,0098	0,0108	0,0114	0,0092
07-08	0,0141	0,0236	0,0233	0,0213	0,0196	0,0204	0,0192	0,0149
08-09	0,0314	0,0347	0,0326	0,0310	0,0320	0,0324	0,0279	0,0227
09-10	0,0377	0,0421	0,0413	0,0397	0,0393	0,0400	0,0382	0,0360
10-11	0,0431	0,0464	0,0470	0,0476	0,0452	0,0459	0,0506	0,0567
11-12	0,0453	0,0483	0,0485	0,0509	0,0490	0,0484	0,0578	0,0707
12-13	0,0503	0,0488	0,0517	0,0526	0,0498	0,0506	0,0604	0,0715
13-14	0,0513	0,0507	0,0524	0,0528	0,0498	0,0514	0,0666	0,0676
14-15	0,0548	0,0549	0,0600	0,0577	0,0567	0,0568	0,0712	0,0678
15-16	0,0609	0,0617	0,0647	0,0632	0,0653	0,0631	0,0771	0,0697
16-17	0,0675	0,0658	0,0697	0,0687	0,0693	0,0682	0,0733	0,0662
17-18	0,0867	0,0854	0,0809	0,0835	0,0850	0,0843	0,0750	0,0619
18-19	0,1150	0,1086	0,1033	0,1074	0,0976	0,1065	0,0750	0,0661
19-20	0,0987	0,0898	0,0808	0,0884	0,0958	0,0907	0,0603	0,0528
20-21	0,0660	0,0614	0,0595	0,0581	0,0645	0,0619	0,0504	0,0459
21-22	0,0406	0,0395	0,0391	0,0398	0,0395	0,0397	0,0378	0,0382
22-23	0,0308	0,0319	0,0333	0,0359	0,0349	0,0334	0,0328	0,0391
23-24	0,0281	0,0297	0,0308	0,0305	0,0321	0,0302	0,0349	0,0404

## EK - 2 TABLO - 6

## Sonbahar-74 Günlere Göre Avrupa'ya Gelis Oranları

Günler t	I Ş G Ö N L E R İ					İşgünleri Ortalama	C.Tesi	Pazar
	P.Tesi	Salı	Çarş.	Pers.	Cuma			
00-01	0.0289	0.0234	0.0244	0.0223	0.0235	0.0245	0.0278	0.0369
01-02	0.0180	0.0130	0.0146	0.0135	0.0134	0.0145	0.0162	0.0195
02-03	0.0107	0.0083	0.0098	0.0088	0.0090	0.0093	0.0108	0.0124
03-04	0.0086	0.0069	0.0074	0.0068	0.0073	0.0074	0.0073	0.0088
04-05	0.0091	0.0077	0.0084	0.0077	0.0075	0.0081	0.0080	0.0075
05-06	0.0128	0.0111	0.0126	0.0111	0.0114	0.0118	0.0095	0.0085
06-07	0.0193	0.0184	0.0168	0.0164	0.0162	0.0174	0.0156	0.0093
07-08	0.0698	0.0717	0.0622	0.0561	0.0545	0.0630	0.0322	0.0125
08-09	0.1225	0.1048	0.1027	0.0983	0.0972	0.1051	0.0533	0.0173
09-10	0.0824	0.0800	0.0755	0.0695	0.0693	0.0754	0.0571	0.0260
10-11	0.0629	0.0588	0.0579	0.0615	0.0604	0.0606	0.0591	0.0398
11-12	0.0550	0.0524	0.0521	0.0571	0.0549	0.0543	0.0584	0.0493
12-13	0.0463	0.0472	0.0493	0.0518	0.0518	0.0493	0.0552	0.0546
13-14	0.0459	0.0458	0.0484	0.0505	0.0473	0.0476	0.0533	0.0554
14-15	0.0506	0.0516	0.0544	0.0566	0.0558	0.0538	0.0573	0.0637
15-16	0.0489	0.0525	0.0529	0.0566	0.0581	0.0538	0.0614	0.0692
16-17	0.0475	0.0499	0.0517	0.0545	0.0584	0.0523	0.0594	0.0668
17-18	0.0462	0.0515	0.0537	0.0557	0.0551	0.0524	0.0635	0.0747
18-19	0.0463	0.0519	0.0552	0.0550	0.0536	0.0524	0.0650	0.0800
19-20	0.0380	0.0455	0.0465	0.0456	0.0459	0.0443	0.0571	0.0735
20-21	0.0394	0.0459	0.0422	0.0416	0.0435	0.0425	0.0507	0.0642
21-22	0.0317	0.0345	0.0337	0.0357	0.0340	0.0339	0.0401	0.0530
22-23	0.0300	0.0338	0.0316	0.0316	0.0362	0.0326	0.0411	0.0527
23-24	0.0283	0.0321	0.0329	0.0346	0.0343	0.0324	0.0392	0.0431

## EK - 2 TABLO - 7

## Kıs-74 Günlere Göre Asya'ya Gelis Oranları

Günler t	I Ş G Ö N L E R İ					İşginleri Ortalama	C, Tesi	Pazar
	P, Tesi	Salı	Çarş.	Pers.	Cuma			
00-01	0,0248	0,0199	0,0247	0,0245	0,0234	0,0234	0,0295	0,0386
01-02	0,0148	0,0127	0,0157	0,0155	0,0158	0,0149	0,0217	0,0295
02-03	0,0083	0,0076	0,0119	0,0085	0,0083	0,0089	0,0129	0,0172
03-04	0,0061	0,0065	0,0098	0,0072	0,0060	0,0070	0,0096	0,0118
04-05	0,0055	0,0055	0,0082	0,0055	0,0034	0,0061	0,0080	0,0083
05-06	0,0054	0,0056	0,0063	0,0053	0,0052	0,0056	0,0072	0,0063
06-07	0,0101	0,0111	0,0103	0,0097	0,0091	0,0100	0,0108	0,0078
07-08	0,0248	0,0247	0,0251	0,0240	0,0217	0,0240	0,0196	0,0133
08-09	0,0376	0,0370	0,0341	0,0361	0,0327	0,0354	0,0300	0,0231
09-10	0,0431	0,0463	0,0431	0,0450	0,0418	0,0438	0,0430	0,0324
10-11	0,0473	0,0498	0,0475	0,0506	0,0479	0,0486	0,0502	0,0519
11-12	0,0461	0,0510	0,0511	0,0511	0,0480	0,0494	0,0548	0,0677
12-13	0,0494	0,0525	0,0562	0,0508	0,0481	0,0514	0,0568	0,0708
13-14	0,0532	0,0551	0,0554	0,0542	0,0524	0,0540	0,0655	0,0772
14-15	0,0574	0,0627	0,0602	0,0558	0,0581	0,0588	0,0747	0,0818
15-16	0,0623	0,0633	0,0627	0,0625	0,0641	0,0630	0,0770	0,0752
16-17	0,0699	0,0692	0,0683	0,0675	0,0698	0,0690	0,0791	0,0764
17-18	0,0829	0,0809	0,0823	0,0825	0,0786	0,0813	0,0767	0,0678
18-19	0,1032	0,0973	0,0899	0,0908	0,0906	0,0942	0,0710	0,0589
19-20	0,0949	0,0900	0,0975	0,0926	0,0954	0,0906	0,0592	0,0456
20-21	0,0622	0,0589	0,0565	0,0622	0,0721	0,0627	0,0470	0,0389
21-22	0,0361	0,0358	0,0386	0,0383	0,0401	0,0378	0,0339	0,0326
22-23	0,0277	0,0277	0,0300	0,0280	0,0317	0,0291	0,0281	0,0347
23-24	0,0258	0,0275	0,0314	0,0304	0,0324	0,0296	0,0324	0,0309

## EK - 2 TABLO - 8

## Kış-74 Günlere Göre Avrupa'ya Gelis Oranları

Günler t	I Ş G Ü N L E R İ					İşgünleri Ortalama	C. Tesi	Pazar
	P. Tesi	Salı	Çars.	Pers.	Cuma			
00-01	0,0258	0,0196	0,0240	0,0233	0,0215	0,0228	0,0269	0,0342
01-02	0,0150	0,0125	0,0155	0,0141	0,0132	0,0140	0,0180	0,0233
02-03	0,0100	0,0084	0,0117	0,0090	0,0089	0,0096	0,0108	0,0126
03-04	0,0109	0,0065	0,0097	0,0067	0,0081	0,0084	0,0083	0,0081
04-05	0,0085	0,0071	0,0090	0,0072	0,0074	0,0078	0,0073	0,0069
05-06	0,0105	0,0085	0,0104	0,0092	0,0092	0,0095	0,0087	0,0068
06-07	0,0181	0,0172	0,0161	0,0158	0,0154	0,0165	0,0172	0,0085
07-08	0,0767	0,0660	0,0590	0,0480	0,0604	0,0618	0,0347	0,0116
08-09	0,1026	0,1044	0,0916	0,1034	0,0990	0,1036	0,0623	0,0185
09-10	0,0806	0,0730	0,0662	0,0758	0,0703	0,0731	0,0650	0,0263
10-11	0,0642	0,0635	0,0597	0,0631	0,0619	0,0624	0,0633	0,0396
11-12	0,0562	0,0570	0,0568	0,0566	0,0565	0,0566	0,0604	0,0540
12-13	0,0489	0,0511	0,0528	0,0519	0,0505	0,0510	0,0544	0,0593
13-14	0,0511	0,0531	0,0554	0,0549	0,0520	0,0533	0,0561	0,0670
14-15	0,0542	0,0579	0,0572	0,0535	0,0574	0,0561	0,0586	0,0697
15-16	0,0531	0,0579	0,0561	0,0584	0,0579	0,0567	0,0590	0,0734
16-17	0,0540	0,0592	0,0594	0,0594	0,0554	0,0574	0,0602	0,0817
17-18	0,0530	0,0603	0,0592	0,0593	0,0580	0,0580	0,0643	0,0889
18-19	0,0455	0,0530	0,0524	0,0516	0,0528	0,0511	0,0597	0,0751
19-20	0,0271	0,0443	0,0460	0,0444	0,0476	0,0521	0,0543	0,0670
20-21	0,0358	0,0409	0,0386	0,0408	0,0439	0,0401	0,0484	0,0514
21-22	0,0279	0,0201	0,0310	0,0322	0,0309	0,0285	0,0346	0,0432
22-23	0,0263	0,0296	0,0296	0,0292	0,0302	0,0209	0,0314	0,0461
23-24	0,0248	0,0275	0,0313	0,0310	0,0305	0,0291	0,0348	0,0356

EK - 2 TABLO - 9

Yaz-75 Günlere Göre Avrupa'ya Gelis Oranları

Günler t	I Ş G O N L E R İ					İşgünleri Ortalama	C.Tesi	Pazar
	P.Tesi	Salı	Çars.	Pers.	Cuma			
00-01	0,0322	0,0259	0,0276	0,0176	0,0291	0,0275	0,0334	0,0376
01-02	0,0168	0,0079	0,0184	0,0190	0,0179	0,0156	0,0221	0,0270
02-03	0,0108	0,0091	0,0106	0,0108	0,0108	0,0104	0,0141	0,0171
03-04	0,0076	0,0072	0,0069	0,0080	0,0080	0,0075	0,0101	0,0115
04-05	0,0075	0,0069	0,0071	0,0070	0,0074	0,0072	0,0088	0,0083
05-06	0,0112	0,0098	0,0109	0,0103	0,0108	0,0106	0,0115	0,0088
06-07	0,0194	0,0191	0,0204	0,0210	0,0223	0,0204	0,0196	0,0129
07-08	0,0699	0,0636	0,0614	0,0627	0,0526	0,0620	0,0405	0,0167
08-09	0,1056	0,1035	0,1005	0,0957	0,0973	0,1010	0,0538	0,0229
09-10	0,0887	0,0830	0,0797	0,0847	0,0728	0,0816	0,0595	0,0309
10-11	0,0657	0,0661	0,0638	0,0667	0,0637	0,0651	0,0531	0,0414
11-12	0,0567	0,0568	0,0538	0,0583	0,0609	0,0574	0,0579	0,0474
12-13	0,0462	0,0475	0,0460	0,0487	0,0496	0,0476	0,0505	0,0500
13-14	0,0428	0,0457	0,0477	0,0460	0,0473	0,0458	0,0494	0,0491
14-15	0,0499	0,0509	0,0512	0,0525	0,0518	0,0511	0,0507	0,0514
15-16	0,0495	0,0509	0,0505	0,0513	0,0530	0,0511	0,0540	0,0525
16-17	0,0430	0,0467	0,0491	0,0502	0,0492	0,0473	0,0546	0,0581
17-18	0,0496	0,0461	0,0497	0,0466	0,0485	0,0482	0,0548	0,0634
18-19	0,0437	0,0473	0,0497	0,0458	0,0474	0,0467	0,0561	0,0768
19-20	0,0443	0,0501	0,0490	0,0500	0,0497	0,0484	0,0597	0,0840
20-21	0,0426	0,0476	0,0459	0,0451	0,0454	0,0453	0,0596	0,0767
21-22	0,0333	0,0379	0,0343	0,0357	0,0375	0,0358	0,0449	0,0569
22-23	0,0307	0,0334	0,0317	0,0319	0,0318	0,0319	0,0388	0,0504
23-24	0,0310	0,0357	0,0328	0,0333	0,0340	0,0334	0,0411	0,0469

## EK - 2 TABLO - 10

## Yaz-75 Günlere Göre Asya'ya Gelis Oranları

Günler t	İ Ş G Ü N L E R İ					İşgünleri Ortalama	C, Tesi	Pazar
	P, Tesi	Salı	Çars.	Pers.	Cuma			
00-01	0,0260	0,0251	0,0275	0,0271	0,0255	0,0261	0,0316	0,0385
01-02	0,0160	0,0153	0,0158	0,0182	0,0155	0,0159	0,0218	0,0287
02-03	0,0092	0,0088	0,0090	0,0093	0,0084	0,0089	0,0135	0,0188
03-04	0,0060	0,0061	0,0069	0,0068	0,0059	0,0063	0,0130	0,0125
04-05	0,0051	0,0058	0,0058	0,0054	0,0055	0,0055	0,0077	0,0189
05-06	0,0067	0,0067	0,0072	0,0067	0,0059	0,0066	0,0098	0,0092
06-07	0,0114	0,0126	0,0107	0,0116	0,0114	0,0116	0,0155	0,0135
07-08	0,0221	0,0242	0,0218	0,0234	0,0213	0,0225	0,0242	0,0221
08-09	0,0292	0,0287	0,0319	0,0305	0,0275	0,0293	0,0332	0,0313
09-10	0,0360	0,0397	0,0416	0,0400	0,0346	0,0379	0,0428	0,0438
10-11	0,0430	0,0472	0,0455	0,0461	0,0414	0,0444	0,0520	0,0610
11-12	0,0452	0,0495	0,0472	0,0500	0,0439	0,0468	0,0564	0,0698
12-13	0,0518	0,0465	0,0503	0,0470	0,0481	0,0489	0,0581	0,0639
13-14	0,0468	0,0469	0,0459	0,0459	0,0448	0,0461	0,0604	0,0573
14-15	0,0506	0,0534	0,0491	0,0499	0,0504	0,0508	0,0649	0,0547
15-16	0,0551	0,0544	0,0548	0,0536	0,0567	0,0551	0,0634	0,0547
16-17	0,0630	0,0622	0,0620	0,0626	0,0652	0,0631	0,0651	0,0546
17-18	0,0802	0,0787	0,0745	0,0775	0,0821	0,0790	0,0625	0,0548
18-19	0,1005	0,1006	0,0934	0,1022	0,0984	0,0990	0,0651	0,0595
19-20	0,1052	0,1011	0,1001	0,1069	0,1026	0,1029	0,0659	0,0603
20-21	0,0847	0,0796	0,0699	0,0740	0,0829	0,0793	0,0551	0,0520
21-22	0,0455	0,0450	0,0517	0,0450	0,0531	0,0483	0,0427	0,0418
22-23	0,0307	0,0301	0,0388	0,0298	0,0357	0,0331	0,0355	0,0405
23-24	0,0287	0,0305	0,0371	0,0293	0,0322	0,0315	0,0384	0,0365

E K - 3

### MODELİN BİLGİSAYAR SONUÇLARI

Model bilgisayara yönlere göre ayrı ayrı yüklenmiştir. Kullanılan bilgisayar zamanını enazlamak için her iki yön içinde aynı parametreler kullanılmıştır. Ekde, bilgisayar sonuçlarının E.İ.T.İ. Akademisi Reprodüksiyon Laboratuvarında filmle küçültülüp fotokopi ile çoğaltılmış şekli verilmiştir. Sayfa 127-132 arası Avrupa yönüne ilişkin, sayfa 133-138 Asya yönüne ilişkin sonuçlardır.

EXECUTOR. MPSX RELEASE J WOD LEV-1 5

SOLUTION

TIME = 1.33 MINS. ITERATION NUMBER = 283

...NAME...	...ACTIVITY...	DEFINED AS
FUNCTIONAL	1008-00C00	OHJ
RESTRAINTS		RHS1
BOUNDS.....		INTBCU



SECTION 1 - ROWS

NUMBER	...ROW..	AT	...ACTIVITY...	SLACK ACTIVITY	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	..DUAL ACTIVITY
1	OBJ	BS	1008.00000	1008.00000-	NONE	NONE	1.00000
2	R1	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
3	R2	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
4	R3	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
5	R4	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
6	R5	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
7	R6	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
8	R7	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
9	R8	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
10	R9	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
11	R10	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
12	R11	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
13	R12	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
14	R13	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
15	R14	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
16	R15	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
17	R16	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
18	R17	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
19	R18	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
20	R19	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
21	R20	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
22	R21	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
23	R22	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
24	R23	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
25	R24	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
26	R25	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
27	R26	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
28	R27	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
29	R28	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
30	R29	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
31	R30	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
32	R31	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
33	R32	BS	4.00000	2.00000	NONE	6.00000	.
34	R33	BS	6.00000	.	NONE	6.00000	.
35	R34	BS	4.00000	2.00000	NONE	6.00000	.
36	R35	BS	4.00000	2.00000	NONE	6.00000	.
37	R36	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
38	R37	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
39	R38	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
40	R39	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
41	R40	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
42	R41	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
43	R42	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
44	R43	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
45	R44	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
46	R45	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
47	R46	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
48	R47	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
49	R48	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.

NUMBER	...ROW..	AT	...ACTIVITY...	SLACK ACTIVITY	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	..DUAL ACTIVITY
50	R49	BS	941.00000	348.00000-	593.00000	NONE	.
51	R50	BS	416.00000	75.00000-	341.00000	NONE	.
52	R51	BS	416.00000	192.00000-	224.00000	NONE	.
53	R52	BS	416.00000	241.00000-	175.00000	NONE	.
54	R53	BS	416.00000	241.00000-	175.00000	NONE	.
55	R54	BS	416.00000	161.00000-	255.00000	NONE	.
56	R55	BS	941.00000	495.00000-	446.00000	NONE	.
57	R56	BS	1991.00000	410.00000-	1581.00000	NONE	.
58	R57	BS	3041.00000	470.00000-	2571.00000	NONE	.
59	R58	BS	1991.00000	139.00000-	1852.00000	NONE	.
60	R59	BS	1991.00000	513.00000-	1478.00000	NONE	.
61	R60	BS	1466.00000	170.00000-	1296.00000	NONE	.
62	R61	BS	1466.00000	336.00000-	1130.00000	NONE	.
63	R62	BS	1466.00000	345.00000-	1121.00000	NONE	.
64	R63	BS	1466.00000	238.00000-	1228.00000	NONE	.
65	R64	BS	1466.00000	249.00000-	1217.00000	NONE	.
66	R65	BS	1466.00000	289.00000-	1177.00000	NONE	.
67	R66	BS	1466.00000	289.00000-	1177.00000	NONE	.
68	R67	BS	1466.00000	341.00000-	1125.00000	NONE	.
69	R68	BS	1466.00000	436.00000-	1030.00000	NONE	.
70	R69	BS	1466.00000	497.00000-	969.00000	NONE	.
71	R70	BS	941.00000	168.00000-	773.00000	NONE	.
72	R71	BS	941.00000	243.00000-	698.00000	NONE	.
73	R72	BS	941.00000	226.00000-	715.00000	NONE	.

SECTION 2 - COLUMNS

NUMBER	.COLUMN.	AT	...ACTIVITY...	..INPUT COST..	...LOWER LIMIT.	...UPPER LIMIT.	.REDUCED COST.
74	1Y1	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
75	1Y2	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
76	1Y3	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
77	1Y4	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
78	1Y5	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
79	1Y6	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
80	1Y7	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
81	1Y8	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
82	1Y9	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
83	1Y10	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
84	1Y11	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
85	1Y12	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
86	1Y13	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
87	1Y14	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
88	1Y15	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
89	1Y16	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
90	1Y17	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
91	1Y18	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
92	1Y19	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
93	1Y20	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
94	1Y21	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
95	1Y22	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
96	1Y23	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
97	1Y24	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
98	2Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
99	2Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
100	2Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
101	2Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
102	2Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
103	2Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
104	2Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
105	2Y8	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
106	2Y9	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
107	2Y10	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
108	2Y11	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
109	2Y12	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
110	2Y13	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
111	2Y14	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
112	2Y15	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
113	2Y16	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
114	2Y17	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
115	2Y18	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
116	2Y19	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
117	2Y20	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
118	2Y21	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
119	2Y22	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
120	2Y23	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
121	2Y24	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
122	3Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000

NUMBER	.COLUMN.	AT	...ACTIVITY...	..INPUT COST..	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	.REDUCED COST.
123	3Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
124	3Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
125	3Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
126	3Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
127	3Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
128	3Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
129	3Y8	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
130	3Y9	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
131	3Y10	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
132	3Y11	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
133	3Y12	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
134	3Y13	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
135	3Y14	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
136	3Y15	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
137	3Y16	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
138	3Y17	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
139	3Y18	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
140	3Y19	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
141	3Y20	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
142	3Y21	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
143	3Y22	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
144	3Y23	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
145	3Y24	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
146	4Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
147	4Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
148	4Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
149	4Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
150	4Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
151	4Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
152	4Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
153	4Y8	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
154	4Y9	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
155	4Y10	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
156	4Y11	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
157	4Y12	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
158	4Y13	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
159	4Y14	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
160	4Y15	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
161	4Y16	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
162	4Y17	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
163	4Y18	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
164	4Y19	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
165	4Y20	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
166	4Y21	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
167	4Y22	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
168	4Y23	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
169	4Y24	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
170	5Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
171	5Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
172	5Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
173	5Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000

SOLUTION

TIME = 1.42 MINS. ITERATION NUMBER = 278

...NAME...	...ACTIVITY...	DEFINED AS
FUNCTIONAL	992.00000	OBJ
RESTRAINTS		RHS1
BOUNDS....		INTBOU

- 133 -

SECTION 1 - ROWS

NUMBER	...ROW..	AT	...ACTIVITY...	SLACK ACTIVITY	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	..DUAL ACTIVITY
1	OBJ	BS	992.00000	992.00000-	NONE	NONE	1.00000
2	R1	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
3	R2	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
4	R3	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
5	R4	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
6	R5	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
7	R6	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
8	R7	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
9	R8	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
10	R9	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
11	R10	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
12	R11	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
13	R12	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
14	R13	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
15	R14	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
16	R15	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
17	R16	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
18	R17	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
19	R18	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
20	R19	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
21	R20	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
22	R21	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
23	R22	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
24	R23	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
25	R24	EQ	1.00000	.	1.00000	1.00000	16.00000-
26	R25	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
27	R26	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
28	R27	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
29	R28	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
30	R29	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
31	R30	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
32	R31	BS	1.00000	5.00000	NONE	6.00000	.
33	R32	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
34	R33	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
35	R34	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
36	R35	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
37	R36	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
38	R37	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
39	R38	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
40	R39	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
41	R40	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
42	R41	BS	4.00000	2.00000	NONE	6.00000	.
43	R42	BS	4.00000	2.00000	NONE	6.00000	.
44	R43	BS	5.00000	1.00000	NONE	6.00000	.
45	R44	BS	5.00000	1.00000	NONE	6.00000	.
46	R45	BS	4.00000	2.00000	NONE	6.00000	.
47	R46	BS	3.00000	3.00000	NONE	6.00000	.
48	R47	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.
49	R48	BS	2.00000	4.00000	NONE	6.00000	.

- 134 -

NUMBER	...ROW..	AT	...ACTIVITY...	SLACK ACTIVITY	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	..DUAL ACTIVITY
50	R49	BS	941.00000	367.00000-	574.00000	NONE	.
51	R50	BS	416.00000	70.00000-	346.00000	NONE	.
52	R51	BS	416.00000	219.00000-	197.00000	NONE	.
53	R52	BS	416.00000	269.00000-	147.00000	NONE	.
54	R53	BS	416.00000	293.00000-	123.00000	NONE	.
55	R54	BS	416.00000	252.00000-	164.00000	NONE	.
56	R55	BS	416.00000	150.00000-	266.00000	NONE	.
57	R56	BS	941.00000	372.00000-	569.00000	NONE	.
58	R57	BS	941.00000	133.00000-	808.00000	NONE	.
59	R58	BS	1466.00000	478.00000-	988.00000	NONE	.
60	R59	BS	1466.00000	359.00000-	1107.00000	NONE	.
61	R60	BS	1466.00000	347.00000-	1119.00000	NONE	.
62	R61	BS	1466.00000	314.00000-	1152.00000	NONE	.
63	R62	BS	1466.00000	302.00000-	1164.00000	NONE	.
64	R63	BS	1466.00000	191.00000-	1275.00000	NONE	.
65	R64	BS	1466.00000	37.00000-	1379.00000	NONE	.
66	R65	BS	1991.00000	453.00000-	1538.00000	NONE	.
67	R66	BS	1991.00000	57.00000-	1934.00000	NONE	.
68	R67	BS	2516.00000	103.00000-	2413.00000	NONE	.
69	R68	BS	2516.00000	158.00000-	2358.00000	NONE	.
70	R69	BS	1991.00000	220.00000-	1671.00000	NONE	.
71	R70	BS	1466.00000	473.00000-	993.00000	NONE	.
72	R71	BS	941.00000	220.00000-	721.00000	NONE	.
73	R72	BS	941.00000	249.00000-	692.00000	NONE	.

SECTION 2 - COLUMNS

NUMBER	.COLUMN.	AT	...ACTIVITY...	..INPUT COST..	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	..REDUCED COST.
74	1Y1	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
75	1Y2	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
76	1Y3	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
77	1Y4	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
78	1Y5	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
79	1Y6	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
80	1Y7	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
81	1Y8	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
82	1Y9	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
83	1Y10	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
84	1Y11	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
85	1Y12	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
86	1Y13	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
87	1Y14	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
88	1Y15	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
89	1Y16	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
90	1Y17	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
91	1Y18	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
92	1Y19	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
93	1Y20	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
94	1Y21	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
95	1Y22	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
96	1Y23	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
97	1Y24	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	.
98	2Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
99	2Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
100	2Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
101	2Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
102	2Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
103	2Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
104	2Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
105	2Y8	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
106	2Y9	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
107	2Y10	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
108	2Y11	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
109	2Y12	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
110	2Y13	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
111	2Y14	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
112	2Y15	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
113	2Y16	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
114	2Y17	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
115	2Y18	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
116	2Y19	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
117	2Y20	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
118	2Y21	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
119	2Y22	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
120	2Y23	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
121	2Y24	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
122	3Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000

- 136 -



## İMDAT KARA'nın ÖZGEÇMİŞİ:

İmdat Kara, 1945 Şubat'ında Sivrihisar-Günyüzü Nahiyesi Gecek Köyünde doğmuş, aynı köyde ilkokulu bitirmiştir. Takibeden devre, ilkokul Öğretmeninin isteğine uyarak, Yunus Emre İlköğretmen Okuluna gitmiştir. Bu okulun son sınıfına geçtiği yıl, Ankara Yüksek Öğretmen Okuluna seçilmiştir. Burada, bir yıllık lise fen kolu öğreniminden sonra, Ankara Yüksek Öğretmen Okulu Hazırlık Lisesinden mezun olmuştur. Aynı devre ODTÜ Matematik bölümüne kayıt olup (ilkokuldan sonra, Milli Eğitim Bakanlığının parasız yatılı öğrencisi olması nedeniyle ve öğretmen olarak yetiştirilmesi esas alındığından), 30 Haziran 1968'de fakülteyi bitirerek, Eskişehir Maarif Kolejinde Matematik Öğretmeni olarak atanmıştır.

Şubat 1971'de Eskişehir İTİA'da açılan asistanlık sınavına girmiş ve Nisan 1971'de İstatistik-Matematik Kürsüsüne asistan olarak atanmıştır. 1971-1972 öğretim yılında Eskişehir İTİA'da doktora, ODTÜ'de "Yöneylem Araştırması" master programına başlamıştır.

1 Mart 1972 - 1 Mart 1974 arası, ODTÜ master programına kayıtlı olduğu devre, notlarının belirlenen düzeyin üzerinde olması ve açılan burs sınavındaki başarısı nedeniyle TÜBİTAK'dan yüksek lisans bursu almıştır.

Orta Doğu Teknik Üniversitesindeki master programını, hazırladığı "Optimal Product Mix and Distribution Policies for Packaged Bakery Products" başlıklı master tezinin kabulüyle, 14 Nisan 1974 tarihinde tamamlamıştır.

Evli ve iki kızı olan İmdat Kara, halen Eskişehir İTİA Akademisi, İstatistik-Matematik kürsüsünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. 23.2.1976

NUMBER	.COLUMN.	AT	...ACTIVITY...	..INPUT COST..	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	..REDUCED COST.
123	3Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
124	3Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
125	3Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
126	3Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
127	3Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
128	3Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
129	3Y8	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
130	3Y9	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
131	3Y10	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
132	3Y11	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
133	3Y12	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
134	3Y13	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
135	3Y14	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
136	3Y15	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
137	3Y16	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
138	3Y17	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
139	3Y18	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
140	3Y19	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
141	3Y20	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
142	3Y21	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
143	3Y22	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
144	3Y23	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
145	3Y24	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
146	4Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
147	4Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
148	4Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
149	4Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
150	4Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
151	4Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
152	4Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
153	4Y8	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
154	4Y9	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
155	4Y10	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
156	4Y11	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
157	4Y12	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
158	4Y13	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
159	4Y14	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
160	4Y15	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
161	4Y16	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
162	4Y17	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
163	4Y18	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
164	4Y19	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
165	4Y20	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
166	4Y21	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
167	4Y22	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
168	4Y23	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
169	4Y24	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
170	5Y1	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
171	5Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
172	5Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
173	5Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000

NUMBER	COLUMN.	AT	...ACTIVITY...	..INPUT COST..	..LOWER LIMIT.	..UPPER LIMIT.	..REDUCED COST.
174	5Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
175	5Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
176	5Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
177	5Y8	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
178	5Y9	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
179	5Y10	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
180	5Y11	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
181	5Y12	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
182	5Y13	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
183	5Y14	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
184	5Y15	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
185	5Y16	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
186	5Y17	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
187	5Y18	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
188	5Y19	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
189	5Y20	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
190	5Y21	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
191	5Y22	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
192	5Y23	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
193	5Y24	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
194	6Y1	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
195	6Y2	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
196	6Y3	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
197	6Y4	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
198	6Y5	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
199	6Y6	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
200	6Y7	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
201	6Y8	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
202	6Y9	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
203	6Y10	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
204	6Y11	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
205	6Y12	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
206	6Y13	IV	.	16.00000	.	1.00000	16.00000
207	6Y14	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
208	6Y15	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
209	6Y16	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
210	6Y17	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
211	6Y18	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
212	6Y19	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
213	6Y20	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
214	6Y21	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
215	6Y22	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
216	6Y23	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000
217	6Y24	IV	1.00000	16.00000	.	1.00000	16.00000

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ACKOFF, R.L. : "Science in the Systems Age: Beyond IE, OR and IS", Operations Research, Vol.21, No.3, May - June 1973.
- ACKOFF, R.L. / SASIENI, M.W. : Fundamentals of Operations Research, John Wiley and sons, Inc., New York, 1968.
- AKALIN, S. : "Bekleme Kuramına İlişkin Bir Uygulama" I.Ü.İs.Fak.Der., Cilt 2, Sayı 2, Kasım - 1973.
- ASHTON, W.D. : The Theory of Road Traffic Flow, Methuen and Co.,Ltd., London, 1966.
- BARNETT, A. / KLEITMAN D.J. : "Optimal Scheduling Policies for Some Simple Transportation Systems", Transportation Science, Vol.7, No.1, February - 1973.
- BHAT, U.N. : "Sixty Years of Queueing Theory", Man.Sci., Vol.15, No.6, February - 1969.
- BHATIA, B. / GARG, A. : "Basic Structure of Queueing Problems", Jour.Ind.Eng., Vol.14, No.1, 1963.
- BROCKMEYER, E. / HALSTROM, H.L. / JENSEN, A. : "The Life and Works of A.K.Erlang", Trans.Dan.Acad.Tech.Sci., No.2, 1948.

- BROWN, R.G. : Smoothing Forecasting and Prediction of Discrete Time Series, Prentice-Hall Inc., London, 1963.
- BRYNE, J.L. /  
POTTS, R.B. : "Scheduling of Toll Collectors", Transportation Science, Vol.7, No.3, August - 1973.
- BUFFA, E.S. : Operations Management, John Wiley and sons., Inc., New York, 1963.
- CHOU, Y.L. : Probability and Statistics for Decision Making, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1972.
- CHURMAN, W. /  
ACKOFF, R.L. /  
ARNOFF, E.L. : Introduction to Operations Research, John Wiley and sons., Inc., New York, 1957.
- COX, D.R. /  
SMITH, W.L. : Queues, Chapman and Hall, London, 1971.
- COMLEKÇI, N. : İstatistik (2.baskı), Kalite Matbaası, Ankara, 1975.
- DOĞRUSUZ, N. : Sequential Queueing Models: Optimizing Service Systems by Varying the Service Capacity, ONR Project - MONR - 1141 (08), Case Institute of Technology, 1961.

- EDIE, L.C. : "Traffic Delays at Toll Booths",  
Journal of the Operations Research  
Soc. of American, Vol.2, No.2, May - 1954.
- FABRYCKY, W.J. /  
GHARE, P.M. /  
TORGERSEN, P.E. : Industrial Operations Research, Prentice-Hall,  
Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972.
- FRANK, H.A. : Mathematical Theories of Traffic Flow,  
Academic Press, London, 1963.
- GOLCOP, F.K. : İşletmelerde Faaliyet Araştırmaları,  
Berksoy Mat., İstanbul, 1966.
- GOPTAN, K. : İstatistik ve Araştırma Metodları, Sermet  
Matbaası, İstanbul, 1971.
- KILLER, F.S. : "Economic Models For Industrial Waiting  
Line Problems", Management Science, Vol.10,  
No.1, October - 1963.
- KARA, İ. : "Stokastik Sıralar", Prof. Dr. Haydar  
Furgac'a Armağan, Sermet Matbaası, İstanbul,  
1974.
- KAUFMANN, A. : Methods and Models of Operations Research,  
Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs,  
N.J., 1963.
- KENDALL, D.G. : "Some Problems in the Theory of Queues",  
J. Roy. Statist. Soc., Ser. B., Vol.13, No.2,  
1951.

- KOSTEN, L. : Stochastic Theory of Service Systems, Pergamon Press, Oxford, 1973.
- MASSEY, F.J. : "The Kolmogorov-Smirnov Test For Goodness of Fit", American Statistical Assoc. Jour., Vol. 46.
- McMILLAN, C. /  
GONZALES, R.F. : Systems Analysis, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1965.
- MILLER, D.W. /  
STARR, M.K. : Executive Decisions and Operations Research, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, N.J., 1960.
- MORSE, P.M. : Queues Inventories and Maintenance, John Wiley and sons., Inc., New York, 1958.
- NEWELL, G.F. : Applications of Queueing Theory, Chapman and Hall Ltd., London, 1971.
- PLANE, D.R. /  
KOCHENBERGER, C.A. : Operations Research for Managerial Decisions, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1972.
- SAATÇIOĞLU, Ü. : "İflasım Sistemlerinin Planlaması ve Yöney-  
Tem Araştırması", Y.A.İ. Ulusal Kongresi,  
Boğaziçi Üniversitesi, 13-14 Şubat - 1974.
- SAATY, T.L. : Elements of Queueing Theory, McGraw-Hill  
Book Com., New York, 1961.

- SAATY, T.L. : Mathematical Methods of Operations Research,  
McGraw-Hill Book Com., New York, 1959.
- SABETI, H. : "Optimal Selection of Service Rates in  
Queueing with Different Costs",  
J. Operations Research Soc. of Japan, Vol.16,  
No.1, March - 1973.
- SASIENI, M. /  
YASPAN, A. /  
FRIEDMAN, L. : Operations Research, Toppan Company Ltd.,  
Tokyo - 1953.
- SHUCMAN, A. : Scientific Decision Making in Business  
(Editor), Holt, Rinehart and Winston, Inc.,  
New York, 1962.
- SIEGEL, S. : Nonparametric Statistics For the Behavioral  
Sciences, McGraw-Hill Book Com., New York,  
1956.
- SIEMENS, N. /  
MARTING, C.H. /  
GREENWOOD, F. : Operations Research, The Free Press,  
New York, 1973.
- SAHIN, I. : Queues and Related Stochastic Systems:  
A Unified Equilibrium Theory, Numerical  
Analysis and Approximation (1972),  
Monograph, Submitted for Publication.



- SENKAL, E. : "Bekleme Hattı Probleminin Temel Yapısı ve Tek Kanallı Servis Sistemlerinin Matematik Analizi", I.Ü.İ.S.F. Der., Cilt 1, Sayı 1, Nisan - 1972.
- TEMBE, S.W. /  
WOLF, R.W. : "The Optimal Order of Service in Tandem Queues", Operations Research, Vol.22, 1974.
- UZGÖREN, N. : İstatistik Analizi (Teksir), I.Ü.İktisat Fakültesi İstatistik Enstitüsü, 1973.
- VAN VOORHIS, W.R. : "Waiting Line Theory As A Management Tool" Operations Research, Vol.4, No.2, April - 1956.
- Von REPTALANFFY, F. : General System Theory, George Braziller, New York, 1968.
- WAGNER, H.M. : Principles of Operations Research, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969.