

METRO İSTASYONLARINDA YOLCU SİRKÜLASYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR UZMAN SİSTEM ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar A. Gülay PEKTAŞ

66594

TOĞRET
OKULU İSTASYON MFC

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Ocak 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Şubat 1997

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gülen Çağdaş

Gülen Çağdaş

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Vedia Dökmeci

Vedia Dökmeci

Prof. Dr. Nur Esin Altaş

Nur Esin Altaş

ŞUBAT 1997

ÖNSÖZ

Son yıllarda ülkemizde ulaşım sorununa çözüm getirmek amacıyla büyük kentlerde uygulanmaya başlanan metro sisteminin ülkemiz koşullarında tasarımına yardımcı olabilecek verilerin oluşturulması amacıyla, tez kapsamında metro istasyonlarının sirkülasyon sisteminin değerlendirilmesine yönelik bir model geliştirilmiştir.

Bu tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri ilgi ve destekleri için danışmanım sayın Doç. Dr. Gülen Çağdaş'a, İ.T.Ü. Araştırma Fonu yüksek lisans tezleri destekleme programı çerçevesinde sağladıkları destek nedeniyle Fen Bilimleri Enstitüsü'ne ve Araştırma Fonu'na, yapılan saha çalışmasında gösterdikleri ilgi ve kolaylıklar için İstanbul Ulaşım Sanayii ve Ticaret A.Ş. yetkililerine ve Aksaray Hafif Metro İstasyonu görevlilerine, İstanbul Hafif Metro Sistemi ile ilgili verilerin sağlanmasına yardımcı olan sayın İşletme Müdürü İnş. Müh. Şadan Özkaya'ya ve sayın Harun Moğolkoç'a, bilgisayar programına katkılarından dolayı İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Bilgi İşlem Merkezi Sorumlusu İnş. Müh. Atilla Aydoğdu'ya, saha çalışmalarındaki yardımları ve bu tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri destekleri için arkadaşlarım, Y.Mimar Eda Velibaşoğlu'na, Y.Mimar Çiler Kırşan'a, Mimar Sezer Bahtiyar'a, Mimar Candan Ilgın'a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

A. Gülay Pektaş
Şubat 1997

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. BİNALARDA YAYA SİRKÜLASYONU VE YAYA HAREKETİNİN ÖZELLİKLERİ.....	4
2.1. Yaya Hareketleri	4
2.1.1. Statik Yaya Hareketleri.....	4
2.1.1.1. Birikmeler.....	4
2.1.1.2. Beklemeler.....	6
2.1.2. Dinamik Yaya Hareketleri.....	6
2.1.2.1. Yatay Sirkülasyon Elemanlarındaki Hareket.....	8
2.1.2.1.1. Paralel Akım.....	8
2.1.2.1.2. Paralel Olmayan Akım.....	9
2.1.2.2. Düşey Sirkülasyon Elemanlarındaki Hareket.....	10
2.1.2.2.1. Merdivenler.....	10
2.1.2.2.1.1. Normal Merdivenler.....	10
2.1.2.2.1.2. Mekanik Merdivenler	13
2.1.2.2.2. Rampalar.....	14
2.1.2.2.3. Asansörler	15
2.1.2.3. Kapılardaki Hareket.....	15
2.2. Yaya Akımının Özellikleri.....	17
2.2.1. Yürüme Hızı.....	17
2.2.2. Akım Yoğunluğu.....	19
2.2.3. Akım Oranı.....	20
BÖLÜM 3. KAPALI METRO İSTASYONLARI VE İSTASYONLARDAKİ YAYA HAREKETLERİ	22
3.1. Raylı Sistem Türleri.....	22
3.1.1. Tramvay.....	23
3.1.2. Hafif Metro (LRT).....	23
3.1.3. Metro (RRT).....	24
3.2. Kapalı Metro İstasyonlarının Gelişimi.....	25
3.3. Kapalı Metro İstasyonlarını Oluşturan Mekanlar ve Analizleri.....	26
3.3.1. Metro İstasyonlarına Giriş Mekanları.....	28
3.3.2. İstasyon Lobisi.....	28

3.3.3. Peronlar.....	29
3.3.4. Yaya Alt Geçit ve Tünelleri.....	31
3.4 Kapalı Metro İstasyonlarında Yaya Sirkülasyonu.....	31
3.4.1. Kapalı Metro İstasyonlarında Yaya Sirkülasyonunun Özellikleri.....	32
3.4.2. Yatay Sirkülasyon Araçları.....	32
3.4.2.1. Peronlar.....	32
3.4.2.2. Geçitler ve Tüneller.....	33
3.4.3. Düşey Sirkülasyon Araçları.....	33
3.4.3.1. Merdivenler.....	33
3.4.3.1.1. Normal Merdivenler.....	33
3.4.3.1.2. Mekanik Merdivenler.....	34
3.4.3.2. Rampalar.....	35
3.4.3.3. Asansörler.....	35
3.4.4. Bilet Turnikeleri ve Geçişler.....	36

BÖLÜM 4. MİMARİ TASARIMDA DEĞERLENDİRME AMAÇLI UZMAN SİSTEMLER..... 37

4.1. Yapay Zeka ve Uzman Sistemler	37
4.1.1. Uzman Sistem Bileşenleri.....	39
4.1.2. Uzman Sistem Türleri.....	41
4.1.2.1. Kural Tabanlı Uzman Sistemler.....	41
4.1.2.2. Çerçeve Tabanlı Uzman Sistemler.....	42
4.1.2.3. Prototip Tabanlı Uzman Sistemler.....	43
4.1.3. Uzman Sistemlerde Bilginin Temsili.....	45
4.1.3.1. Nesne-Yönelimli Yaklaşımlar.....	45
4.1.3.1.1. İşlev.....	46
4.1.3.1.2. Davranış.....	47
4.1.3.1.3. Strüktür.....	47
4.1.3.2. Eylem Yönelimli Yaklaşımlar.....	48
4.1.4. Uzman Sistemlerde Bilginin Yorumlanması ve Us Yürütme.....	48
4.1.4.1. Tümdengelim ve Tümevarım Yaklaşımları.....	49
4.1.4.2. İleriye Doğru ve Geriye Doğru Zincirleme Çıkarsamaları.....	50
4.2. Mimari Tasarımların Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistemler.....	53
4.2.1. Değerlendirme Kriterlerinin Özellikleri.....	55
4.2.2. Geleneksel ve İki Yönlü Değerlendirme Yaklaşımları.....	56
4.3. Yaya Sirkülasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistemler	57
4.3.1. Yaya Sirkülasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistem Yaklaşımları.....	58
4.3.2. Yaya Sirkülasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistem Adımları.....	60
4.3.2.1. Tanımlama.....	60
4.3.2.2. Analiz.....	63
4.3.2.3. Değerlendirme.....	65
4.4. Kapalı Metro İstasyonlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistemler.....	66
4.4.1. CAD-Ağ Analiz Yaklaşımı: PEDLS.....	67
4.4.1.1. Bina Tasarım Performansını Değerlendirme ve Tahmin Etme.....	67
4.4.1.2. Alan Çalışması.....	73

4.4.2. Yaya Akımı İle İlgili Verilerin Toplanması ve Analizi: PEDROUTE Benzetim Modeli.....	78
BÖLÜM 5. ALAN ÇALIŞMASI - AKSARAY HAFİF METRO İSTASYONU GÖZLEM VE ANALİZLERİ	83
5.1. İstanbul'da Raylı Sistemlerin ve Metronun Gelişimi.....	83
5.1.1. Çağdaş Tramvay.....	85
5.1.2. Hafif Metro.....	87
5.1.3. Metro.....	91
5.2. Alan Çalışması- Aksaray Hafif Metro İstasyonu.....	92
5.2.1. Aksaray Hafif Metro İstasyonu'nun Mimari Özellikleri.....	93
5.2.1.1. Giriş Mekanı.....	93
5.2.1.2. Düşey Sirkülasyon Elemanları.....	96
5.2.1.3. Peron.....	97
5.2.2. Aksaray Hafif Metro İstasyonu'ndaki Yolcu Hareketleri Analizi.....	98
5.2.2.1. Giden Yolcu Hareketlerinin Analizi.....	99
5.2.2.1.1. Bilet Turnikelerinden Geçiş.....	99
5.2.2.1.2. Düşey Sirkülasyon Elemanlarını Kullanma.....	102
5.2.2.1.3. İstasyondaki Diğer Analizler.....	104
5.2.2.2. Gelen Yolcu Hareketlerinin Analizi.....	105
5.2.2.2.1. Çıkış Turnikelerinden Geçiş.....	106
5.2.2.2.2. Düşey Sirkülasyon Elemanlarını Kullanma.....	107
5.2.2.2.3. İstasyondaki Diğer Analizler.....	109
BÖLÜM 6. KAPALI METRO İSTASYONLARINDA YAYA HAREKETLERİNİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILABİLECEK BİR UZMAN SİSTEM ÖNERİSİ.....	111
6.1. Modelin Genel Özellikleri.....	111
6.2. Modelin Geliştirilmesi.....	113
6.2.1. Tanımlama.....	114
6.2.1.1. Pasif Tanımlama.....	114
6.2.1.2. Aktif Tanımlama.....	115
6.2.2. Tahmin Modeli.....	126
6.2.3. Değerlendirme.....	132
6.3. Modelin Uygulanması.....	134
6.4. Uygulama Sonuçlarının Yorumlanması	142
6.5. Modelin Kullanım Alanları ve Öneriler	148
BÖLÜM 7. SONUÇ.....	150
KAYNAKLAR.....	152
EKLER.....	156
ÖZGEÇMİŞ.....	179

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kuyruk uzunluğu ve kesişim	6
Şekil 2.2.	İnsan boyutları	7
Şekil 2.3.a.	Yayalar arasında dokunma olması	7
Şekil 2.3.b.	Yayalar arasında dokunma olmaması	7
Şekil 2.4.a.	Yatay sirkülasyon elemanlarındaki hareket	8
Şekil 2.4.b.	Düşey sirkülasyon elemanlarındaki hareket	8
Şekil 2.4.c.	Kapılardaki hareket	8
Şekil 2.5.	Koridor etkin genişliğine bağlı olarak yaya akımı	9
Şekil 2.6.	Merdiven etkin genişliği	10
Şekil 2.7.	Merdiven genişliğine göre insan dağılımları	12
Şekil 2.8.	Kapılardaki yaya hareketi	15
Şekil 2.9.	Akım-Hız ilişkisi	18
Şekil 2.10.	Akım yoğunluğu-Ortalama yürüme hızı arasındaki ilişki	19
Şekil 2.11.	Akım oranı ve akım yoğunluğu arasındaki ilişki	21
Şekil 3.1.	Metro istasyonlarının zemin kotuna göre sınıflandırılması	26
Şekil 3.2.	Yeraltı istasyonları tip en kesitleri	27
Şekil 3.3.	Tek yönlü (bağımsız enkesitli) enkesitli istasyonlarda peron tipleri	30
Şekil 3.4.	Çift yönlü (bileşik enkesitli) enkesitli istasyonlarda peron tipleri	30
Şekil 3.5.	İki seviyeli peron tipi	30
Şekil 4.1.	Yapay Zeka Elemanları	38
Şekil 4.2.	Uzman sistemler ile geleneksel programlar arasındaki farklılıklar	39
Şekil 4.3.	Uzman sistem bileşenleri	40

Şekil 4.4.	Uzman sistemin tipik bilgi edinme süreci	40
Şekil 4.5.	Kural tabanlı programlar ile geleneksel programlar arasındaki farklar	42
Şekil 4.6.	Çerçeve tabanlı sistemler	43
Şekil 4.7.	Prototip tabanlı uzman sistem yapısı	44
Şekil 4.8.	Nesne-yönelimli programlama	45
Şekil 4.9.	İşleve dayalı bilgi temsili	47
Şekil 4.10.	Davranışa dayalı bilgi temsili	47
Şekil 4.11.	Strüktüre dayalı bilgi temsili	48
Şekil 4.12.	Uzman sistemlerde tümdengelim yaklaşımların hiyerarşisi	50
Şekil 4.13.	Uzman sistemlerde tümevarım yaklaşımların hiyerarşisi	50
Şekil 4.14.	İleriye doğru zincirleme sistemi	51
Şekil 4.15.	İleriye doğru zincirleme çıkarsaması	52
Şekil 4.16.	Geriye doğru zincirleme sistemi	52
Şekil 4.17.	Geriye doğru zincirleme çıkarsaması	53
Şekil 4.18.	Geleneksel benzetim yaklaşımları	56
Şekil 4.19.	İki yönlü sonuç çıkarma sistemi için ilk prototip bileşenleri	57
Şekil 4.20a.	Büro binası kat planı	61
Şekil 4.20b.	Sirkülasyon şeması	61
Şekil 4.21.	Açık, kapalı ve karma ağ modelleri	62
Şekil 4.22.	Çeşitli kat planları	62
Şekil 4.23.	Çıkış grafikleri	62
Şekil 4.24.	Kapalı ağ grafikleri	62
Şekil 4.25a.	Statik ağ modeli	63
Şekil 4.25b.	Dinamik ağ modeli	63
Şekil 4.26.	Yoğunluk/yürüme hızı ilişkisi	66
Şekil 4.27.	PEDLS Modelinin bileşenleri	69

Şekil 4.28.	Çevre birimler	71
Şekil 4.29.	Servis Düzeyi Analizi Metodolojisi	72
Şekil 4.30.	Yolcu hacmi ve servis düzeyi: mevcut plan	74
Şekil 4.31.	Yaya hacmi ve servis düzeyi: başlangıç planı	75
Şekil 4.32.	Yolcu hacmi ve servis düzeyi: düzenlenmiş plan	76
Şekil 4.33.	Green Park İstasyonu'nda 2001 yılında, sabah doruk saatlerde oluşacak minimum Servis Düzeyleri	80
Şekil 4.34.	Green Park İstasyonu'nda Servis Düzeyleri'ne göre yolcu dağılımları	84
Şekil 5.1.	İstanbul'daki raylı sistem güzergahları	86
Şekil 5.2.	Hafif metro sisteminde günlük taşınan ortalama yolcu sayıları	89
Şekil 5.3.	Geçiş turnikelerinin boyutları (cm)	90
Şekil 5.4.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu planları	94
Şekil 5.5.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu giriş katı	95
Şekil 5.6.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu düşey sirkülasyon elemanları	96
Şekil 5.7.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu, Yenikapı yönündeki normal merdiven boyutları (cm)	96
Şekil 5.8.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu, yürüyen merdiven boyutları (cm)	97
Şekil 5.9.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu peron katı	97
Şekil 5.10.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu, oturma elemanlarının boyutları (cm)	98
Şekil 5.11.	Magnetik kart turnikelerinden geçiş süreleri	100
Şekil 5.12.	Magnetik kart turnikelerinden geçiş sürelerine göre yolcu sayıları	100
Şekil 5.13.	Akbil turnikelerinden geçiş süreleri	101
Şekil 5.14.	Akbil turnikelerinden geçiş sürelerine göre yolcu sayıları	101
Şekil 5.15.	Giden yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçları	102
Şekil 5.16.	Giden yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçlarına göre % dağılımları (4,5 dak.)	102

Şekil 5.17.	Giden yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçlarına göre % dağılımları (30 dak.)	102
Şekil 5.18.	Yolcuların normal merdivenden iniş süreleri	103
Şekil 5.19.	Normal merdivenlerden iniş sürelerine göre yolcu sayıları	103
Şekil 5.20.	Mekanik merdiveni kullanan yolcuların çıkış kapısına ulaşım süreleri	105
Şekil 5.21.	Normal merdiveni kullanan yolcuların çıkış kapısına ulaşım süreleri	105
Şekil 5.22.	Çıkış turnikelerinden geçiş süreleri	106
Şekil 5.23.	Çıkış turnikelerinden geçiş sürelerine göre yolcu sayıları	106
Şekil 5.24.	Çıkış turnikelerinin konumları	107
Şekil 5.25.	Bir dakikalık süre içinde çıkış turnikelerinden geçen yolcu sayıları	107
Şekil 5.26.	Gelen yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçları	108
Şekil 5.27.	Gelen yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçlarına göre % dağılımları	108
Şekil 5.28.	Yolcuların merdiveni çıkma süreleri	108
Şekil 5.29.	Normal merdivenlerden çıkış sürelerine göre yolcu sayıları	109
Şekil 5.30.	Vagondan çıkan ilk ve son yolcuların istasyonu boşaltma süreleri	109
Şekil 6.1.	KOMZEM alt programına ilişkin akış şeması	116
Şekil 6.2.	KAPZEM alt programına ilişkin akış şeması	117
Şekil 6.3.	ILISZEM alt programına ilişkin akış şeması	121
Şekil 6.4.	BAGZEM alt programına ilişkin akış şeması	125
Şekil 6.5.	AKIMZEM alt programına ilişkin akış şeması	129
Şekil 6.6.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu genel boşaltım ağı	135
Şekil 6.7.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat kod matrisi	135
Şekil 6.8.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu peron katı kod matrisi	137
Şekil 6.9.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu'na ait zemin kat kapasite matrisi	136
Şekil 6.10.	Zemin kat için oluşturulan statik ağ akım modeli	138

Şekil 6.11.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu'na ait zemin kat ilişki matrisi	138
Şekil 6.12a.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı x yönünde bağ geçiş kapasite matrisi	139
Şekil 6.12b.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı y yönünde bağ geçiş kapasite matrisi	139
Şekil 6.13a.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı x yönünde bağ geçiş süre matrisi	139
Şekil 6.13b.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı y yönünde bağ geçiş süre matrisi	139
Şekil 6.14.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat dinamik ağ modeli	140
Şekil 6.15.	Yürüme yollarında servis düzeyi tanımlamaları	142
Şekil 6.16.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu peron kat sirkülasyon hücrelerindeki akım yoğunluğu	143
Şekil 6.17.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat sirkülasyon hücrelerindeki akım yoğunluğu	144
Şekil 6.18.	Esenler hattından istasyona gelen yolcuların istasyonda oluşturdukları Servis Düzeyleri	145
Şekil 6.19.	Yenibosna hattından istasyona gelen yolcuların istasyonda oluşturdukları Servis Düzeyleri	146
Şekil 6.20.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu normal merdivenlerdeki akım yoğunluğu	147

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1.	Koridor genişliğini etkin genişliğe indirgeyen faktörler	8
Tablo 2.2.	Minimum koridor genişlikleri	9
Tablo 2.3.	Çeşitli giriş tiplerindeki çıkış kapasiteleri	16
Tablo 2.4.	Kullanıcı özellikleri ve akım yoğunluğuna göre ortalama yürüme hızları	18
Tablo 2.5.	Fruin'in servis düzeyi tanımlamaları	20
Tablo 3.1.	Raylı sistemlerin sınıflandırılması	23
Tablo 3.2.	Peron tiplerine göre minimum peron genişlikleri	31
Tablo 3.3.	Mekanik merdiven basamak genişliğine göre yolcu kapasitesi kabulleri	34
Tablo 3.4.	Asansör boyutlarına göre yolcu kapasitesi kabulleri	36
Tablo 4.1.	Olgu ve bilgi tabanında nesneler ve ilişkileri	41
Tablo 4.2.	Koridor genişliğine bağlı olarak koridorun boşaltım zamanı	66
Tablo 5.1.	İstanbul Hafif Metro istasyon özellikleri	88
Tablo 5.2.	İstasyonlara göre günlük ortalama yolcu sayıları	93
Tablo 5.3.	Giden yolcuların sirkülasyon süresi (giriş turnikeleri-vagon kapıları)	104
Tablo 6.1.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat plan matrisi	135
Tablo 6.2.	Aksaray Hafif Metro İstasyonu peron katı plan matrisi	135

ÖZET

Büyük kentlerdeki ulaşım sorununa çözüm olması beklenen metro sistemlerinden istenilen performansların elde edilebilmesi, istasyonların fonksiyonel olarak doğru ve verimli bir şekilde işleyebilmesi için istasyonlardaki yaya örüntülerinin analizi yapılarak kullanıcıya ve işletmeye uygun tasarımların yapılması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada, mevcut metro istasyonlarının sirkülasyon sistemi değerlendirecek bir uzman sistem geliştirilerek yeni yapılacak projeler için tasarıma veri oluşturabilecek bilgilerin derlenmesi amaçlanmıştır.

Tezin ilk bölümü, metro istasyonlarında sirkülasyon sisteminin değerlendirilmesinin nedenleri, bu bağlamda değerlendirme amaçlı uzman sistemler ve tez kapsamında oluşturulan bilgisayar modelinin kısaca tanıtıldığı giriş bölümüdür.

İkinci bölümde, yaya hareketlerinin genel özellikleri incelenerek, binalardaki yatay ve düşey sirkülasyon elemanlarına göre farklılaşan yaya hareketleri özellikleri analiz edilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde, kentsel raylı sistem türleri anlatılmış ve kapalı metro istasyonlarını oluşturan mekanların analizleri ve bu mekanlarda oluşan yaya sirkülasyonun özellikleri irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde tez kapsamında oluşturulan bilgisayar modeline temel olan değerlendirme amaçlı uzman sistemler, özellikleri, çeşitli uzman sistem yaklaşımları ve sistem adımları incelenerek literatürdeki örnekler ile tanıtılmıştır.

Beşinci bölümde ise, genel olarak İstanbul'da uygulanan kentsel raylı sistem türlerinden bahsedilerek yapılan alan çalışması ile ilgili analiz ve tespitler hakkında bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde, tez kapsamında geliştirilen metro istasyonlarının sirkülasyon sisteminin değerlendirmesi amaçlı uzman sistem önerisinin özellikleri, sınırları ve kullanım alanları belirtilmiştir. Modelin bilgi tabanı, kural tabanı ve çıkarsama mekanizmasının özellikleri anlatılarak; tanımlama, tahmin ve değerlendirme aşamalarında modelden elde edilen sonuçlar ortaya konmuştur. Alan çalışmasında elde edilen verilerin geliştirilen modele uygulanarak, modelin sonuçları değerlendirilmiştir.

Tezin yedinci bölümü, yapılan çalışma ile ilgili yorumlar, ulaşılan noktalar, sağlayacağı katkılar ve gelecek çalışmalarda modelin nasıl geliştirilebileceğinin sunulduğu sonuç bölümüdür.

AN EXPERT SYSTEM PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF PEDESTRIAN CIRCULATION AT UNDERGROUND STATIONS

SUMMARY

As one of the mass transportation systems railways have greater transport capacity in respect to other transportation types. Underground stations being a type of urban railway system provide a fast, safe and comfortable transportation and is expected to decrease the transportation problem. Designs appropriate for the users and administrations should be made based on the analysis of pedestrian patterns at the stations, in order for the station to be effective and functional. The scope of this study is to collect the data necessary for the new projects based on the evaluation of the circulation system in the existing underground stations.

In the first chapter of the thesis, expert systems for evacuation and the computer model developed is explained in the context of the reasons for evaluation of the circulation systems of the underground stations. In Turkey, in order to solve the transportation problem, underground system has lately been put to practice and the data appropriate for the Turkey conditions has not been yet formed. In the context of this thesis, an evaluation model has been developed which would determine the bottlenecks and predict the evacuation time in the building, based on the analysis of pedestrian circulation at the underground station. Expert systems used for evaluation judge the design alternatives before construction according to performance criteria.

In the second chapter the general characteristics of the pedestrian movements have been examined and pedestrian movement characteristics differentiated according to the horizontal-vertical circulation components have been analyzed. Pedestrian movements can be analyzed into two groups: static pedestrian movements and dynamic pedestrian movements. Static pedestrian groups include reservoirs and waiting groups, while dynamic movements can be analyzed as movements at horizontal and vertical circulation elements and at doors. The vertical circulation elements are stairs, ramps and elevators. The pedestrian flow characteristics can be analyzed into, walking speed, flow density and flow rates.

The railway system, types the spaces of the underground stations and the pedestrian circulation characteristics at the spaces are explained in the chapter three.

The subway stations are classified into two groups according to the ground level: underground stations and upper-ground stations. Upper-ground stations can be of same level or raised level stations while underground stations can be grouped into two types according to the number of platforms as single level and multi level.

The underground stations are basically composed of the following elements:

- Entrance space of the station,

- Concourse,
- Vertical and horizontal circulation elements,
- Platform.

Entrance spaces are spaces where the travel activity begins and ends. Concourses, are the free regions where the passages to the area which is not free of charge are controlled. Since this region is also used for egress it should have sufficient area. Turnstile array are organized between the entrance and vertical circulation. Ticket windows should be out of circulation network and on the right side, in order to prevent the intersection of passengers arriving and departing passengers.

Platforms are spaces where passenger use while boarding getting off the railway cars. Platforms can be single level and multi level. Single level platform stations can be of two types: single platform and double platform stations. Double platform stations, are composed of side, middle, and one middle-two side, platform station.

Passenger passageways are elements which begin at the end of vertical circulation and ends at ticket holes or platforms. Passenger circulation properties vary according to the circulation elements used. In underground stations, horizontal circulation types are; platforms, passageways, vertical circulation types are; stairways, ramps and elevators.

The preferred pedestrian density at the platforms is 1.5 person/m^2 . The area of the platform is calculated based on the assumption that 0.37 m^2 per person should be satisfied. In two-way flow, the walking speed is accepted as 1.5 m/s . at densities of 0.3 person/m^2 . As the density increases the flow density may change between $0.9\text{-}0.6 \text{ m/s}$. Another factor which affects the speed of flow is the intersection of the passengers waiting at the platform with the flow.

The passageways should have minimum $2.50\text{-}3.00 \text{ m}$. width and $2.20\text{-}2.50 \text{ m}$ height. It is supposed that, through the passageways with width of 0.50 m , 50 passenger can pass as a single-way flow. Vertical circulation elements are stairways, ramps, elevators. Stairways are classified as stair and escalators. For all these circulation elements various standards have been explained according to flow speed, flow density and flow rate.

The expert systems for evaluation in the design process are explained in Chapter 4. The studies in artificial intelligence and expert systems has affected greatly the studies in computer-aided design at the stages of; analysis, synthesis, evaluation and representation of the design process.

The main components of expert systems are; an interface facility, explanation facility an inference mechanism, knowledge acquisition facility, a facts base and a knowledge base. Not all these components have to be found in all types of expert systems. There are 3 types of expert systems which are differentiated by the way the knowledge is represented. These are; rule-based, frame-based and prototype based expert systems.

Rule-based systems are systems in which knowledge is stored in the form in simple if-then or condition-action rules. A rule-based program is divided into a general-reasoning program, called the rule interpreter, and a file of judgmental

rules obtained from an expert, called the rule base or knowledge base. The rule interpreter loads the rule base into an internal representation and uses the rule base to guide an interactive consultation with the user.

Frame-based systems since use more conceptual knowledge than the rule-based ones, form a good way to represent objects and the topological and elemental relationships among them. Frame-based methods are programming methods which use frame hierarchies for inheritance and procedural attachment.

Prototype-based expert systems have the capability to represent experience as general concepts in which semantic and syntactical relationships are explicitly defined. The prototype represents a generalized class of design elements from which design instances can be derived. A prototype-based system thus provides a framework for representing, storing and processing design experiences.

There are two ways in which the design knowledge is represented in the expert-systems; object-oriented and action-oriented. The object-oriented approach is adopted in many knowledge-based systems. In an object oriented system, the objects seem to 'know' the behavior expected of them. The major advantage of the object oriented approach is that it absolves a controller from having to contain knowledge about all there is to know objects. Object-oriented systems organize information so that objects have associated with them knowledge about how they behave. Objects can 'respond to messages and they may also "transmit" messages. This is an action-oriented system.

There are two reasoning strategies for the interpretation of knowledge in the knowledge base: inductive-deductive and forward-backward chaining.

Computer analysis programs can be used in evaluating design alternatives and facilitating their comparison; they can also increase the efficiency of design analysis along selected criteria. Evaluative expert systems can be used to evaluate the structural, cost, visual, comfort, lightning, internal climate and circulation system performance of the architectural product. In the context of this thesis an evaluation model has been proposed for the circulation system at Istanbul Underground (LRTS) Stations. The scope is basically to improve to solutions and study the relationships between the elements of building system.

Expert system which can measure the performance of the circulation system with the pedestrian movements modeled by various approaches has been developed. These approaches are, regression model, spatial interaction/entropy-maximizing models, Markov models and simulation models.

The other methods except for the simulation models are mathematical models and are based on hypothesis. Simulation models are found to be more successful in the detailed examination of evacuation process. Simulation models are process models which express the dynamic relationships as a series of transactions on the variables. The computer simulation models developed as the expert system which evaluates the circulation systems, generally has three steps:

- Representation phase,
- Analysis phase,
- Synthesis phase (Smith, 1991, s.373).

In the first phase, the floor plans of the building under consideration and circulation network are represented as the knowledge base of the expert system. With the use of static and dynamic network representations, the circulation system is evaluated and the emptying and waiting times at queues can be measured. Static network model is the expression of the circulation network. The static network models are transformed into the dynamic network models with the addition of time factor.

By using the network simulation models formed in the representation phase, the analysis of the evacuation times, congestion measurement, queuing lengths and the identification of bottlenecks are realized in the analysis phase. Necessary mathematical analysis and mean value analysis algorithms can be used in this phase. The results obtained at the analysis phase, are evaluated against the necessary performance measurements in the third phase. Improvement solutions for the evaluation of the existing buildings and optimum solutions for the evaluation of the design are presented.

The field study - the analysis and observations at the Aksaray Underground stations are explained in Chapter 5. The field analysis which forms the data of the expert systems for the evaluation of the underground stations are presented in this section.

The Low Railway Transport System (LRTS) in Istanbul is formed by Aksaray-Esenler-Yenibosna lines. In the context of this thesis, as one of the LRTS station in Istanbul, Aksaray has been chosen for the field study, to form the data application of the model. The criteria for choosing the Aksaray station can be listed as follows:

- Being an underground station,
- Existence of the all necessary circulation facilities,
- Being the station with the most intensive pedestrian circulation.

Aksaray Underground Station are composed of entrance space floor, vertical circulation elements and a platform floor. There are two entrance -exit spaces of Aksaray Station on Vatan Avenue. Since there is not any concourse, entrances are made directly through the turnstiles. At the entrance on the Yenikapı side, there are 8 turnstiles with magnetic cards and 7 exit turnstiles. There is also a freeway at the entrance zone for the personnel and employees. There is a zone of 7.50 m. x 16.50 m. between turnstiles and vertical circulation elements. At both entrance spaces there are two escalators and stairs, one for arriving and one for departing passengers. There is not any elevators for passengers.

Aksaray Station is a double-direction station with a single level middle platform. Platform has a width of 10 m. and a length of 100 m so that a 4 railway car can park along the platform. In order to obtain the data necessary for pedestrian circulation, the pedestrian movements are detected by chronometer measurements and video recorder. First of all, the peak hours are determined and found to be between a half hour period of 8.15-8.45 for departing passengers and 18.20-18.50 for passenger arriving at the station.

The entrance space on the Emniyet Side has been lately put to function and only % 10 of passengers use this space. Hence, the observations, measurements and

video records are made for entrance space on Yenikapı side where the intensity of passenger circulation is higher.

The characteristic of pedestrian movements are subdivided as for departing and arriving passengers. The actions for departing passengers at the Aksaray Station can be listed as follows:

1. Passing through the turnstiles,
2. Walking towards the vertical circulation elements,
3. Using the vertical circulation elements,
4. Waiting at the platform,
5. Boarding on railway.

1. In order to detect the passing periods through the magnetic card turnstiles and “akbil” turnstiles, the passing periods of 30 passengers per day, giving a total of 150; were measured. It is found that the mean passing period through a magnetic card turnstiles of one passenger is 3.43 seconds, while through the “akbil” turnstile is 2.67 seconds/person.

2. The measurements for the usage of vertical circulation elements showed that; % 68 of the departing passengers use escalators and % 32 use stairs. In order to determine the descending periods of passengers through the stairs, the descending periods of daily 15 passengers giving a total of 75, are measured. It is found that the mean descending periods of departing passengers through the stairs is 17.46 seconds.

The total circulation period of the passengers, from passing through the turnstile until the boarding is determined at the Aksaray Station. The actions of the passengers arriving at the station are as follows:

1. Getting off the railway,
2. Walking towards the vertical circulation elements,
3. Usage of the vertical circulation elements,
4. Walking towards the turnstile,
5. Passing through the exit turnstile.

The passing periods of 30 randomly chosen passengers through the exit turnstiles were recorded daily for five days in a row. The mean passing period of a person is found to be 1.86 seconds. % 47 of the arriving passengers uses escalators where % 26 uses the stairs and % 27 uses stairs reserved for the departing passengers. It is estimated that mean ascending period for a person is 27.67 seconds.

Analyses were conducted to obtain two data types; first type is the mean time period spent at different circulation elements by arriving and departing passengers; while the second, describes passenger intensity at the circulation elements for specified time intervals.

The expert system model developed for the evaluation of the circulation system of the underground stations is explained in Chapter 6. Model is developed for uni-level, middle-platform type underground stations. Model determines the side of the platform where the railway will approach, by asking the user and start the passenger flow. It constitutes the physical parameters of the circulation system of the station and the behavioral parameters of the passengers. The positions of the arriving passengers at each period during the evacuation process is determined by

the model. The passenger capacity and the bottlenecks in the system are defined by the model also, for each period.

The model developed comprises:

- KOMZEM and KOMPER sub-programs which estimate the adjacency numbers of cells and forms the code matrix;
- KAPZEM and KAPPER sub-programs which form the capacity matrix by estimating the maximum passenger capacity;
- ILISZEM and ILISPER sub-programs which form the relation matrix by determining the relationship between the cells according to the exit;
- BAGZEM and BAGPER sub-programs which estimate the passage capacity and passage periods of the adjacent cells;
- AKIMZEM and AKIMPER sub-programs which form the flow matrix for each period and realize the passenger flow arriving at the station.

The representation phase of the model constitutes the passive representation phase which forms the knowledge-base and active representation which forms the facts-base of the expert-system. In the passive-representation, the matrixes which represent the station plans, are formed. In active-representation, the facts-base which form the data of the predictive phase is formed by the sub-programs, KOMZEM, KOMPER, KAPZEM, KAPPER, ILISZEM, ILISPER, BAGZEM and BAGPER.

At the predictive phase, the knowledge and facts-bases are used by the inferencing mechanism to form the passenger flow at the station. This predictive phase is formed by the results of AKIMZEM and AKIMPER sub-programs. These results are;

- the observation of the movements which form the passenger flow for each period during the evacuation process;
- the determination of the passenger capacity at each period;
- the estimation of the waiting periods of the passengers at each cell;
- predicting the total evacuation period of the station.

In order to determine the validity of the developed conceptual model, the results are applied to the data obtained from the Aksaray Station. The circulation system of the station has been evaluated according to the standard criteria.

With this model it is aimed to obtain the expected performance by determining the design data necessary for the lately developed underground stations in Turkey. In the prediction of the evacuation period of the station, the passenger flow toward exit is analyzed. The proposed expert system has the flexibility to turn to be more comprehensive with the addition of the algorithm where the double-direction flow is considered.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde kırsal kesimden büyük kentlere göçlerin başlamasıyla birlikte artan nüfusun ulaşım ihtiyacını karşılamak bir problem haline gelmiştir. Mevcut ulaşım sistemleri giderek büyüyen şehirler için yetersiz kalmakta ve toplu taşımanın önemi artmaktadır. Toplu taşıma sistemlerinden biri olan raylı sistemler, diğer ulaşım türlerine göre taşıma kapasitesi en fazla olan sistemdir. Raylı sistemler, yol ve hat özelliklerine, taşıma kapasitelerine ve kullanılan taşıtların özelliklerine göre sınıflandırılır.

Kentsel raylı sistem türlerinden biri olan metrolar, hızlı, güvenli ve konforlu bir ulaşım sunarlar. Çevre kirliliği yaratmayan, doğal çevreyi koruyan, yüksek taşıma kapasitesi ve enerji tüketimi ile ekonomik bir toplu taşıma sistemi olan metro sistemi çeşitli ülkelerde başarıyla uygulanmıştır. Ülkemizde ulaşım sorununu çözmek için son yıllarda büyük kentlerde uygulama aşamasına geçilmiştir. Yapımı halen devam etmekte olan metro istasyonları tasarımında gerekli olan veriler Türkiye koşulları için henüz oluşturulmamıştır; projelerin tasarlanması ve değerlendirilmesinde yabancı kaynaklı veriler kullanılmaktadır.

Bu tez kapsamında, metro istasyonlarındaki yaya sirkülasyonunun analizi yapılarak bina içindeki sirkülasyon akışını tahmin edebilecek ve binadaki darboğazları saptayacak bir değerlendirme modeli geliştirilmiştir. İstasyondaki platformlar ve giriş holleri ile ilgili boyutlar, düşey sirkülasyon elemanlarının sayıları, tipleri, boyutları, konumları ve ulaşılma mesafeleri, geçiş ünitelerinin sayı ve konumları, istasyon içindeki yolcu hareketlerinin analizleri, yoğun (peak) saatlerdeki ve izdiham anındaki boşalma süreleri yapılan alan çalışması ile analiz edilmiş, elde edilen veriler bu modele uygulanmış ve metro istasyonlarında yaya sirkülasyonunun değerlendirilmesine yönelik bir uzman sistem modeli oluşturulmuştur.

Değerlendirme amaçlı uzman sistemler ile mimari ürün gerçekleşmeden önce tasarım problemine ilişkin alternatiflerin, istenen performans kriterlerine göre değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. En iyi çözümün belirlenmesinde, uzman sistemler birçok performans kriterini gözönüne alarak optimum alt çözümleri kullanıcıya sunabilmektedirler. Performanslar henüz gerçekleşmediği için değerlendirme ölçümleri tahmin edilerek ve tasarım ürününün davranışlarının benzetimi yapılarak hesaplanabilir. Uzman sistem ile mevcut mimari ürünün değerlendirilmesi ve belirlenen performans kriterlerinin sağlanmadığı durumlarda ürünün iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri gerçekleştirilmektedir. Mimari ürünün strüktür, maliyet, görsel konfor, sirkülasyon sistemi gibi istenilen birçok performansının analizi ve değerlendirilmesi geliştirilen uzman sistem yaklaşımları ile kolaylıkla yapılabilmektedir.

Tez kapsamında geliştirilen değerlendirme amaçlı uzman sistem ile metro istasyonlarındaki yolcu hareketlerinin benzetimi yapılarak vagonlardan çıkış kapılarına doğru olan yaya hareketlerinin örüntüleri belirlenmiştir. Uzman sistem ile yatay ve düşey yönlerdeki sirkülasyon sistemlerinde dar boğazlar saptanarak istasyonların sirkülasyon açısından performansları değerlendirilebilmektedir. Böylece metro istasyonlarının sirkülasyon elemanlarının tasarımında yardımcı olabilecek tasarım ilkeleri ve veriler saptanmaya çalışılmıştır.

Bu amaçla, geliştirilen modelin kural tabanının ve çıkarsama mekanizmasının oluşturulabilmesi için Aksaray Hafif Metro İstasyonu'nda yolcu davranışları gözlemlenerek çeşitli kayıtlar yapılmıştır. Bu kayıtlardan ve gözlemlerden yapılan akım hızı, akım yoğunluğu ve akım oranı ile ilgili analiz sonuçları modele aktarılmıştır.

Model geliştirilirken öncelikle bilgi tabanları oluşturulmuştur. Tahmin modeline gerekli verilerin sağlanması için bilgi tabanındaki bilgiler, tanımlanan kurallar doğrultusunda çıkarsanarak modelin olgu tabanları elde edilmiştir. İstasyondaki yolcuların boşalım süresini tahmin ederek sirkülasyon sistemindeki darboğazları belirleyen tahmin modeli, alan çalışmasındaki gözlem ve analizlerden elde edilen verilerin kural tabanına ve çıkarsama mekanizmasına uygulanması ile oluşturulmuştur. Tahmin modeli ile istasyona gelen yolcuların her bir periyottaki

hareketleri belirlenebilmiş, bekleme noktaları ve bekleme süreleri tespit edilmiştir. Böylelikle istasyondaki darboğaz noktaları saptanabilmektedir.

Tez kapsamında oluşturulan uzman sistem önerisi ile büyük kentlerdeki ulaşım sorununu çözmeye önemli katkılar sağlayabilecek olan metro sistemlerinden beklenen performansların gerçekleşebilmesi için istasyon tasarımlarına yardımcı olabilecek verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.



BÖLÜM 2

BİNALARDA YAYA SİRKÜLASYONU VE YAYA HAREKETİNİN ÖZELLİKLERİ

Birçok kamu binalarında, binanın fonksiyonel olarak doğru işlemesi sirkülasyon alanlarının doğru tanımlanması ile sağlanabilmektedir. Sirkülasyon alanları ise ancak kullanıcı hareketlerinin özelliklerinin bilinmesiyle bina fonksiyonuna uygun olarak tasarlanabilmektedir.

2.1. Yaya Hareketleri

Bina içindeki kullanıcı hareketleri, statik ve dinamik yaya hareketleri olarak iki grupta analiz edilebilmektedir.

2.1.1. Statik Yaya Hareketleri

Yayaların sirkülasyon mekanları içinde servis almak için oluşturdukları kuyruklar, akımı gerçekleştiremeyen yayaların meydana getirdiği birikmeler ve yayaların kendi istekleri doğrultusunda beklemleri statik yaya hareketi olarak incelenmektedir. Statik yaya hareketlerini etkileyen faktörler; düşey sirkülasyon araçlarının konumu, mekanın yayalar üzerindeki etkileri, sirkülasyon mekanına yerleştirilen ekipmanların konumları (otomatik makineler, oturma elemanları, telefon v.b. yerleşimi), yayaların psikolojik durumları gibi faktörlerdir. Bu tip yaya hareketlerinin, dinamik yaya hareketleri üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

2.1.1.1. Birikmeler

Statik yaya hareketlerinin önemli bir kısmı olan birikmeler, sirkülasyon alanı içinde servis almak isteyen yayalar tarafından oluşturulurlar. Birikmeler, bir küme şeklinde olabileceği gibi, genellikle bir hat üzerinde kuyruk oluşturma şeklinde de oluşabilmektedir.

Kuyruklar ile dinamik yaya hareketleri birbirlerini karşılıklı olarak etkilemektedirler. Akım kuyruğa göre daha az yoğunsa kuyruğun yönü akımın karşısına doğru yönünü değiştirir, fakat akım daha yoğun ise kuyruk aynı yönü izler. Bu tip bir olayda, kuyruklar genellikle, “akım çizgisi kuralını” takip eder. Böylece, kuyruk şekillenmeye başladığı zaman, insanlar ona katılmak yerine karakteristik yol boyunca yürüme eğilimdedirler. Bu yol, düz bir hat veya kavis biçiminde olabilmektedir. Farklı bir olayda ise, kuyruğun büyümesi bir çizgi veya yay boyunca şekillenebilir. Akımın doğal çizgisindeki kuyruk, kuyruğa katılmayan insanların akımı ile kesilebilir. Eğer bu akımın karşıya geçişi yoğunsa kuyruk buna paralel şekilde oluşur. Aynı sirkülasyon mekanı içerisinde oluşan farklı kuyruklar genellikle aynı doğrultuyu kullanmazlar (Stilitz, 1969).

İngiltere’de beş metro istasyonunda yapılan ve ana statik gruplarının niteliklerinin, ilişkilerinin tanımlanması ve dinamik harekete olan etkilerinin incelenmesi için yapılan çalışmada, yayaların oluşturduğu kuyruk uzunlukları da tanımlanmak istenmiştir. Yapılan 66 gözlem sonucu en iyi düz çizgiyi veren formül aşağıda gibi belirlenmiştir.

$$y = 0.41x - 0.014$$

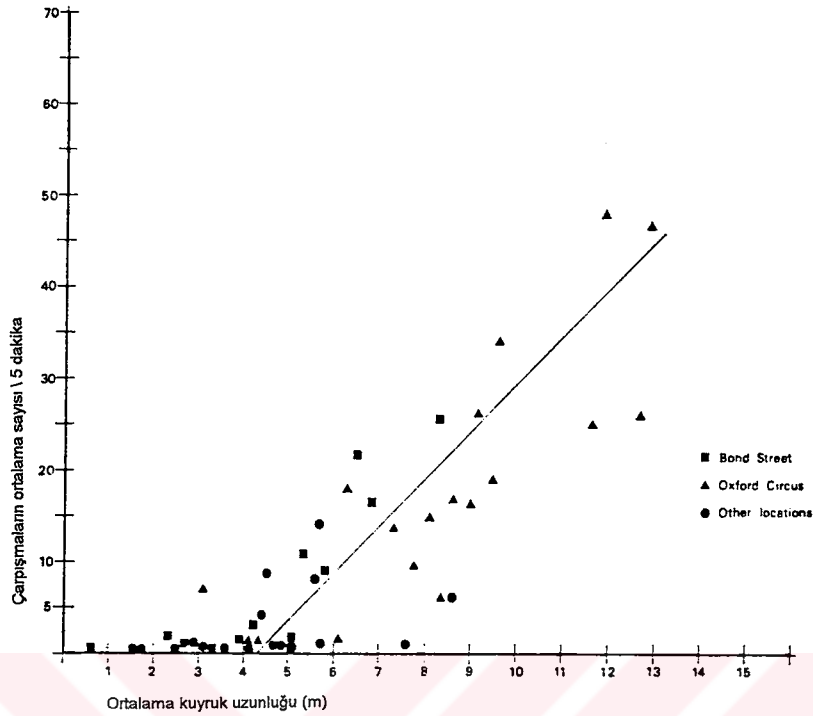
x: kuyruktaki yaya sayısı,

y: metre olarak kuyruk uzunluğu.

Buna göre, kuyruğa katılan her kişi, kuyruk uzunluğuna 41 cm ekler (Stilitz, 1969).

Birikmelerin başka bir bölümü de, sirkülasyon alanı içinde toplanan insan grubudur. Her sirkülasyon mekanının belirli bir akım limiti vardır. Özellikle yoğun saatlerde (peak hour) bu akım limitinin üstüne çıkılır ve sirkülasyon mekanı yaya akımı için yeterli olmayabilir. Böylece, akımı gerçekleştiremeyen insanlar, çıkış ve giriş kapılarında, merdiven önlerinde, turnike geçişlerinde birikirler.

Birikmeler, genel akım örüntüsünden önemli ölçüde etkilenirler (Stilitz, 1969). Sirkülasyon mekanının boyutlarına ve tasarım özelliklerine göre, akım ile birikmeler keşilebilir. Bu durumda sirkülasyon alanı içinde istenmeyen çarpışmalar oluşur. Şekil 2.1.’de İngiltere’de metro istasyonlarında yapılan analiz çalışmalarında elde edilen kuyruk uzunluğu ve kesişim ilişkisi görülmektedir.



Şekil 2.1. Kuyruk uzunluğu ve kesişim (Stilitz, 1969, s. 831).

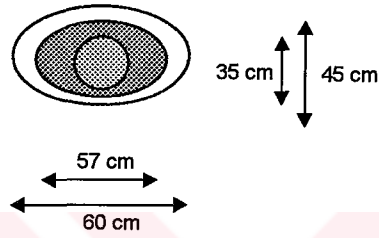
2.1.1.2. Beklemeler

Farklı amaçlarla bekleyen yolcular, yaya akımından korunaklı yerleri tercih ederler. Sirkülasyon alanı içindeki bu tip yerler, genellikle kolon arkaları, çeşitli otomatik makinelerin araları veya telefon bekleme alanlarıdır. Bekleyen yolcular da, alana insan girişini kolayca görebilen mekanları tercih etmektedirler. Az sayıda insan ise harita ve işaret levhalarına bakar; fakat bu tip bekleme kümelerinin akıma etkisi önemsizdir ve genellikle ana akım rotası dışındadır. (Stilitz, 1969).

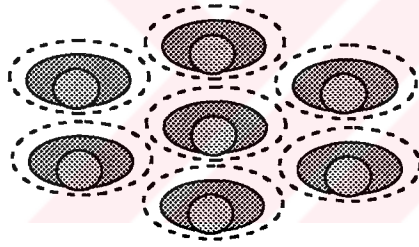
2.1.2. Dinamik Yaya Hareketleri

Dinamik yaya hareketleri, yayaaların kendi amaçları doğrultusunda başlangıç noktasından varış noktasına doğru hareketleridir. Sirkülasyon alanı içinde yapılan bu hareketleri, yatay ve düşey sirkülasyon elemanları ve özellikleri, insan vücudu boyutları, akım oranı, yürüme hızı, akım yoğunluğu gibi birçok faktör etkilemektedir. Cinsiyet, yaş, sosyal statü, yürüme amacı gibi faktörler de dinamik yaya hareketlerini subjektif olarak etkilerler.

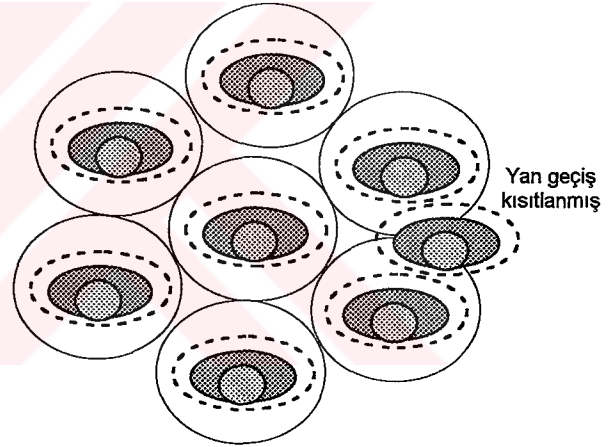
Sirkülasyon alanındaki akım kapasitesi, sirkülasyonu gerçekleştiren yayaların antropometrik boyutlarına ve alanlarına bağlıdır. Yaya mekanlarının tasarımında vücut derinliği ve omuz genişliği olmak üzere iki temel vücut ölçüsü kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalarda erkeklerin % 99'unun omuz genişliği ~53 cm olarak bulunmuştur. Kalın dış giyecekler için bu ölçüye 3.8 cm eklenmektedir. Vücut derinliği ölçüsü ise 33 cm olarak saptanmıştır. Yaya sirkülasyonu çalışmalarında, yayaların birbirine dokunmasını önleyen bir duyusal alanın varlığının da dikkate alınması gerekmektedir. Böylece, çalışmalarda bir insan 45×60 cm'lik vücut elipsi (Şekil 2.2) ile temsil edilmektedir (Fruin, 1971).



Şekil 2.2. İnsan boyutları (Fruin, 1971).



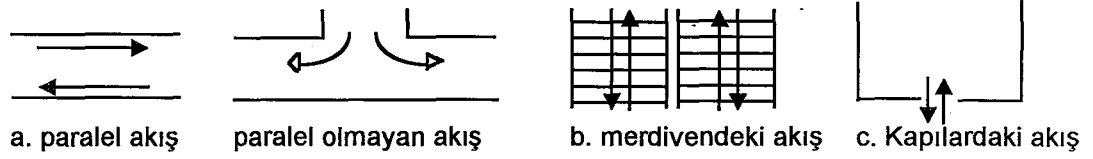
Şekil 2.3.a. Yayalar arasında dokunma olması (Fruin, 1971).



Şekil 2.3.b. Yayalar arasında dokunma olmaması (Fruin, 1971).

Yaya akımlarında yayaların yanyana yürürken gereksinim duydukları alanlar ile ilgili boyutlar Şekil 2.3.a. ve Şekil 2.3.b.'de verilmiştir. Şekil 2.3.a'da gösterilen akım sırasında yayalar arasında dokunma olması durumunda gereken minimum alan 0.27 m^2 'dir. Şekil 2.3.b'de gösterilen yayalar arasında dokunma olmaması durumunda gereken alan ise 0.63 m^2 'dir (Fruin, 1971).

Bina içindeki dinamik yaya hareketleri, yatay sirkülasyon elemanlarında, düz bir koridor boyunca paralel (çift veya tek yönlü) ve birleşim noktalarında paralel olmayan akım, düşey sirkülasyon elemanlarında ise merdivenlerden aşağı ve/veya yukarıya doğru akım ve çıkış noktalarındaki akım şeklinde oluşur (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. a. Yatay sirkülasyon elemanlarındaki hareket (Mudaly, 1980, s. 68),
b. Düşey sirkülasyon elemanlarındaki hareket,
c. Kapılardaki hareket.

2.1.2.1. Yatay Sirkülasyon Elemanlarındaki Hareket

Binalardaki yatay sirkülasyon mekanları, koridorlar ve holler olarak tanımlanabilir. Koridorlardaki dinamik hareketler, düz bir hat boyunca paralel akım, koridor kesişimlerinde ve köşe dönmelerde paralel olmayan akım şeklinde oluşmaktadır.

2.1.2.1.1. Paralel Akım

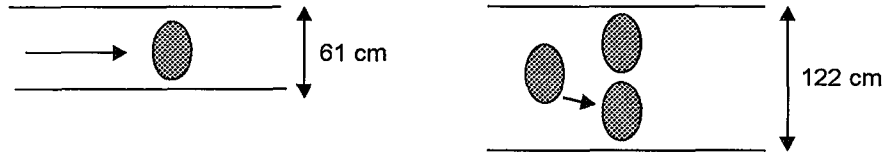
Koridorlardaki yaya akımları tek veya çift yönlü akımlar şeklinde olabilmektedir. Akım yapılan koridorun etkin genişliği, yaya akım yoğunluğunu ve akım hızını etkilemektedir.

Tablo 2.1. Koridor genişliğini etkin genişliğe indirgeyen faktörler (Tregenza, 1976, s. 99).

Koridor genişliğini azaltan faktörler (m)	
Koridor boyunca oluşan kuyruk	1.2
Banklarda oturan insanlar	1.0
Otomatik makineler	makine genişliği + ilk insan için 0.6, diğer insanlar için 0.4
Bagaj ile bekleyen insanlar	0.6
Dükkan vitrinleri	0.5-0.8
Yangın ekipmanları (küçük boyutta)	0.2-0.4
Duvara monte edilmiş radyatörler	0.2
Pürüzlü veya kirli duvar yüzeyleri	0.2

Koridor genişliğinin bütünü, kullanıcılar tarafından, sınırlanma etkisi, sınır yüzeyinin dokusu, bariyerler, radyatörler gibi etkenler nedeniyle etkin olarak kullanılmazlar (Tablo 2.1.). Koridor genişliğinden kullanılmayan bu bölgeler çıkarıldığı zaman, kullanıcıların etkin olarak akımı gerçekleştirdikleri etkin genişlik bulunabilir.

Koridor genişliğinin 61 cm olduğu koridorlarda, ancak tek bir yaya doğrusal bir hat boyunca akımı gerçekleştirir. Koridor genişliğinin 122 cm olduğu durumlar, iki kişinin yürümesine ve bunların birbirlerini zorlukla geçmesine izin verir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Koridor etkin genişliğine bağlı olarak yaya akımı (Stahl, 1982, s. 60).

Koridor genişliğinin 120 cm'den daha az olması durumunda akım oranı genişlikle değişmez, çünkü bu tür koridorlarda yayalar birbirlerini kolaylıkla geçemezler. Minimum koridor genişlikleri Tablo 2.2'de gösterilmiştir (Tregenza, 1976, s. 99).

Tablo 2.2. Minimum koridor genişlikleri

Minimum doğrusal koridor genişlikleri (m)	
İki kişinin yanyana geçmesi	1.2
Bagaj arabası ile taşıma yapan kişi	1.0
Bagaj taşıyan kişi	1.0
Çocuklu kadın	0.8
Koltuk dayneği kullanan insan	0.9
Tekerlekli sandalye kullanan insan	0.8

Çok yüksek akım yoğunluğu olmayan çift yönlü koridorlardaki toplam akım, tek yönlü akımdan biraz daha azdır. Çift yönlü akımlarda yürüme hızının 1.5 m/sn olabilmesi için akım yoğunluğunun 0.3 kişi/m² değerini aşmaması gerekmektedir. Yoğunluk bu değer üstünde ise hızın 0.9 m/sn-0.6 m/sn arasında değerler aldığı kabul edilmektedir (Tregenza, 1978, s.45-46). Koridor genişliğindeki küçük çıkıntılar gibi bazı küçük sınırlamalar akım oranını bir miktar etkiler.

2.1.2.1.2. Paralel Olmayan Akım

Paralel olmayan akım, sirkülasyon alanlarının kesişme noktalarında oluşan akım olarak nitelendirilebilir. Kullanıcılar, sirkülasyon alanı içinde amaçlarına uygun en kısa rotayı seçmek eğilimindedirler. Bu açıdan, yaya akımı analizinde kesişim ve birleşim noktaları ayrıca incelenmesi gereken bir konudur.

Paralel olmayan akımlarda köşelerin ve dönüşlerin akım oranına etkisi önemsizdir. Dönüşlerin iç tarafında akım yoğunluğu artar ve akım hızı azalır (Melinek, Booth, 1975). Kesişme noktasındaki akım yoğunluğu 1 kişi/m² ise yayaların çarpışma olasılığı %100, yoğunluk 0.25 kişi/m² ise bu olasılık sıfırdır (Tregenza, 1976, s.95). Dönüşlerdeki yaya çarpışmaları nedeniyle akım hızı bir miktar azabilmektedir (Mudaly, 1980, s 71).

2.1.2.2 Düşey Sirkülasyon Elemanlarındaki Hareket

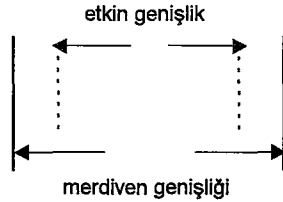
Binaların işlevlerine göre kullanılan düşey sirkülasyon elemanları, merdivenler, rampalar, asansörler ve acil çıkışlar için yangın merdivenleridir.

2.1.2.2.1. Merdivenler

Düşey sirkülasyon elemanlarının önemli bir bölümünü oluşturan merdivenler normal ve mekanik merdivenler olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir.

2.1.2.2.1.1. Normal Merdivenler

Merdivenlerdeki yaya karakteristikleri merdivenin tipine, boyutlarına göre değişmektedir.



Şekil 2.6. Merdiven etkin genişliği (Pauls, 1984).

Merdivenin etkin genişliği (Şekil 2.6.), insanların korkuluğa uzanamadıkları ve duvardan bazı mesafelere yanaşamadıkları, merdiven kenarındaki kullanmadıkları mesafeleri içermez. Etkin merdiven genişliği, merdivendeki akım oranını önemli ölçüde etkilediği için, merdiven genişliklerinin tasarlanmasında dikkate alınmalıdır. Örneğin; pürüzlü dokulu duvarlara sahip merdivenlerin ortalama akımı, pürüzsüz dokulu duvarlara sahip çıkış merdivenlerinin akımına göre %7 daha düşüktür. Eğer merdiven pürüzlü dokulu duvara sahipse, bulunan etkin genişlikten 400 mm veya daha fazlası düşürülebilir (Pauls, 1980a, s.265).

Gerekli Olan Merdiven Genişliğinin Hesaplanması: Uygun merdiven genişliği hesaplanarak, kullanıcıların bina içindeki yaya akımlarının güvenli ve hızlı bir yapılması sağlanabilir. Gerekli olan toplam merdiven genişliğinin bulunması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Pauls, 1980b, s. 222).

$$W = ((8696 * K) / T^{1,37}) + 300 \text{ N}$$

T: akım zamanı (sn)

K: boşaltımı gerçekleştiren kişi sayısı

N: ölçülebilen basamak genişliği (mm)

W: gerekli olan toplam merdiven genişliği.

Yaygın tasarım standartlarından beklenen, yaklaşık 185 saniyelik akım zamanıdır.

$$W = 6.8 * K + 300 \text{ mm}$$

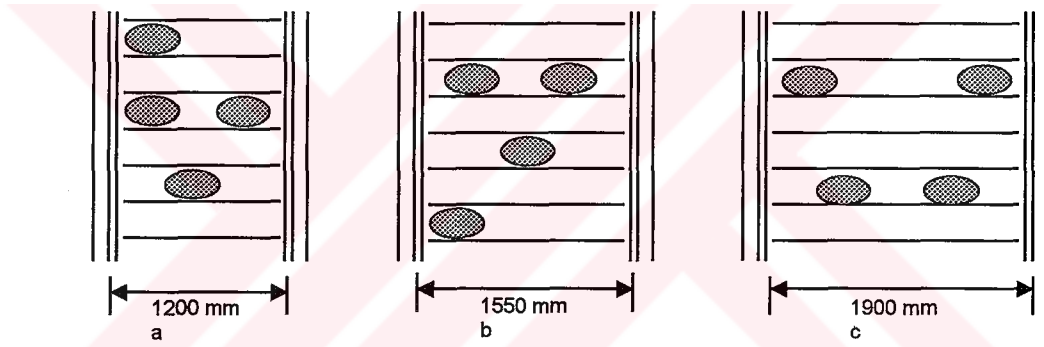
K: 185 saniyede boşaltımı gerçekleştiren kişi sayısı

W: merdiven genişliği.

Yukardaki formüller, toplam merdiven genişliği için geleneksel yaklaşımlardan daha esnek çözümler üretmektedir. Bireysel merdiven genişliği seçimine veya tasarımcının korkuluklar arası gerekli boşluğa karar vermesine yardımcı olmak için; kesin olmayan öneriler yapılabilir: 1400 mm, merdiven için minimum genişliktir. İnsanın salınım hareketini içeren ve iki yanyana harekete ve uygun geçişe izin veren standart iki-üniteli merdiven genişliği 1120 mm'dir. 1400 mm olan merdiven genişliğinde korkuluk, merdivenin ortasındaki kişinin korkuluğu rahatça tutabileceği şekilde yaklaşık 1120 mm'den ayrılır. Merdivenin ölçülen genişliği 1750 mm veya korkuluklar arası yaklaşık 1570 mm olabilmektedir. Bu merdiven genişlikleri, çoğunlukla yetişkinler tarafından kullanılan genişliklerdir. Korkuluklar arası en geniş boşluğa sahip olmak, daha az uygun ve daha az güvenlidir (Pauls, 1980b, s.222-223).

Merdivenlerdeki nominal genişliğin 1400 mm ve korkuluk merkezinden boşluğun 1200 mm olduğu durumda, kullanıcının bakış açısı açıktır ve iki insan ayakta yanyana durduğunda vücut salınımına izin veren minimum ölçüdür. Şekil 2.5.b'de görülen (korkuluk merkezinden boşluk 1550 mm) merdiven tipi yüksek yoğunluklu akımlar için uygun kabul edilebilir. Basamak üstünden en az 910 mm yüksekliğindeki korkuluk için, korkuluk merkezinden diğer korkuluk merkezine olan boşluk, 1575 mm olarak belirlenmiştir. Korkuluk yüksekliği 910 mm'nin altında olduğu durumlarda, boşluk daha az olmalıdır. Örneğin, korkuluk yüksekliği 810 mm

ise korkuluk merkezinden boşluk 1357 mm'den fazla olmamalıdır. Şekil 2.5.c'deki merdiven planı merdivenin çok geniş olduğu durumu göstermektedir. Bu durum, çok daha az güvenlidir; çünkü ortadaki boşluğu kullanan insan korkuluğa ulaşmak için büyük bir çaba harcamak zorunda kalır. Korkuluklar kullanıcıya uzak oldukları zaman kavranması mümkün olamamaktadır. Fruin duvarlar arası nominal merdiven genişliğinin 1520 mm olmasını önermiştir. Merdiven genişliği tasarlanırken, kullanıcının bagaj ve bavullarını taşıması için uygun boşluğun da bırakılması gereklidir. Templer'e göre, merdiven duvarları arasındaki minimum boşluk 980 mm olabilmektedir. Bu ölçü, yetişkin insanların % 99'u için rahat bir ölçüdür. 737 mm genişliğindeki merdivenler ise insanların % 95' i için yetecek ölçüdedir. İnsanların yan yana durmalarına veya rahatça birbirlerini geçmelerine izin veren minimum ölçü, tek yönlü merdivenlerde 711 mm, çift yönlü merdivenlerde de 1420 mm 'dir (Pauls, 1984, s.36-37).



Şekil 2.7. Merdiven genişliğine göre insan dağılımları (Pauls, 1984, s.36).

Merdivenlerin basamak genişlikleri ve rıht yükseklikleri kullanıcıların güvenliği ve rahatlığı açısından önem kazanmaktadır. Örneğin, basamak genişliği 230 mm olan dik eğimli merdiveni kullanan kullanıcıların %45'inin merdivenlerden inerken zorlandıkları ve %85'inin korkuluklara tutundukları görülmüştür. Basamak genişliğinin yaya akımına etkisi incelendiğinde, 250 mm'den küçük basamak genişliği olan merdivenlerde diğer merdivenlere göre akım %4 azalmaktadır (Pauls, 1980a, s.265). Basamak genişliği minimum 280 mm ve maksimum 350 mm olabilmekle birlikte en uygun basamak genişliği 300 mm olarak kabul edilmektedir. Merdivenlerdeki uygun rıht yüksekliği ise 180 mm ile 190 mm arasında değişmektedir (Merrit, 1982, s. 22.6). Templer ise yaptığı araştırmalarda, en uygun rıht yüksekliğini 110mm-180 mm ve basamak genişliğini 280 mm olarak kabul etmiştir (Pauls, 1984, s.35).

Merdiven korkuluklarının yükseklikleri yetişkinlerin kullandıkları merdivenler için basamak üstünden 915 mm ile 965 mm arasında olabilmektedir. Korkuluklar ile pürüzlü yüzeyli duvar arasında minimum 55 mm boşluk bırakılmalıdır. Korkuluğun en kesiti daire olduğu zaman korkuluk genişliği ölçüsü için, 45 mm'lik yarıçap en uygun ölçüdür (Pauls, 1984, s.34-35).

Merdivenlerdeki yaya hareketlerinde yoğunluk artarken akım maksimum değere erişir ve daha sonra azalır. Merdiven kapasitesi iki yönlü akım ile önemli derecede azalabilir. Ana akım yönüne karşı yönde oluşan küçük bir akım merdiven akım kapasitesini yarıya indirebilir.

2.1.2.2.1.2. Mekanik Merdivenler

Kullanıcı yoğunluğunun çok fazla olduğu az katlı binalarda düşey sirkülasyonu sağlamak için taşıma kapasitesi yüksek olan mekanik merdivenler kullanılmaktadır. Mekanik merdivenler, yayaları konforlu, hızlı ve güvenli bir şekilde taşımasıyla birlikte, yaya akımını bekleme olmaksızın düzenli bir şekilde sağlar. Mekanik merdivenlerin hızı, normal merdivenleri kullanan yayaların hızından daha az olmasına rağmen, akım esnasında yayaların bireysel özelliklerinden kaynaklanan beklemlerin olmaması ve taşınan yolcu kapasitesinin daha fazla olması nedeniyle mekanik merdivenler düşey sirkülasyon aracı olarak seçilmektedirler. Mekanik merdivenler genellikle bina düşey sirkülasyon kapasitesinin yaklaşık %75-%90'lık bölümünü taşımaktadır (Merritt, 1982, s. 22.9).

Mekanik merdivenlerin korkulukları basamaklarla aynı hızla hareket ederek akım sürekliliğinin doğal bir şekilde devamını sağlarlar. Basamak tasarımları ve onların varış noktalarındaki sabit yüzeylerin seviyeleri yürüyen merdiveni kullanan kişilerin iniş ve çıkışlarda takılıp düşmelerini engellemektedirler. Otomatik kontrol ile mekanik merdivenler herhangi bir elektronik veya mekanik arızalanma sırasında uygun bir şekilde durdurulabilmektedir. Kullanıcılar bu durumda basamakları yürüyerek kullanabilirler. Mekanik merdivenin hızının normalin üstünde veya altında olması durumunda otomatik olarak merdivenin çalışması durdurulabilmektedir (Gay ve diğ., s.516-517).

A.B.D.'de uygulanan mekanik merdiven boyut standartları aşağıdaki gibidir (Merritt, 1982, s. 22.11):

- Minimum basamak genişliği 40.00 cm
- Maksimum basamak yüksekliği 21.60 cm
- Minimum basamak uzunluğu 40.64 cm
- Maksimum basamak uzunluğu 101.60 cm

Mekanik merdivenler, yukarıya çıkış ve aşağıya iniş olarak, paralel veya çapraz şekillerde tasarlanabilmektedir. Mekanik merdivenlerde taşınan yolcu kapasitesi, merdivenin hızına ve basamak uzunluğuna bağlıdır. Standart eğimi 30° olan mekanik merdivenler genellikle 27.4 veya 36.5 m/dakika (90-120 ft/dak.) hızla çalıştırılmaktadır. Hız 27.4 m/dakika, genişlik ise 81.28 cm veya 121.93 cm olan mekanik merdivenlerdeki saatte taşınan yaya kapasitesi 5000-8000 kişidir. Hız 36.5 m/dak. 'ya yükseltildiği zaman kapasite 10000 kişiye kadar çıkmaktadır (Merritt, 1982, s. 22.12).

2.1.2.2.2. Rampalar

Rampalar farklı düzeylerdeki mekanlar arasındaki kolaylıkla ilişki kurabilen düşey sirkülasyon araçlarıdır. Genellikle çok sayıda insan ve aracın düşey olarak hareket etmesi gerektiği tren istasyonları, stadyumlar, sergi salonları gibi binalarda kullanılmaktadır. Rampalar, binaların işlevleri gerektirmese bile özürli kullanıcılar için binaların tasarımında istenen bir elemandır.

Eğimleri %15 olan rampalar mevcut olsalar da tercih edilen maksimum rampa eğimi %8'dir. Bu eğimi sağlayacak doğrusal veya sahanlıklı tiplerde rampa tasarımları yapılabilir. Rampanın eğiminin veya akım yönünün değiştiği yerlerde minimum 112 cm uzunluğunda sahanlıklar bulunmaktadır. Rampaların korkuluk yükseklikleri döşeme üstünden minimum ~105 cm olarak yapılmalıdır. Eğimi %8'den fazla olmayan çıkış yönündeki rampaların genişlikleri ~155 cm ve iniş yönündeki rampaların genişlikleri ~255 cm olabilmektedir. Rampaların genişlikleri, kullanıcı kapasitesine göre her bir kullanıcı için ~56 cm alınarak da hesaplanabilir. Eğimi %10 ve daha az olan iniş ve çıkış yönündeki rampalar için rampa genişliği ~255 cm olarak tasarlanabilmektedir (Merritt, 1982, s. 22.2-22.4).

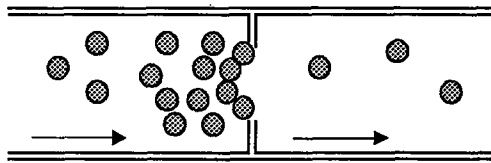
2.1.2.2.3. Asansörler

Asansörler, çok katlı binalarda kullanıcıların güvenli, konforlu ve hızlı bir şekilde düşey sirkülasyonunu sağlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca özürlü kişilerin düşey sirkülasyonunun kolaylıkla sağlanması için kamu binalarında özürllüler için yapılmış asansörlerin bulunması gereklidir. Binadaki herhangi bir yangın durumunda asansörlerin çalıştırılmamasına rağmen, diğer bir çok acil durumda bir çıkış alternatifi olarak kullanılabilir. Ayrıca yangın söndürücülerin kullanabilmesi için de asansörlerin cadde seviyesine kadar devam etmesi istenmektedir (Merrit, 1982, s. 22.13-22.14).

Asansör bekleme alanları, en yoğun saatlerde (peak) kişi başına 0.37 m^2 olacak şekilde düzenlenmelidir. Herhangi bir katta asansör bekleme süresi maksimum 40 sn olmak üzere ortalama 20sn -30sn arasında olmalıdır. Binalardaki kullanıcıların asansörleri kullanma yüzdesi, asansör sayısına, seçilen asansör sistemine, kullanıcı karakteristiğine ve binanın işlevine göre değişebilmektedir (Gay ve diğ., s. 476, 496).

2.1.2. 3. Kapılardaki Hareket

Kullanıcıların bina içindeki hareketleri kendilerinin belirledikleri rota doğrultusunda bir düğüm noktasından diğer bir düğüm noktasına kapılar aracılığı ile geçerek oluşmaktadır. Kapılar, yaya akımı için zorlayıcı bir sınırdır (Şekil 2.8.) (Lovas, 1994).



Şekil 2.8. Kapılardaki yaya hareketi (Lovas, 1994).

Kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu akımlarda, kapıda biçimlenen bir kemer ile bloke edilebilir. Çıkışın her iki yanından gelen insanlar üçgen şeklinde ilerleyen bir küme oluştururlar. Sonra bu kemere dönüşür ve daha sonra kullanıcı çıkıştan geçer, böylece süreç devam eder. Kemerin formu, kapının genişliği, yaklaşım eğimi ve yoğunluk gibi birçok etkene bağlıdır. 1.20 m'ye kadar olan kapı

genişliklerinde çok kararlı kemerler oluşmaktadır. Akım oranı 1.8 kişi/metre saniye 'ye ulaştığında kemer hareketi belirginleşmektedir. Bu kemerlerin oluşumu çıkış genişliğinin karesi ile ters orantılıdır (Melinek, Booth, 1975).

Tregenza'ya göre, kapılardaki yaya hareketi oranı normal olarak 1 kişi/saniyedir (Tregenza, 1976, s. 100). Kapı genişliği, kişi sayısı ve akım oranına göre çıkış zamanı aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$T = Q / Nb$$

b: çıkış genişliği (m)

Q: kişi sayısı

N: metredeki akım oranı

T: zaman

Bu formül, çıkıştaki yaya akımı duruncaya kadar, yani tıkanıklık başlayana kadar kullanılabilir. N, akım oranı ortalama değeri 1.7 ve maksimum değeri 2 kişi/metre saniyedir (Melinek, Booth, 1975).

Tablo 2.3. Çeşitli giriş tiplerindeki çıkış kapasiteleri (Tregenza, 1976, s. 100).

Girişlerdeki yaklaşık kapasiteler		Kişi/dakika
Kapılar ve diğer açıklıklar		60-110 (açıklamalar)
Çarpan kapılar		40-60
Döner kapılar		25-35
Turnikeler	serbest giriş	40-60
	kasiyerli giriş	12-18
	jetonlu giriş	25-50

Kapılardaki geçiş kapasitesinin hesaplanmasında da, koridorlarda ve merdivenlerde olduğu gibi, kapının etkin genişliği dikkate alınmaktadır. Peschl çalışmasında, her iki taraftan 275 mm olmak üzere kapı genişliğinin toplam 550 mm'sinin etkin olarak kullanılmadığını belirtmektedir. Fruin'in gözlemlerine dayanarak, nominal genişliği 910 mm, temiz genişliği 864 mm olan bir kapının dakikada 60 kişiye veya saniyede bir kişiye hizmet edebileceği kabul edilmektedir (Pauls, 1984). Normal koşullarda 1 kişi/sn olan bu oran yüksek akım oranlarında 5 kişi/sn'ye ulaşmaktadır. Daha düşük akım oranlarında bu değer 40 kişi/dakikaya düşmektedir (Tregenza, 1976, s.100).

2.2. Yaya Akımının Özellikleri

Hareket halindeki kullanıcıların esas karakteristikleri, ortalama yürüme hızı, ortalama akım yoğunluğu ve ortalama akım oranıdır (Lovas, 1994). Bu faktörlerin birbirleri ile olan karşılıklı ilişkileri, yaya akımını etkilemektedir.

2.2.1. Yürüme Hızı

Carstens ve Ring (1970), Fruin (1971), Tregenza (1976) yaptıkları çalışmalarda yayaaların yürüme hızını tanımlamışlar ve hızın yaş, cinsiyet, fiziksel yeterlilik, sosyal statü, yayanın amacı, hava durumu, bagaj miktarı, yürüyüş yolunun eğimi, akım yönünün karışması, yaya yoğunluğu gibi faktörlerle nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Hızı etkileyen bu faktörler, kişisel faktörler ve durumsal faktörler olarak iki grupta incelenebilmektedir (Lovas, 1994, s. 431). Kişisel faktörler, öznedir ve her birey için farklıdır. Durumsal faktörler ise incelenen olay içindeki bütün yayaları aynı şekilde etkileyen faktörlerdir.

Yürüme hızı kullanıcıların yaş ve cinsiyetine göre değişmektedir. Yaşı 6 ile 10 arasındaki çocukların ortalama yürüme hızı 1.1 m/sn, gençlerin 1.8 m/sn, 40 yaş altındaki yetişkinlerin 1.7 m/sn ve 55 yaş üstündeki yetişkinlerin ortalama yürüme hızları 1.5 m/sn olarak belirlenmiştir. Erkekler, genellikle kadınlardan daha hızlı yürüme eğilimindedirler. Fruin'in istasyonlarda bagaj taşıyan insanlar üzerinde yapmış olduğu bir çalışmada, erkeklerin ortalama yürüme hızları 1.4 m/sn, kadınların ortalama yürüme hızları ise 1.3 m/sn olarak tespit etmiştir (Tregenza, 1976, s.93).

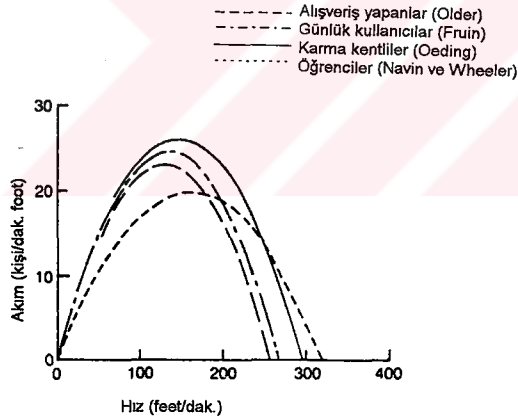
İnsanların yürüme amaçları da ortalama yürüme hızları üzerinde önemli etkiler göstermektedir. İşçiler fabrikadan ayrıldıkları zaman, gelişlerinden daha hızlıdır. Lokantaya gitmekte olan insanların ortalama yürüme hızları, işe veya alışverişe giden insanların ortalama yürüme hızlarından daha fazladır. Turistler diğer yayalara göre daha yavaştır. Caddede karşıdan karşıya geçen yayanın ortalama yürüme hızı normal yürüme hızından daha yüksektir. Grup içinde yürüyenlerin ortalama hızı, yalnız yürüyen insanların ortalama hızından daha düşüktür. Gözlemlenen bagaj taşıyan yaya grubu ile taşımayan yaya grubu arasında yürüme hızı olarak büyük farklılıklar yoktur, fakat yaya yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda

bagaj taşıyan yayalar diğer insanlar tarafından engellenebilmektedirler (Trogenza, 1978, s.93-94). Tablo 2.4'de kullanıcı özelliklerine ve akım yoğunluğuna bağlı olarak ölçülen yürüme hızları görülmektedir (Trogenza, 1976, s.97).

Tablo 2.4. Kullanıcı özellikleri ve akım yoğunluğuna göre ortalama yürüme hızları (Trogenza, 1976, s.97).

Ortalama Yürüme Hızları (metre/saniye)		
Kullanıcı Özellikleri	Akım yoğunluğu	
	≤ 0.3 kişi/m ²	1.4 kişi/m ²
İşe Gidip Gelen İnsanlar	1.5	1.0
Alışveriş Yapan İnsanlar	1.3	0.8
Aile veya turist grupları	1.0	0.6
Okul çocukları	1.1-1.8	0.7-1.1

Eğimleri %5 ve daha az olan yürüme yollarının ortalama yürüme hızına etkisi oldukça düşüktür. Yolun eğimi %10 ise, yürüme hızı ortalama % 20 oranında, eğim % 15 ise hız %40 oranında azalır (Trogenza, 1978, s.94).



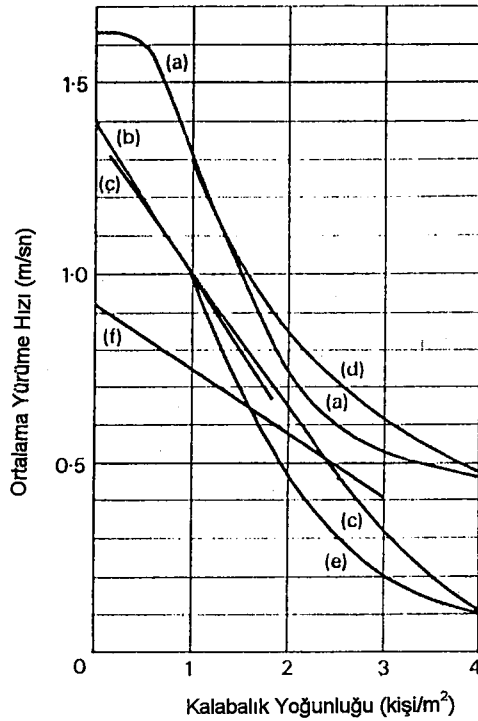
Şekil 2.9. Akım-Hız ilişkisi (Cunningham, Cullen, 1993, s.63).

Hız-akım ilişkisi,

$$\text{Akım} = \text{Hız} \times \text{Yoğunluk}$$

şeklinde formüle edilebilmektedir; ancak gerçekte bu ilişki yaklaşık parabolik bir eğri şeklindedir. Eğrinin en yüksek noktasında, genellikle hız yarıya düşer ve akım maksimum değerine ulaşır (Şekil 2.9). Parabolün formülü ise, A ve B değişkeni için (Cunningham, Cullen, 1993, s.65):

$$\text{HIZ} = A \pm \sqrt{A^2 - 4B}$$



Şekil 2.10: Akım yoğunluğu-Ortalama yürüme hızı arasındaki ilişki (Tregenza, 1976, s.96).

- | | |
|-----------------------------|------------|
| (a) Hankin ve Wright | (d) Kimura |
| (b) O'Flaherty ve Parkinson | (e) Togowa |
| (c) Older | (f) Foot |

Older hız-yoğunluk ilişkisini şöyle tanımlamıştır: “artan yoğunluk diğerlerinden hızlı yürüyen yayaların hızını azaltır ve böylece gözlemlenen yayaların beklenen hızları düşer.” (Lovas, 1994, s. 432). Fruin’e göre, eğer akım yoğunluğu 0.5 kişi/m^2 ’den düşük ise, kişiler kendi karakteristik hızlarına göre yürüyebilmektedirler. Yoğunluk, bu değerin üstünde olduğu zaman, insanlar akım tarafından engellenecektir ve yayanın hızı kalabalığın hızına yakın olacaktır. Yoğunluk 5 kişi/m^2 olduğunda ise insanlar duruncaya kadar yaya hızı azalacaktır (Şekil 2.10).

2.2.2. Akım Yoğunluğu

Akım yoğunluğu, birim alandaki akımı gerçekleştiren kişi sayısı olarak tanımlanabilmektedir. Oeding ve Fruin çeşitli sirkülasyon elemanlarındaki akım için akım yoğunluğuna göre farklı seviyeler belirlemişlerdir. Fruin, akım yoğunluğunun en az olduğu Servis Düzeyi A’dan akım yoğunluğunun en fazla olduğu Servis Düzeyi F’e kadar çeşitli akım yoğunluğu kabulleri yapmıştır. Tablo 2.5’de Fruin’in merdivenlerdeki servis düzeylerine göre kabul ettiği akım yoğunlukları görülmektedir. Oeding ise 1.Sınıf ile 4. Sınıf arasında değişen akım yoğunlukları tanımlamıştır. Fruin’in servis düzeyi kabulleri çeşitli araştırmacılar tarafından birçok yöneylem araştırmasında kullanılmıştır.

Tablo 2.5. Fruin'in servis düzeyi tanımlamaları (Fruin, 1971).

Servis Düzeyi	Akım Yoğunluğu kişi/m (dak.)	Ortalama Hız (metre/dakika)	Tanımlama
A	16.4	30.5	Serbest akım
B	16.4-23.0	30.5-32.2	Tek yönlü akım, serbest sirkülasyon, karşı yönde akımlar için küçük çarpışmalar.
C	23.0-32.8	32.2-30.5	Diğer yayaların geçişi nedeniyle, hızda küçük sınırlamalar, karşı yöndeki akımlar için zorluklar.
D	32.8-42.6	30.5-27.7	Birçok yaya için sınırlanmış sirkülasyon, karşı yöndeki akımlar için önemli zorluklar.
E	42.6-55.8	27.7-20.6	Bütün yayalar için sınırlanmış sirkülasyon, aralıklı durmalar, karşı yöndeki akımlar için ciddi zorluklar.
F	55.8-0.0	20.6-0.0	Akım tamamen bozulmuştur ve akımda birçok kere durma oluşmaktadır.

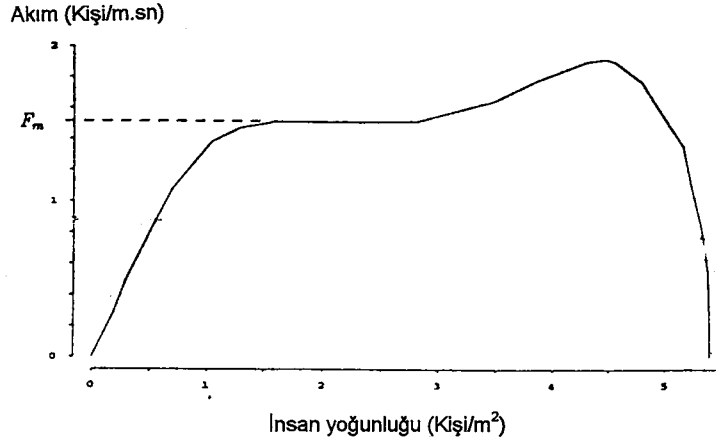
Tümüyle serbest bir şekilde oluşan akım, Fruin'in Servis Düzeyi A ve Oeding'in 1.Sınıf akım yoğunluğu koşullarına uyar. Bu düzeyde yayalar arasında dokunma yoktur, bireyler kendi yürüme hızlarını seçebilirler, daha yavaş yürüyebilirler ve farklı yönlerdeki insanlar birbirlerini rahatlıkla geçebilirler. Böyle bir akımda yoğunluk saniyede 0.3 kişi/m² 'nin altındadır. Akım yoğunluğunun saniyede 1.4 kişi/m² olması, Fruin'in Servis Düzeyi E ve Oeding'in 4.Sınıf akım şartlarına uyar. Sirkülasyon bütün yayalar için sınırlanmıştır ve kişiler doğal hızlarının altında yürümek zorundadırlar, akım aralıklı olarak durmaktadır (Tregenza, 1976, s.95).

2.2.3. Akım Oranı

Bir sirkülasyon alanındaki akım oranı, yürüme hızı ve kişi başına düşen alanın fonksiyonudur (Tregenza, 1976, s.92).

$$\text{Akım oranı (kişi/sn)} = \text{ortalama yürüme hızı (m/sn)} \times \text{ortalama yoğunluk (kişi/m}^2\text{)} \times \text{yol genişliği (m)}$$

Bu formül ile akım oranının doğru olarak tanımlanabilmesi için yeterince uygun değildir, çünkü yoğunluğun fazla olduğu akımlarda, kişilerin hareket hızı ve yoğunluk birbirlerine bağımlıdır.



Şekil 2.11. Akım oranı ve akım yoğunluğu arasındaki ilişki, (Lovas, 1994, s.430).

Hankin ve Wright'ın yaptıkları araştırmalarda elde edilen sonuçlara göre akım oranı ile akım yoğunluğu arasındaki ilişki, Şekil 2.11'de gösterilmiştir. O'Faherty, Parkinson ve Older ise akım hızı ile akım yoğunluğu arasında basit bir doğrusal ilişki olduğunu varsayarak, akım oranı ile akım yoğunluğu arasındaki ilişkiyi,

$$\text{Akım Oranı} = a \cdot \text{Akım Yoğunluğu} - b \cdot \text{Akım Yoğunluğu}^2$$

şeklinde tanımlamışlardır. Bu araştırmacılar, akım yoğunluğunun yüksek olduğu akımlarda, akım oranındaki küçük artışları dikkate almamışlardır.

BÖLÜM 3

KAPALI METRO İSTASYONLARI VE İSTASYONLARDAKİ YAYA HAREKETLERİ

Günümüzde şehirlerin nüfusunun artmasıyla ortaya çıkan ulaşım sorununun çözümünde, taşıma kapasitesi yüksek raylı sistemlerin kullanılması giderek önem kazanmaktadır. Raylı sistem türlerinden biri olan metro sisteminden beklenen performansların elde edilebilmesi için, istasyonlardaki yaya hareketlerinin analiz edilerek kullanıcıya ve işletmeye uygun istasyon tasarımlarının yapılması gerekmektedir.

3.1. Raylı Sistemlerin Türleri

Ulaşım, bütün metropoliten kentlerin en önemli sorunlarından biridir. Kentin mevcut ulaşım ağı gün geçtikçe artan nüfusu karşılamakta zorlanır ve bu noktada kitle taşımacılığının önemi artar. Şehirlerde nüfusun artmasıyla birlikte banliyö yerleşimlerine kitle taşıması yapacak, taşıma gücü yüksek toplu taşıma sistemlerine gereksinim doğmaktadır. Çevre kirliliği yaratmayan, enerji tüketimi açısından ekonomik, hızlı, konforlu ve güvenli bir ulaşım sistemi olan kentsel raylı sistemler bu açıdan giderek önem kazanmaktadır. Raylı sistemler kentlerin topoğrafik ve ekonomik özelliklerine göre tramvay, hafif metro, metro adı altında değişik standartlar sunabilmektedir. Raylı sistemler;

- Yol ve hat özelliklerine göre,
- Kullanılan taşıtların özelliklerine göre,
- İşletme karakteristiklerine ve kapasitelerine göre sınıflandırılmaktadır.

Yol ve hat özelliklerine göre, raylı sistemler başlıca üç gruba ayrılabilir:

A Grubu: Tümüyle kontrollü, güzergahı tümüyle ayrılmış, hemzemin geçitleri olmayan ve “özel” ya da “ayrılmış” diye adlandırılır. Bu grup yolu kullanan raylı sistem metro sistemidir.

B Grubu: Kısmen kontrollü yoldur ve “yarı ayrılmış” olarak nitelendirilir. Bu grup yol diğer trafikten kısmen ayrılır, bazı kesimlerde değişik ulaşım türlerinin ortak kullanımını ve eşdüzey kavşakları içerir. Hafif metro raylı sistemi bu tip yolu kullanmaktadır.

C Grubu: Karışık trafikli yüzey yollarını içeren gruptur. Bu grup yolu kullanan raylı sistem, tramvay sistemidir (Kutlu ve diğ., 1988, s.3.2.).

Raylı sistemlerin sınıflandırılmasında diğer bir belirleyici ölçü de, sistemin taşıma kapasitesi ve işletme düzeni olmaktadır. Kentsel raylı sistemlerin özelliklerine göre sınıflandırılması Tablo 3.1.’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Raylı Sistemlerin Sınıflandırılması (Kutlu ve diğ., 1988, s.3.2.).

ÖZELLİK	TRAMVAY	HAFİF METRO	METRO	BANLIYO
Yol Sınıfı	C Sınıfı	B Sınıfı	A Sınıfı	A Sınıfı
Yol Kontrolü	Görsel	Görsel/Sinyal	Sinyal	Sinyal
Ticari Hız (km/sa)	10-25	15-45	25-60	30-70
Bir Yönde Yolcu (Bin yolcu/saat)	10-12	3-20	20-80	10-50

3.1.1. Tramvay

Gelişim sürecinde raylı sistemlerin ilk aşamasını oluşturan tramvaylar, geleneksel olarak kent sokaklarında işletilen vagonlardan oluşmaktadır. Genellikle tramvayı kullanacak olan insanlar duraklara yürüyerek ulaşabildikleri için, duraklar arasındaki uzaklık fazla değildir. Bu nedenle, tramvayın hızı diğer toplu taşıma araçlarına göre oldukça düşüktür. Kent içindeki tramvay hatlarının bulunduğu yol kesimleri diğer taşıtlar tarafından da kullanıldıkları için ortalama hızları 15 km/saat’in altında olmaktadır (Kılınçaslan, Kılınçaslan, 1992, s. 42). Karışık trafikli yollarda tramvayların diğer araçlarda gecikmelere meydan vermeleri nedeniyle ve diğer sistemlerin gelişmesi ile birlikte 1950’lerden itibaren birçok şehirlerde azaltılmış veya tümüyle kaldırılmıştır.

3.1.2. Hafif Metro (LRT)

Hafif raylı taşıt sistemleri, tramvayın sağladığı hizmet standartlarının daha üst, metronun sağladığı hizmet standartlarının daha alt seviyesinde hizmet sunan raylı

taşıt sistemleridir. Bu tip sistemlerin tanımlamasının yapılması oldukça güç olmaktadır. Hafif raylı taşıt sistemi, tramvay ve metro sistemleri arasında kalarak her iki türün bazı niteliklerini birleştiren orta kapasiteli ve orta maliyetli bir kentsel raylı ulaşım türü olarak geniş bir uygulama alanı bulabilmektedir. Geleneksel olarak Avrupa'da sistemin gelişiminde önmetro, yarım metro, kent içidemiryolu (metro) olmak üzere üç değişik yaklaşım görülmektedir.

Genellikle, kentin artan trafik yoğunluğuna karıştırılmayan hafif raylı taşıt sistemleri, yeraltına indirilmektedir. Kent merkezi ulaşım ağını besleyen sistemler olarak nitelendirilebilir. Sistem için ayrılan özel hatlarda farklı düzeylerde çalışmakta olan sistemin hızı, şehir merkezinde 20-50 km/saat şehir merkezi dışında 65-100 km/saat olabilmektedir (Kılınçaslan, Kılınçaslan,1992, s. 42-43).

Bu tip raylı bir sistemin çeşitli esnek çözümler üreten özellikleri şöyle sıralanabilir;

- Uygulama: Kentsel çevrede, koşullara göre değişebilen ve çok sayıda yol kullanabilme seçeneği,
- Geliştirme: Yolcu istemine bağlı olarak aşamalı biçimde kapasite geliştirme olanağı,
- İşletme: Değişik hizmet teknikleri ve işletme politikalarının uygulanabilmesi,
- Kapasite: Tek yönde, birkaç binden yaklaşık 20.000 yolcu/saat'e kadar değişebilen yolculuk taleplerini karşılayabilme yeteneği (Kutlu ve diğ., 1988, s.3.6-3.9.).

3.1.3. Metro (RRT)

Metro sistemleri, ileri derecede otomasyona bağlı olarak işletilmekte olan bir raylı sistem türüdür. Ray sisteminin kent merkezinde olan kısımları genellikle yeraltındadır ve yüksek platformları vardır. Kent dışına çıkıldığında hemzemin geçişlerin bulunduğu, alçak platformlu sistemlere dönüşebilmektedir. Metro, 100-250 yolcu kapasiteli 15-23 metre uzunluğunda vagonlardan oluşmaktadır. En az 2 en fazla 10 vagon bağlanarak işletilmektedir. Metronun hızı 120-130 km arasındadır (Kılınçaslan, Kılınçaslan, 1992, s.43).

İstasyonlar yürünebilecek mesafe içinde olmalıdır. Tropikal ve yarı tropikal iklimli bölgelerde istasyonlar arası mesafe 500 m., normal iklimli bölgelerde 1 km. kadar olabilmektedir (Ural, Saltık, s.7). Metro ray sistemi kentin karakterine, topografik

etkenlere ve kentin özel ulaşım dokusuna bağlı olarak belirlenir. Metropoliten merkezlerdeki metro sisteminin hizmet alanı genellikle diğer toplu taşıma sistemleriyle birleştirilerek genişletilmektedir.

3.2. Kapalı Metro İstasyonlarının Gelişimi

Dünyada ilk büyük metro sistemleri 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın başlarında Londra, Paris, Newyork ve Moskova'da kurulmuştur. İlk "yeraltı demiryolu" projesi 1835'te İngiltere'de yapılmıştır. Fakat, Londra'nın kenar semtlerindeki iki demiryolu istasyonunu kentin merkezine bağlamayı amaçlayan bu proje ütöpik bulunduğu için uygulanmamıştır. 1860'da Londra'da dünyanın ilk yeraltı demiryolunun yapımına başlanmıştır. Buharlı trenlerin kullanıldığı 6 km uzunluğundaki bu metro hattı 1863'de kullanıma açılmıştır. Buharlı trenlerin yeraltındaki yoğun trafiğinden kaynaklanan kimi sorunlar başlangıçta metronun gelişmesini durdurmuştur. Metronun tam anlamıyla gelişmesi ancak, elektriğin sağladığı olanakların kullanılmaya başlandığı 19. yüzyılın sonunda gerçekleşmiştir ve dünyanın elektrikle çalışan ilk metro hattı 1890 yılında yine Londra'da kurulmuştur. Sonraki yıllarda yapılan ekler ve yeni hatlarla giderek genişleyen Londra Metrosu bugün, 407 kilometrelik bir ağ üzerindeki 273 istasyon arasında çalışan 457 metro treni ile her gün yaklaşık 2.5 milyon yolcu taşımaktadır.

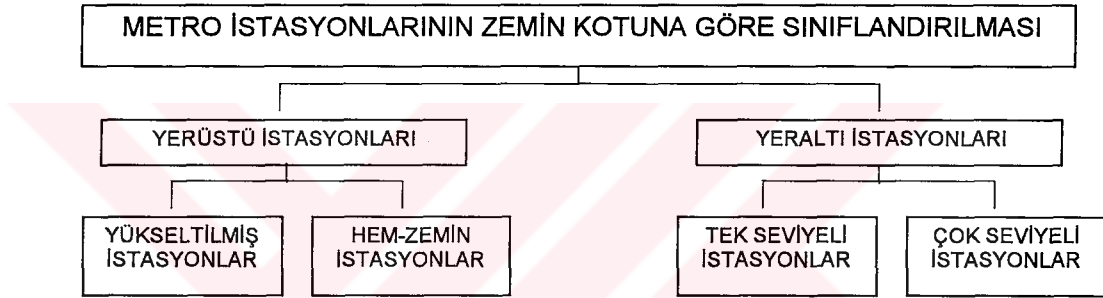
Avrupa'daki ilk metro 1896'da Macaristan'ın başkenti Budapeşte'de açılmıştır ve bunu Paris'te 1900'de hizmete giren metro sistemi izlemiştir. 20. yüzyılın ilk çeyreğinde, Amerika ve Avrupa'nın birçok büyük kentinde yeni elektrikli metrolar hizmete girmiştir: Boston (1921), Berlin (1902), Philadelphia (1907), Hamburg (1912), Buenos Aires (1913), Madrid (1919) ve Barcelona (1924).

Dünyanın en ünlü metrolarından biri olan Moskova Metrosu'nun 197 kilometrelik toplam uzunluğunun 20 kilometrelik bir bölümü dışında, tümü yeraltındadır ve 123 tane istasyonu vardır. Moskova Metro sistemi her gün 2 milyardan fazla yolcu taşıyarak dünyanın en fazla yolcu taşıyan metrosu olmaktadır. 1904'de açılan New York Metrosu, her yıl 1 milyardan fazla yolcu taşıyan ve hemen hepsi 24 saat hizmet veren 23 hattıyla dünyanın en yoğun metrosudur. Bu metronun 220,5 kilometresi yeraltında, 150,5 kilometresi yerüstünde olan toplam 371 kilometrelik

hatlarında 456 istasyon vardır. Günümüzde, nüfusu bir milyonu aşan çoğu kent için metro sistemi kurulmuştur (Yalçın, 1994, s.7 ve Büyük Larousse s.8076-8077).

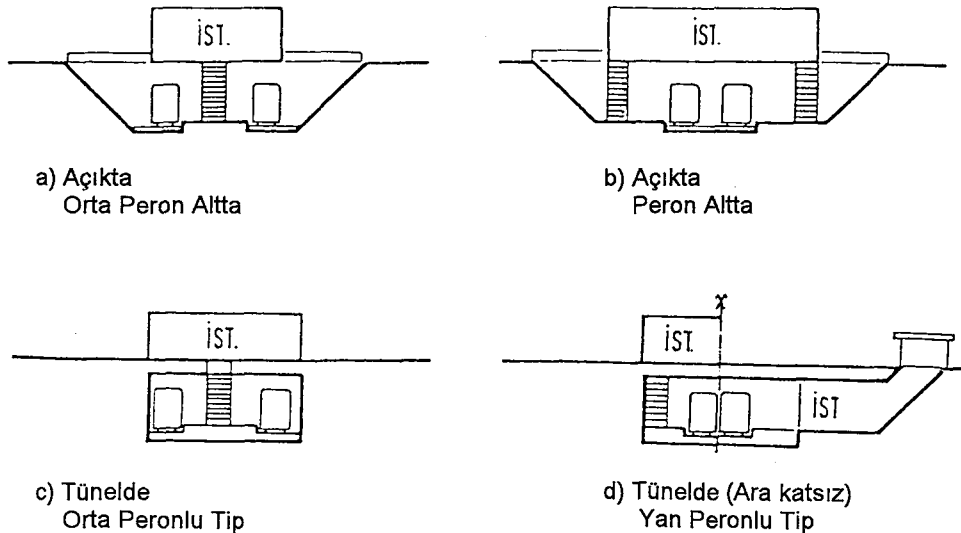
3.3. Kapalı Metro İstasyonlarını Oluşturan Mekanlar ve Analizleri

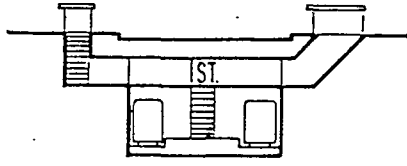
Metro istasyonları zemin kotu konumuna göre iki gruba ayrılmaktadır: Yeraltı metro istasyonları (kapalı metro istasyonları) ve yerüstü metro istasyonları. Yerüstü istasyonlar; yükseltilmiş ve hem-zemin istasyonlar olmak üzere iki tip olabilmektedir. Yeraltı metro istasyonları da peron katı sayısına göre, tek seviyeli ve çok seviyeli istasyon tipi olarak ayrılabilir (Şekil 3.1).



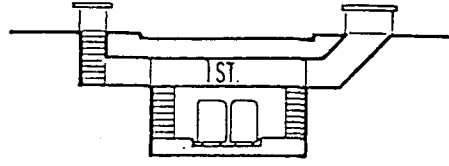
Şekil 3.1. Metro istasyonlarının zemin kotuna göre sınıflandırılması (Anon., 1987, s.4).

Yeraltı metro istasyonları enkesit tiplerine göre açıkta, tünelli, ara katlı, alt geçitli ve keşismeli istasyonlar olarak beş ana gruba ayrılabilir (Şekil 3.2) (Anon,1987).

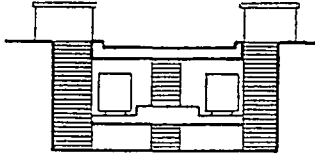




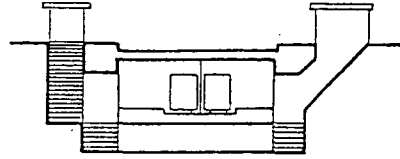
e) Ara Katlı
Orta Peronlu Tip



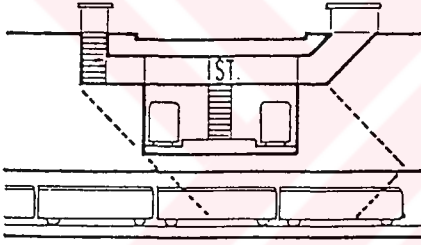
f) Ara Katlı
Yan Peronlu Tip



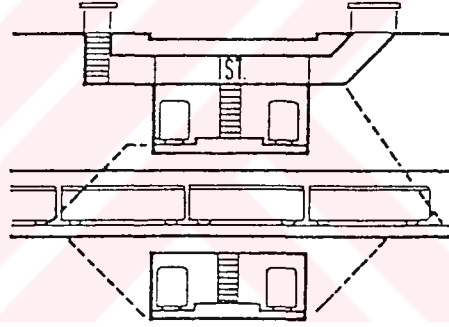
g) Alt Geçitli
Orta Peronlu Tip



h) Alt Geçitli
Yan Peronlu Tip



j) İki Seviyeli
Kesişmeli İstasyonlar



k) Üç Seviyeli
Kesişmeli İstasyonlar

Şekil 3.2. Yeraltı istasyonların tip en kesitleri

Kapalı metro istasyonları temel olarak şu mekanlardan oluşmaktadır:

- İstasyon giriş mekanı,
- Konkors katı,
- Düşey ve yatay sirkülasyon elemanları
- Peron katı.

3.3.1. Metro İstasyonlarına Giriş Mekanları

Metro istasyonlarına giriş mekanları, yolcuları metro sistemine çeken, yolculuk eyleminin başladığı veya bittiği mekanlardır. Bu bakımdan istasyon giriş yerlerinin seçimi ve mimari özellikleri oldukça önemlidir. Kolay ulaşılabilen istasyon girişleri yolcular için kolaylıkla da algılanabilir olmalıdır. Metro istasyonlarında en az iki tane bulunması gereken giriş noktaları yoğun yaya ve trafik akımına doğrudan çıkışlara yol açmamalıdır. Ayrıca mevcut ve gelecekteki yaya trafik akımını da engellemeyecek bir konumda olmalıdır.

Metro istasyon girişlerinin en az biri tekerlekli sandalyelerin geçişine olanak verecek şekilde düzenlenmektedir ve bu engelsiz giriş işaret panosuyla belirtilmektedir. İstasyon girişi ile düşey elemanlar arasında en az 5 m uzunluğunda bir alan bırakılmaktadır (Anon., 1987, s. 3-13).

3.3.2. İstasyon Lobisi

İstasyon lobisi (konkors katı), yolcuların ücretli alana kontrollü geçişlerinin sağlandığı istasyonun ücretsiz bölümüdür. Yolcular istasyondan çıkış içinde bu alanı kullandıklarından dolayı, özellikle doruk saatlerde (peak hour) izdihama yol açmayacak şekilde konkors katı alanı yeterli büyüklükte olmalıdır.

Geçiş turnikelerine giden yollar üzerinde akıma engel oluşturacak bank, çöp kutusu gibi ekipmanlar bulunmamaktadır. Asılı olan veya çıkıntı teşkil eden işaretler ve panolar için düşey gabari en az 2.60 m. olarak belirlenmektedir (Anon., 1987, s. 3-14).

Fiziksel özürlü yolcular için istasyon lobisinde kot farkı yapılmamaktadır, ancak gerekli olan yerlerde rampalı tasarım çözümleri üretilmektedir. Ayrıca görme özürlü yolcuların yollarını tayin etmesine yardımcı olacak şekilde yol gösterici özel döşeme kullanılabilir (Anon., 1987, s. 3-14).

Bilet Holleri ve Geçiş Turnikeleri

Bilet kontrol turnikeleri istasyon girişi ile düşey sirkülasyon elemanları arasındaki yol üzerinde bulunmaktadır. Bilet satışı yapılan gişeler ise sirkülasyon ağının dışında kalmalı, giriş ve çıkış yapan yolcu trafiğinin kesişmesini önlemek üzere sağ tarafta olmalıdırlar.

Giriş kontrolleri için, çeşitli mekanik ve elektronik sistemler mevcuttur. Değişik sistemler için farklı büyüklükteki bilet hollerine ihtiyaç vardır.

Otomatik bilet kontrol makinelerinde (giriş için)	0.50 m,
Elektronik kontrollü giriş kapılarında	0.80 m,
Jeton-kutulu girişlerde	0.65 m,
Döner turnikeli girişlerde	1.00 m,
genişlik bırakılmalıdır.	

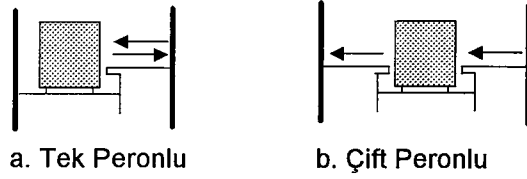
Giriş turnikelerinin ön taraflarında iki sefer arasında beklenen yolcunun %20'si oranında bir kuyruk uzunluğu gözönünde bulundurularak, yeterli alan bırakılmaktadır. Bu alan hesabında 2.5 yolcu/m² değeri kullanılmaktadır. Kontrol sistemleri geçişinden sonra ise, minimum 3.00 m. eninde serbest alan tasarlanmalıdır (Anon., 1987, s.19). Turnikeler yalnızca tek yönlü geçişe olanak verecek şekilde, giriş ve çıkış turnikeleri olarak ayrılmaktadır.

Turnikelerde kartlı geçen yolcular ve personel için ayrılmış abonman geçişleri bulunmaktadır. Özürlü yolcuların da genellikle bu geçişleri kullanılacakları düşünülmektedir.

3.3.3. Peronlar

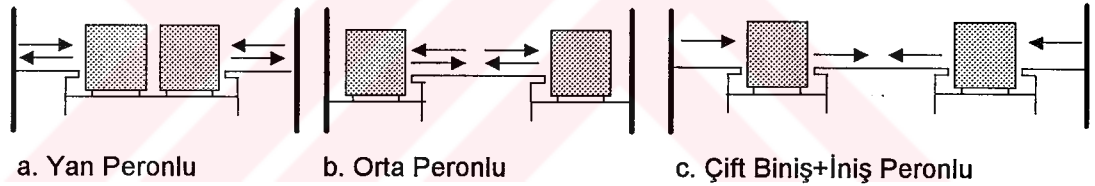
Peronlar, yolcuların vagonlara binerken veya vagonlardan çıkarken kullandıkları mekanlardır. Yeraltı istasyon yapılarının, tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere iki tür en kesitleri mevcuttur. Peronlar, bu en kesitlerdeki biniş ve çıkış sirkülasyon durumlarına göre çeşitli tiplerde olabilmektedir. Tek yönlü enkesitli istasyonlarda, peronların biniş veya iniş ayrıldığı tek taraflı peronlar (Şekil 3.3.a); peronlardan

birisinin biniş diğerinin iniş ayrıldığı çift taraflı peronlar (Şekil 3.3.b) olarak ayrılabilir.



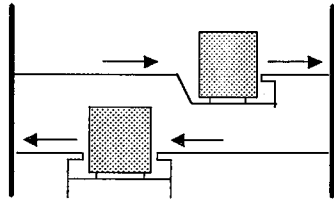
Şekil 3.3. Tek yönlü (bağımsız enkesitli) enkesitli istasyonlarda peron tipleri

Çift yönlü enkesitli istasyonlarda, peron tipleri iki taraflı peronlar, orta peronlar ve iki yan ve bir orta peron olmak üzere üç tiptedir. İki taraflı peronlarda, peronlardan birisi bir yönün biniş ve inişine, diğeri ters yöndeki biniş ve inişlere ayrılmıştır (Şekil 3.4.a). Orta peronlarda ise her iki yönde biniş ve inişler yapılabilir (Şekil 3.4.b). İki yan ve bir orta peron tipinde, yan peronların birisi, bir yöndeki, diğer peron ise öteki yöndeki biniş, orta peron ise sadece her iki yöndeki inişlere ayrılmıştır (Şekil 3.4.c).



Şekil 3.4. Çift yönlü (bileşik enkesitli) enkesitli istasyonlarda peron tipleri.

Şekil 3.5'te iki seviyeli peron tipi gösterilmektedir.



Şekil 3.5. İki seviyeli peron tipi.

Peron boyutları, peron tipleri kriterlerine uygun olmalıdır (Tablo 3.2.). Peron uzunluğu, vagon uzunluğuna ve kullanılacak vagon sayısına göre, peron genişliği de gerekli olan peron alanına göre belirlenmektedir.

Tablo 3.2. Peron tiplerine göre minimum peron genişlikleri (Anon., 1987, s.3-20)

Minimum peron genişlikleri (m)		
Peron Tipi	Tercih Edilen Minimum Genişlik	Kabul Edilebilecek Minimum Genişlik
Orta Peron (giriş noktasında)	7.3	6.7
Orta Peron (giriş olmayan uçta)	4.8	3.6
Yan Peron	3.6	2.4

Peron kenarı ile kolon ve oturma bankı gibi herhangi bir engel arasındaki uzaklık minimum 2.40 m, duvar veya merdivene olan uzaklık ise minimum 3.65 m olarak belirlenmiştir. Peronun kotu ray üstü kotundan 1.17 m fazladır (Anon., 1987, s.3-20).

Peronlarda araç yönünde, 0.40-0.65 m, duvar kenarında 0.20-0.25 m genişlikte farklı renk ve malzemeden oluşan bir uyarı şeridi bulunmaktadır (Anon., 1987, s.14). Peron üzerine yerleştirilecek oturma elemanları, otomatik makineler, çöp kutuları gibi ekipmanlar esas yaya sirkülasyonunu engellemeyecek şekilde konumlandırılmaktadır.

3.3.4. Yaya Alt Geçit ve Tünelleri

Düşey sirkülasyon elemanlarının bitiminden başlayıp, bilet holünde veya peronda biten yapısal ulaşım elemanlarıdır. Yaya geçitleri ve tüneller, yolcuların minimum yol yürüyerek peronlara veya bilet hollerine ulaşmalarını sağlamaktadırlar. Geçitlerin minimum genişlikleri 2.50-3.00 m, minimum yükseklikleri ise 2.20-2.50 m arasında değişmektedir. Güvenli ve hızlı yaya akımı için, geçitlerde 90° lik dönüşler ve sert kurplar yapılmamalı, daralmalar ve çıkmaz yollar olmamalıdır (Anon., 1987, s.23-24).

3.4. Kapalı Metro İstasyonlarında Yaya Sirkülasyonu

Yaya sirkülasyonun özellikleri, kullanılan sirkülasyon elemanlarına göre değişmektedir. Kapalı metro istasyonlarında istasyonun mimari özelliğine göre yayaların kullandıkları yatay sirkülasyon elemanları, peronlar ve altgeçitler; düşey sirkülasyon elemanları merdivenler, rampalar ve asansörlerdir.

3.4.1. Kapalı Metro İstasyonlarında Yaya Sirkülasyonunun Özellikleri

Kapalı metro istasyonlarında çeşitli mekanlara göre yaya karakteristikleri değişmektedir. Yaya karakteristiklerinin farklılaşması nedeniyle sirkülasyon mekanlarının ayrı ayrı gruplandırılarak, yaya sirkülasyonun analizinin ve değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir.

3.4.2. Yatay Sirkülasyon Araçları

Kapalı metro istasyonlarında yayaların kullanabilecekleri yatay sirkülasyon elemanları peronlar, alt geçitler ve tünellerdir.

3.4.2.1. Peronlar

Geçitler, holler ve peronlardaki yaya hareketleri yatay sirkülasyon mekanlarındaki yaya karakteristiklerine bağlı olarak incelenmektedir. İstasyona gelen ve istasyondan giden yayaların aynı holleri, geçitleri ve peronu kullanmaları sonucunda çift yönlü yaya akımı oluşmaktadır. Yaya akımının tek yönlü veya çift yönlü olmasına göre akımın hızı farklılaşmaktadır.

Kapalı metro istasyonlarında istasyon ve peron tipine göre yaya sirkülasyonunun özellikleri değişmektedir. Orta ve yan peronlu istasyon tiplerinde peron hem giden yolcular için hem de gelen yolcular için ayrılmıştır. Ancak doruk saatlerde yaya sirkülasyonu tek yönlü akım olarak kabul edilebilmektedir.

Perondaki tercih edilen yaya yoğunluğu, 1.5 kişi/m^2 'dir (Anon., 1987, s.15). Peron alanı hesaplanırken, yaya başına 0.37 m^2 ayrılabilir (Anon., 1987, s.3-10). Çift yönlü akımlarda, akım yoğunluğu 0.3 kişi/m^2 olan akımlarda yürüme hızı 1.5 m/sn olarak kabul edilmektedir. Yoğunluk arttıkça akım hızı 0.9 m/sn - 0.6 m/sn arasında değişmektedir (Tregenza, 1978, s.45-46). Akımın hızını etkileyen diğer bir faktör de peronda bekleyen yolcuların akımla kesişimidir. Genellikle peronda bekleyen yolcuların kullandıkları, görsel elemanların (harita, pano, tabela gibi), sabit oturmaların ve satış otomatlarının yerinin doğru olarak belirlenerek akımı engellemeleri sağlanmalıdır.

3.4.2.2. Geçitler ve Tüneller

Yaya alt geçitleri ve tünelleri düşey sirkülasyonun bitiminden başlayıp, bilet holünde sona eren yatay sirkülasyon elemanlarıdır. Minimum net genişlikleri 2.50-3.00 m, yükseklikleri ise 2.20-2.50 m olarak tasarlanmaktadır. Yaya geçitleri veya tünellerinde 0.50 m'lik bir genişlikten tek yönlü akım olarak dakikada 50 yolcunun geçtiği varsayılmaktadır. Yolcu kapasitesinin hesaplanması için 0.90 m'lik genişlikte de aynı sayıda yolcunun geçiti veya tüneli kullandığı kabul edilerek, bu genişlikten sonraki her 0.60 m'lik bantta dakikada 50 yolcu varsayımı uygulanmaktadır.

3.4.3. Düşey Sirkülasyon Araçları

Kapalı metro istasyonlarında düşey sirkülasyon araçları olarak, merdivenler, mekanik merdivenler ve asansörler kullanılmaktadır. Farklılaşan sirkülasyon araçlarına göre yaya sirkülasyonunun özellikleri de değişmektedir.

3.4.3.1. Merdivenler

Birçok metro istasyonunda yolcuların istasyonu güvenli, hızlı ve konforlu bir şekilde kullanabilmesi için mekanik merdiven ve normal merdiven birarada kullanılmaktadır.

3.4.3.1.1. Normal Merdivenler

Merdivenlerdeki yaya hareketlerini incelemek için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Geliştirilen ilk yaklaşımda, merdivenlerdeki akım oranı, giriş-çıkış durumları ve yoğunluk değişimlerine bağlı olarak farklılaşmaktadır. Yaklaşık olarak akım yoğunluğu 2 kişi/m² olduğunda yayaların hızı 0.5 m/sn ve akım oranı da etkin merdiven genişliği için 1.18 kişi/m/sn olarak alınabilmektedir.

Pauls tarafından ortaya konulan diğer bir bağıntıda, etkin merdiven genişliği, merdivenden geçen yaya sayısı, bu yayaların merdivenden geçiş süresi parametreleri kullanılmıştır (Pauls, 1984). Gerekli etkin merdiven genişliği aşağıdaki formüllerle bulunabilmektedir.

$$W = (8040 * K) / T^{1.37}$$

$$K = (W * T^{1.37}) / 8040$$

T: akım zamanı (sn)

K: merdivenden geçen kişi sayısı

W: etkin merdiven genişliği (mm).

Bu yaklaşımlarla, merdiven genişliği ve akım zamanına göre merdivenden geçebilecek maksimum yolcu sayısı hesaplanabilmektedir.

Kapalı metro istasyonları için tasarlanan merdivenlerde genişlik tek yönlü akımlar için minimum 2.50 m, çift yönlü akımlar için ise minimum 3.00 m olarak kabul edilmektedir. Dinlenme sahanlıkları en az 1.50 m genişlikte 2.50- 3.00 kat yüksekliği için bir tane olmak üzere tasarlanır.

Yaklaşık 6-8 m kat yüksekliğindeki 0.60 m genişliği olan bir merdiven için yolcu kapasitesi çıkışlarda 40-50 yolcu/dakika, inişlerde 50-60 yolcu/dakika olarak varsayılmaktadır (Anon., 1987, s.19-20).

3.4.3.1.2. Mekanik Merdivenler

Kapalı metro istasyonları için tasarlanan mekanik merdiven boyutlamaları standartlara uyularak düzenlenmektedir. İstasyonlar için net basamak uzunluğu 62-82 veya 102 cm, basamak genişliği 40 cm, rıht yüksekliği ise 20-22 cm olarak kabul edilmektedir. Merdivenler 30° veya 35° eğimle çalışmaktadır.

30° eğimli merdiven için; merdivenin plandaki uzunluğu=kat yüksekliği*1.732

35° eğimli merdiven için; merdivenin plandaki uzunluğu=kat yüksekliği*1.428

Mekanik merdivenlerde maksimum taşıma kapasitesi aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$M = ((Q * V) / T) * 3600$$

Q= Kişi/basamak

T= Merdiven bantının hızı (m/sn)

M= Yolcu kapasitesi

Tablo 3.3. Mekanik merdiven basamak genişliğine göre yolcu kapasitesi kabulleri (Anon., 1987, s.210).

Yürüyen Merdiven Kapasitesi		
Brüt Basamak Genişliği (m)	Net Basamak Genişliği (m)	Kapasite (Yolcu/Saat)
1.22	0.62	6000
1.42	0.82	7000
1.62	1.02	8000

Basamaklarda bir hızda 2 kişi durabilmesi ve hızın artırılması ile 1.02 m genişlikteki merdivenlerde kapasite %60-%70 oranında yükseltilebilmektedir (Anon., 1987, s.19-20).

3.4.3.2. Rampalar

Eğimleri %4'ten fazla olan sirkülasyon yolları rampa olarak tanımlanmaktadır. Korkuluklar arası minimum genişliği 1.50 m olan rampalarda her 10 metrede bir sahanlıklar bulunması gerekmektedir. Tekerlekli sandalyeler için %15 oranında bir eğim yeterli olmakla birlikte, %8 oranındaki eğim maksimum olarak kabul edilmektedir. Rampalar için korkuluk yükseklikleri 90 cm dir.

Rampalar için önerilen yolcu kapasitesi, bir metre genişlik için dakikada 65 kişidir (Anon., 1987, s.3-20).

3.4.3.3. Asansörler

Asansörler metro istasyonlarında kent dokusunun zorunlu kıldığı durumlarda düşey sirkülasyon için kullanılmaktadır. Asansörlerde bekleme süreleri, yaya sirkülasyonunda tıkanıklık yarattığından dolayı genellikle tercih edilmemektedirler. Sadece özürü yolcuların kullanımı için ayrılmış olan asansörler istasyon içinde tasarlanmaktadır.

Asansör kabinleri, tekerlekli sandalyelerin 180° dönebilmelerini sağlayacak şekilde minimum 1.50 m x 1.90 m büyüklüğünde olmaktadır. Asansörlerin bir kerede 25-30 yolcuyla taşınması beklenmektedir. Asansörlerin alanlarına göre kapasiteleri Tablo 3.4'te verilmiştir (Anon., 1987, s.22).

Tablo 3.4. Asansör boyutlarına göre yolcu kapasitesi kabulleri (Anon., 1987, s.22)

Asansörlerin Yolcu Kapasiteleri			
Kabin Alanı (m ²)	Taşıyacağı min. Yük (kg)	Kapasite (Kişi Sayısı)	
3.85-3.98	1875	25	
4.50-4.65	2250	30	

3.4.4. Bilet Turnikeleri ve Geçişler

Giriş turnike sayıları saat başına her 0.55 m'lik şeritten 40 yolcunun geçtiği varsayılarak istasyon kapasitesine göre hesaplanabilmektedir. Turnike geçişlerinin yanısıra personel için ayrılmış olan 1.5 m eninde abonman geçişleri de bulunmaktadır (Anon., 1987, s.17-19). Çıkış turnikelerinin sayıları ise bir turnikeden bir dakikada ~40-45 kişi geçtiği düşünülerek belirlenmektedir.



BÖLÜM 4

MİMARİ TASARIMDA DEĞERLENDİRME AMAÇLI UZMAN SİSTEMLER

Bilgisayar destekli mimari tasarım uygulamalarında, tasarım sürecinin analiz, sentez, değerlendirme ve takdim aşamalarında süreci otomatikleştiren yaklaşımlar giderek önem kazanmaktadır. Yapay zeka ve uzman sistemler konularında yapılan çalışmalar, bilgisayar destekli tasarım konusundaki çalışmaları büyük ölçüde etkilemektedir. Ussal karar verme süreci tasarıma uygulandığında, alt çözümler oluşturulur, seçenekler değerlendirilir ve optimum alt çözümler bulunur. Mimari tasarımda çeşitli amaçlarla geliştirilen bilgisayar modelleri, tasarım seçeneklerinin değerlendirilmesinde ve onların karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Çağdaş, Ökten, 1995, s.508).

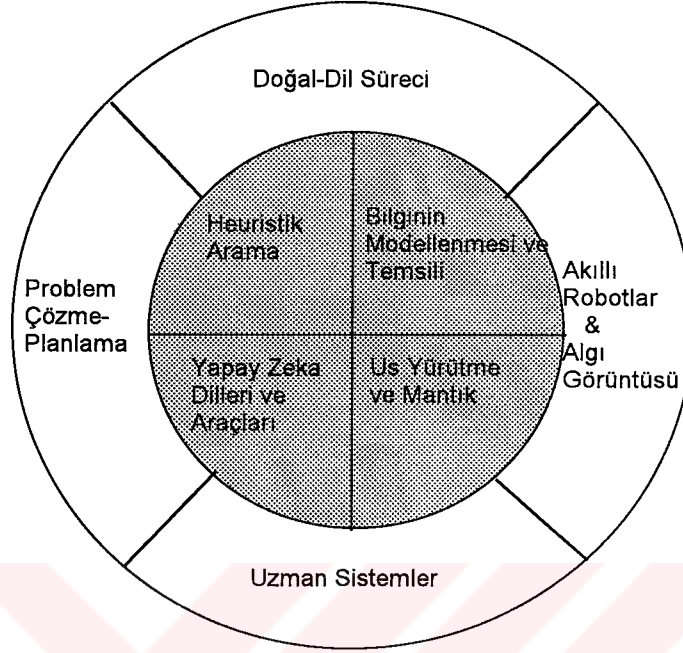
4.1. Yapay Zeka ve Uzman Sistemler

Geleneksel bilgisayar programları, problem çözümünde sayısal işlemlere dayanan bir süreç izleyerek algoritmik yöntemler kullanmaktadır. Bu tür programlar ile genellikle kesin ve bilinen bir sonuca varılır. Problem çözümünde, heuristik araştırma yöntemlerini kullanan yapay zeka programları ise, sembolik işlemlere dayanan bir süreç izlemektedir. Kavramlar, olgular, kelimeler içeren yapay zeka programlarında insanın problem çözme sürecinde olduğu gibi doğru sonuca erişileceği kesin değildir (Hunt, 1986, s.1).

Yapay zeka sistemlerinin kurulması beş adımda şöyle tanımlanabilir (Bielawski, Lewand, s. 61):

- Problemin tanımlanması,
- Bilginin elde edilmesi ve temsili,
- Araçların seçimi,
- Prototiplerin oluşturulması ve geliştirilmesi
- Sistemin test edilmesi ve korunması.

Yapay zekanın bileşenleri Şekil 4.1.'de görülmektedir. Şeklin taralı olan kısmı yapay zekanın temel elemanlarını, diğer bölümler ise uygulama alanlarını göstermektedir.



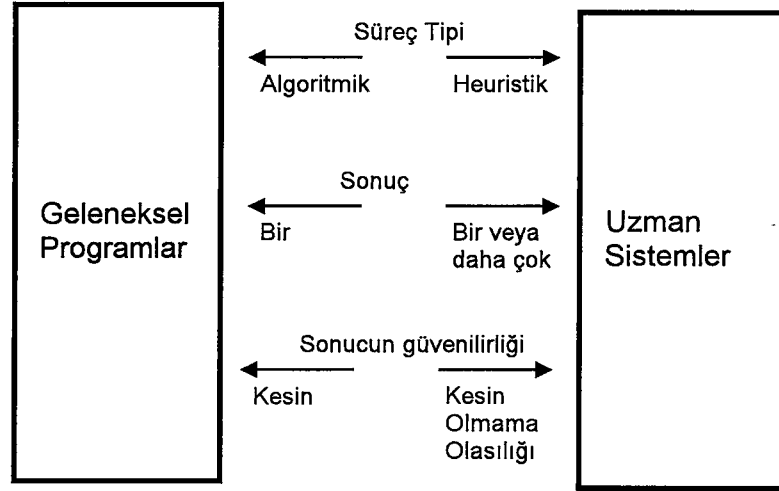
Şekil 4.1. Yapay Zekanın Elemanları (Hunts, 1986, s.7).

Geniş kapsamlı bilgi alanı, yapay zeka programlarının diğer bir özelliğidir. Bu tip programlarda bilgi ve kontrol mekanizması birbirinden ayrı olduğu için, bilgilerin değişmesi durumunda bilgi tabanı da değişecektir ve bu değişim kontrol mekanizmasını etkilemediği için kolaylıkla gerçekleşecektir.

Yapay zekanın uygulama alanlarından biri olan uzman sistemler, problem çözme sürecinde bilgiyi ve çıkarsama mekanizmalarını kullanan akıllı bilgisayar programları olarak tanımlanmaktadır. Uzman sistemlerin en önemli karakteristiği karar verebilmesidir. Olayları analiz edebilir, olası cevapları tanımlayabilir ve bu cevaplardan seçim yapabilir. Bir bilgisayar yazılımı, uzmanın karar verme yeteneğinin benzetimini yaptığı zaman, uzman sisteme örnek teşkil eder (Bielawski, Lewand, s. 18). Şekil 4.2.'de geleneksel programlar ile uzman sistemler arasındaki farklılıklar görülmektedir.

Uzman sistemler tarafından kullanılan heuristik programlama teknikleri, insan problem çözücüler tarafından yaygın olarak kullanılan tekniklerdir. Problem çözme süreci boyunca kullanılan heuristiklerin sabit kalması, en basit heuristik arama

teknîğidir. Daha karmaşığı ve ideali ise problem çözme sürecinde toplanan bilgilere dayanarak heuristiklerin değıştirilmesine ve geliştirilmesine olanak veren heuristik aramalardır (Sağlam, 1982, s. 18).



Şekil 4.2. Uzman sistemler ile geleneksel programlar arasındaki farklılıklar (Bielawski, Lewand, s.25)

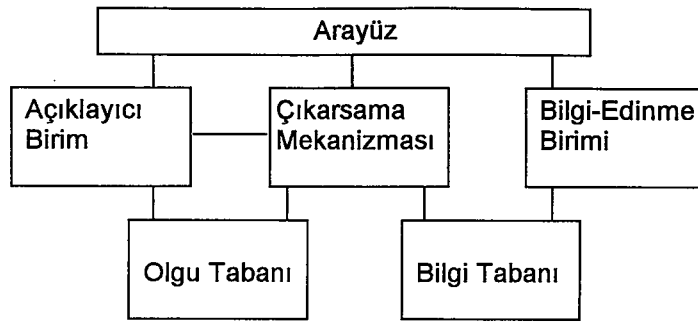
Bugüne kadar geliştirilen uzman sistemler, sürecin alternatiflerinin geliştirilmesini, sınıflanmasını, yorumlanmasını, sorunların teşhis edilmesini, çözümlerin elenmesini ve düzenlenmesini sağlamaktadır (Coyne, 1990, s.199).

Mimari tasarımda kullanılmakta olan geleneksel bilgisayar modelleri, genellikle iyi tanımlanmış tasarım alt problemlerine uygun çözümler getirebilmektedirler. Kötü tanımlanmış (ill-defined) tasarım problemlerinin çözümünde veya uzmanlık bilgisi gerektiren alanlarda, çözümler üretip önerilerde bulunmak amacıyla uzman sistemler kullanılmaktadır.

4.1.1. Uzman Sistem Bileşenleri

Uzman sistemlerin ana bileşenleri; arayüz birimi, açıklayıcı birim, çıkarsama mekanizması, bilgi-edinme birimi, olgu tabanı ve bilgi tabanıdır (Şekil 4.3). Bütün uzman sistemlerde bu bileşenlerin hepsi bulunmayabilir (Coyne, 1990, s.198).

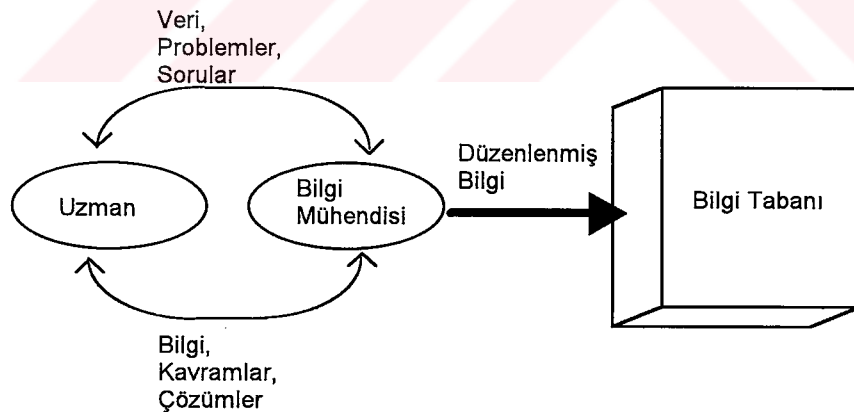
Arayüz birimi, kullanıcı-makine ilişkisini kuran birimdir. Kullanıcının soru sormasına, sistemden soru almasına ve gerekli bilginin sağlanmasına olanak tanır. Uzman sistemin diğer bileşenleri ile geçişi sağlayan birim de arayüz birimidir.



Şekil 4.3. Uzman sistem bileşenleri (Coyne, 1990, s.198).

Uzman sistemin açıklayıcı birimi, sistemin cevaplarına nasıl ulaştığını açıklayan bilgiyi içermektedir. Genellikle açıklayıcı birim, uzman sistemin belli bir duruma nasıl ulaştığını veya olgu ya da kuralın değişik olması durumunda değişik bir sonuca nasıl ulaşıldığını açıklar.

Seçilen kuralları kullanarak uzman sistemin kontrol işlemlerini yapan bölüm çıkarsama mekanizmasıdır. Uzman sistemin bu birimi, kontrol strüktürü veya kural yorumlayıcı olarak tanımlanabilir. Çıkarsama mekanizması programı uzman sistemin bilgileri ile ilgili mantıksal varsayımlar, zıt-referanslar ve sonuç çıkarmalar ile tasarlanmaktadır (Hunt, 1986, s. 133).



Şekil 4.4. Uzman sistemin tipik bilgi edinme süreci (Hunt, 1986, s.147).

Bilgi edinme birimi, uzmanlık alanında içerilen bilgiyi elde eden birimdir. Bazı kaynaklardan genellikle uzmanlardan, bilginin kazanılması, biçimlendirilmesi ve organize edilmesi süreci uzman sistemin bu biriminde gerçekleşmektedir (Hunt, 1986, s. 147). Şekil 4.4.'de uzman sistemin bilgi edinim süreci görülmektedir.

Nesneler ve nesnelerin birbirleri ile olan ilişkileri tasarım sürecini oluşturan bilgiyi meydana getirirler. Bu nedenle tasarım sürecinin bilgisayar ortamına tanımlanmasında nesnelerin ve ilişkilerin uzman sistem içinde yer alması gerekmektedir. Olgu tabanı, fiziksel nesneler (nitelikleri, çeşitleri) ve aralarındaki fiziksel ilişkileri tanımlayan bilgileri içermektedir (Coyne, 1990, s.45).

Olgular arasındaki mantıksal bağlar, uzman sistemin bilgi tabanında yer almaktadır. Üretilen kurallardan (eğer.... ise) elde edilen bilgi, sistemin bilgi tabanı biriminde depolanır (Bielawski, Lewand, s. 27). Tablo 4.1.'de olgu tabanının ve bilgi tabanının nesneler ile aralarındaki ilişkiler ifade edilmiştir (Coyne, 1990, s.51).

Tablo 4.1. Olgu ve bilgi tabanında nesneler ve ilişkileri (Coyne, 1990, s.51).

	Olgular	Bilgi İfadesi
Nesneler	Fiziksel Nesneler Sınıflar Nitelikler Çeşitler Örnek: <i>Ev, çatı, baca</i>	Olgular Örnek: <i>Üstünde (A, B)</i> <i>Yanında (A, B)</i>
İlişkiler	Nesne grubunun topolojisi Örnek: <i>Üstünde, Yanında</i>	Mantıksal bağlar Örnek: <i>Eğer, ve, veya</i>

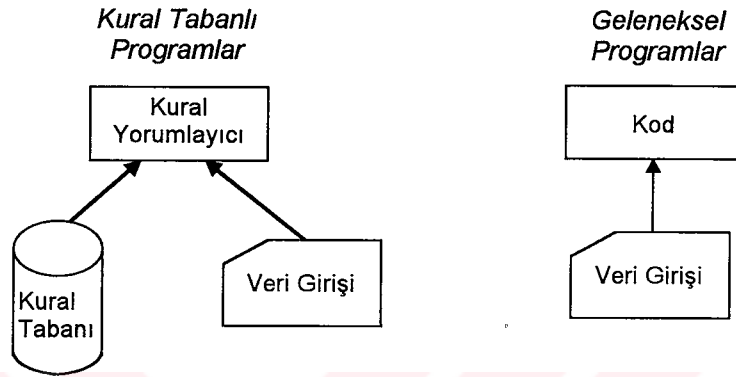
4.1.2. Uzman Sistem Türleri

Uzman sistemler, kullandıkları bilginin temsil biçimi yaklaşımına göre sınıflandırılmaktadır. Kural tabanlı, çerçeve tabanlı ve prototip tabanlı olarak gruplandırılabilen uzman sistemlerin genel kullanımları, birkaç tür yaklaşımın bütünlenleştirildiği karma yaklaşımlardır.

4.1.2.1. Kural Tabanlı Uzman Sistemler

Kural tabanlı uzman sistemler, genellikle erken dönemlerde geliştirilmiş uzman sistemlerdir. Kurallar, tasarım elemanları olan nesnelerin nedensellik (causal) bilgisini temsil eden geleneksel metodlardır. Kural tabanlı yaklaşımların anlaşılması kolaydır, tekbiçimli temsil edilme kullanılmaktadır ve sonuç çıkarıcı mekanizmalar kolaylıkla uygulanabilmektedir. Buna rağmen, kuralların sahip oldukları bilgilerin çoğu kesindir ve bu sistemlerin kullanımı, kullanıcılar tarafından anlamlarının

eklenmesine bağlıdır. Nesnelerin tipolojik ve elementel özellikleri ile ilgili bilgilerin yeterince tanımlanabilmesi, kuralların sınırlılığı içinde oldukça güç olmaktadır. Eğer kural tabanlı sistemlerin modüler özelliklerine bağlı kalınırsa aynı eleman ile ilgili bilginin toplanıp birleştirilmesi mümkün değildir. Kural tabanlı sistemdeki bilgi, sistemin ne olduğu hakkında bilgi taşımadığı için yüzeyseldir (Rosenman ve diğ., 1989, s.179).



Şekil 4.5. Kural tabanlı programlar ile geleneksel programlar arasındaki farklar (Hunt, 1986, s.224).

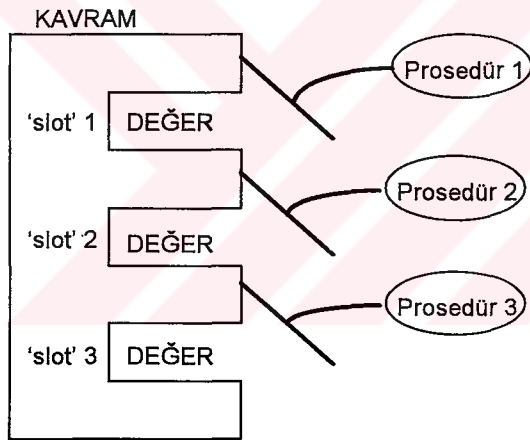
Şekil 4.5.'de Geleneksel bilgisayar programları ile kural tabanlı uzman sistemler arasındaki farklar görülmektedir. Kural tabanlı programlar, kural yorumlayıcı olarak adlandırılan genel us yürütme programı ile kural tabanı olarak adlandırılan uzmandan elde edilen karar verebilen kuralların oluşturduğu dosyaları içermektedir. Kural yorumlayıcı, kural tabanını çağırır ve kullanıcı ile iletişime rehberlik eden kural tabanını kullanır (Hunt, 1986, s.224).

4.1.2.2. Çerçeve Tabanlı Uzman Sistemler

Çerçeve tabanlı uzman sistemler, kural tabanlı uzman sistem yaklaşımlarına göre daha fazla kavramsal bilgiye yer verdikleri için, objeler ve aralarındaki tipolojik ve elementel bilgiyi iyi bir şekilde temsil etmektedirler ve böylece sistemdeki bilginin temsil edilmesinde daha etkin rol oynamaktadırlar, (Rosenman ve diğ., 1989, s.180).

Çerçeve, bir objeye ilişkin bilgi temsilidir. Çerçeveler, gerektiği zaman yeni bir çerçeveye genişletilebilen ve objeleri temsil eden özellikler taşırlar. Bu özelliklere "slot" adı verilir. Bir "slot"a çeşitli değerler yüklenebilmektedir. Böylece bir çerçeve, objeleri veya kavramları temsil eden düğüm noktaları (nodes) ile özellikleri birleştiren bilgi temsil yöntemi olarak tanımlanabilmektedir. Özellikler ise "slot" olarak adlandırılan nitelikler ve bunların değerleri ile tarif edilir. Bir "slot"a bağlı bir

dizi değerler, uygun arayüzler (facets) aracılığıyla tanımlanmaktadır (Carrara, Novembri, 1985, s.148). Düğüm noktaları, ilişkilerle bağlanmış ve bir hiyerarşi şeklinde organize edilmiş bir ağ (network) oluştururlar. Her bir düğüm noktasına ait “slot”lar, düğüm noktasının temsil ettiği kavramı açıklamaya yardım eden değerler taşımaktadır. Program tarafından dokunulduğu zaman bir “slot”, uygun bir arayüz aracılığıyla, bir prosedüre bağlanabilir, yani uygulanabilir. “slot”lara bilgi ilave etme veya ‘slot’lardan bilgi alma, ‘slot’lara bağlı prosedürlerin aktifleşmesine neden olur. O zaman, prosedürler, diğer ‘slot’lardaki değerleri değiştirebilir ve bu süreç istenilen hedefe ulaşınca kadar devam eder (Hunt, 1986, s.113). Böyle bir prosedürel bağıllık, stratejiler ve uygun işlemler önererek, objelerle, onlara bağlı ‘slot’lar arasındaki karmaşık ilişkilerin temsilini ve temsil üzerinde gerçekleştirilen süreçlerin basitleştirilmesini sağlar (Carrara, Novembri, 1985, s.148). Şekil 4.6.’da çerçeve tabanlı uzman sistemlerin bileşenleri ve çalışma prensipleri ifade edilmiştir (Hunt, 1986, s. 113).



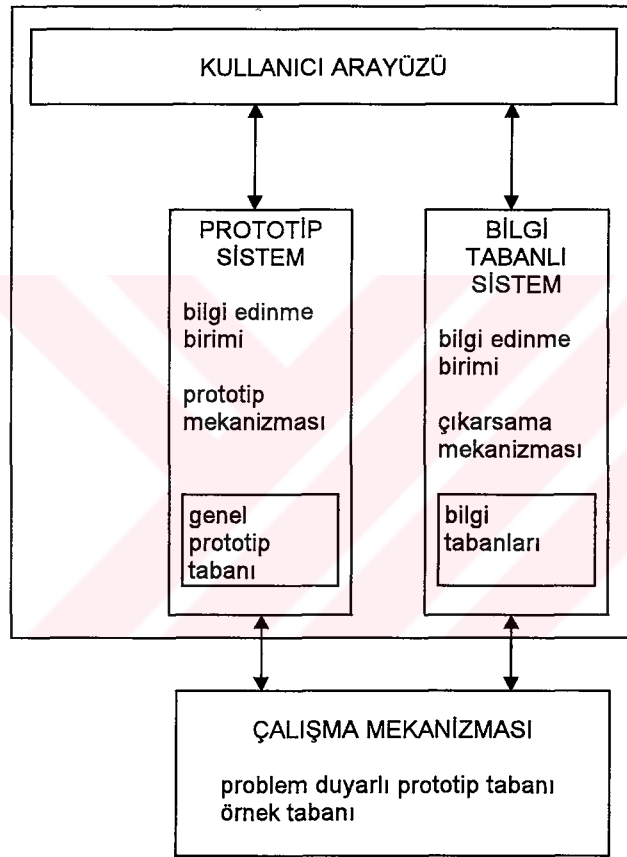
Şekil 4.6. Çerçeve tabanlı sistemler (Hunt, 1986, s. 114).

Bütün ‘slot’ların değişmez, tekbiçimli davranmaları, çerçeve strüktürlerin dezavantajıdır ve çerçeve içinde ‘slot’-arayüz-değer strüktüründen başka bir strüktür olmaması nedeniyle, bu tip yaklaşımlarda objeye ait fonksiyonel, davranışsal ve strüktürel özellikler arasında ayırım yapmak mümkün değildir (Rosenman ve diğ., 1989, s.180).

4.1.2.3. Prototip Tabanlı Uzman Sistemler

Prototip tabanlı uzman sistemler, tecrübeyi semantik ve sentaktik ilişkilerin kesin olarak tanımlandığı genel kavramlar şeklinde temsil edebilmektedir. Prototip,

içinden tasarım örneklerinin türetilbileceği, genelleşmiş bir grup tasarım ürününü temsil eder. Böylece, prototipe-dayalı bir sistem, tasarım tecrübelerini (uzmanlık bilgileri) temsil etmek, depolamak ve dönüştürmek için bir iskelet oluşturur (Rosenman ve diğ., 1989, s.182). Prototipler, bilginin tipolojik strüktüründeki kavramları temsil edebilmektedir (Oxman, Oxman, 1990, s. 180). Tasarım tecrübelerini dönüştürmede faydalı olabilmek için, prototip, belirli örneklerin üretilmesinde gerekli bilgi yanında, belirli bir sınıf öğeye ait, tipolojik, fonksiyonel, davranışsal ve strüktürel bilgiyi de içermektedir (Rosenman ve diğ., 1989, s.182).



Şekil 4.7. Prototip tabanlı uzman sistem yapısı, (Rosenman ve diğ., 1989, s.184).

Prototip tabanlı uzman sistem kabuğu, kullanıcı arayüzü, prototip sistemi, bilgi tabanı sisteminden oluşmaktadır. Sistem kabuğuna çalışma mekanizması eklenerek özelleştirilmiş prototip tabanlı uzman sistem elde edilmektedir (Şekil 4.7.), (Rosenman ve diğ., 1989, s.184). Kullanıcı arayüzü, bilgisayar-kullanıcı ilişkisini kuran birimdir. Prototip sistemi, kendi alanındaki elemanlara ait genel bilgi deposu olarak görev yapar ve prototip tabanındaki bilginin kullanımını sağlar. Bilgi tabanı, belirli bir uygulamaya özgü bilgiyi içerir. Bilgi tabanları, referans verdikleri

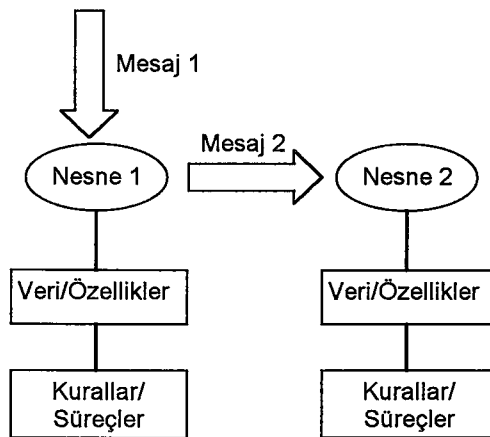
elemanların, prototip tabanında da bulunacak şekilde kurulmaktadır. Çalışma mekanizması, problem duyarlı prototip tabanı ve örnek tabanından oluşmaktadır (Rosenman ve diğ., 1989, 183-186).

4.1.3. Uzman Sistemlerde Bilginin Temsili

Uzman sistemlerin en önemli ve en karmaşık bölümü, uzmanın tasarım bilgisinin bilgisayar ortamında temsil edilmesidir. Temsil etme, basit anlamda, nesnenin zihnimizde yarattığı imaj veya semboldür. Daha geniş anlamda ise nesnelerin nitelikleri ve nesneler arasındaki ilişki hakkındaki bilgilerdir. Örnek olarak; tavşan, basit anlamda tavşan adı verdiğimiz hayvanı temsil eder. Ancak, geniş anlamda tavşanın temsili; tavşanlar memeli ve otcul hayvanlardır, yuvalarını toprağa kazarlar, tilkiden kaçarlar gibi olguları içermektedir. Normal olarak, bir nesneyi düşündüğümüz zaman, basit ve geniş anlamda temsil edilme insan belleğinde canlanır (Yan, 1993, s.315).

4.1.3.1. Nesne-Yönelimli Yaklaşımlar

Bilgisayar sistemlerinde tasarım elemanları nesnelerdir. Nesneler genellikle aynı davranışları paylaştıkları için gerçek dünyanın bilgisayar ortamına aktarılmasında nesne-yönelimli yaklaşımlar daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım ile bütün nesneler için genel modellemeler yapılabilmektedir (Mazzochi ve diğ., 1992, s. 115). Nesne yönelimli programlama ile ilgili işleyiş şeması Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Nesne-yönelimli programlama.

Nesne yönelimli sistemlerde, nesneler kendilerinden beklenen davranışı "biliyor" gibi gözükürler. Diğer bir deyişle, nesneler davranışları ile ilgili bilgilerle birleştirilmişlerdir. Nesnelere yüklenen bilgiler sayesinde tasarım sistemine yeni elemanların eklenmesi gibi kullanıcının sistem üzerindeki kontrolleri basitleştirilmektedir (Coyne, 1989, s.213).

Nesne-yönelimli sistemler, genellikle sınıflar, alt-sınıflar, nesneler, alt-nesneler ve özellikleri, 'slot'lar ve alanlarla oluşturulmaktadır. Kalıtım (inheritance), nesne yönelimli sistemlerin esas özelliklerinden bir tanesidir. Kalıtım, özelliklerin, değerlerin ve yöntemlerin depolanmasında gereksiz olanları minimize etmek için nesne-yönelimli yaklaşımlardaki bir mekanizmadır. Nesne bir sınıfa bağlandığı zaman, bu sınıftan yöntemler, değerler veya özellikler almaktadır. Çok belirli durumlarda kalıtım yukardan aşağıya (çocuklardan aileye) olmasına rağmen, genellikle, aşağıdan yukarıya (aileden çocuklara) doğru olmaktadır. Nesne bir sınıftan özellik alabildiği gibi birçok sınıftan da özellik, değer ve yöntem alabilmektedir (McCullough, 1991, s.59).

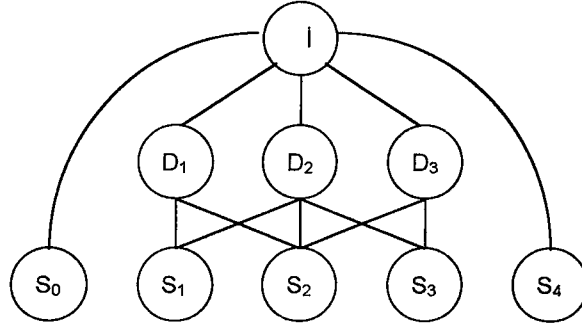
Her soyut nesnenin, işlevi, davranışı ve strüktürü tasarım bilgisinin temsil edilmesini etkilemektedir. Davranış, objenin performans açısından ne yaptığı iken, işlev, bir objenin kullanılma amacıdır. Herhangi bir strüktür için, gerekli bilgi mevcutsa, bir davranışlar takımı üretilebilir. Bu, analiz sürecidir. Bu davranış takımını, başka bir davranış takımıyla karşılaştırma ise değerlendirme sürecine karşılık gelir. İhtiyaç duyulan bir fonksiyon veya bir obje takımı için, gerekli özellikleri gösteren ve böylece ihtiyaçları karşılayan birçok strüktür olacaktır. Bu süreç ise sentezdir.

Bir elemanın strüktürel tanımından türetilen davranış, yorumlayıcı bilginin uygulamasına bağlıdır. Bu, kural şeklinde ifade edilebilen bir matematik formülü veya daha nicel veya heuristik bilgi formuna dönüşebilir.

4.1.3.1.1. İşlev

Bir tasarımın fonksiyonları, insan ihtiyaçları ve çevresel sınır koşullarından oluşan eylemler veya faydalardır. Tasarım işlevleri, davranışlar, strüktür, varolan çevre ve insan amaçları tarafından tanımlanmaktadır. İşlevin kısıtlı temsili, insan amaçları ve sınır koşullarını içerirken, daha geniş temsili, onun davranışlara ve strüktürlere olan çeşitli ilişkilerini içermektedir. Bir işlev birçok davranış gerektirebilir, bir davranış,

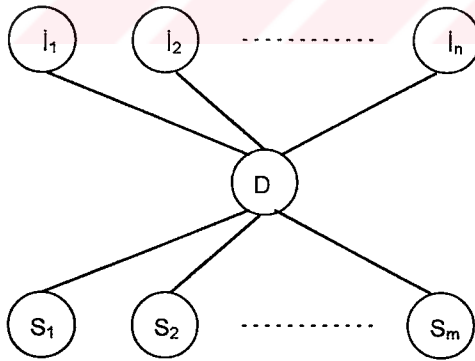
birçok strüktür tarafından içerebilir, bir strüktür birçok davranıştan oluşabilir. Bir işlevden strüktürlere direkt eşleşmeler olabilir. Böylece, fonksiyonun geniş anlamda temsili, davranışlardan ve strüktürlerden oluşan fonksiyon-yönelimli temsildir, (Şekil 4.9) (Yan, 1993, s. 316).



Şekil 4.9. İşleve dayalı bilgi temsili (Yan, 1993, s. 316).

4.1.3.1.2. Davranış

Davranışlar, bir tasarım bütünü içindeki tasarımdan beklenen tepkilerdir ve tasarıma ait strüktür ve niteliklerle belirlenir. Burada, nitelikler, bilimsel metodlarla ölçülüp, gözlemlenebilen özellikler olarak tanımlanabilmektedir. Davranışa-dayalı bilgi temsili, ilgili işlevler, strüktürler ve onların davranış ile ilgili olan ilişkileri de göz önünde tutulmaktadır (Şekil 4.10) (Yan, 1993, s. 317).



Şekil 4.10. Davranışa dayalı bilgi temsili (Yan, 1993, s. 317).

4.1.3.1.3. Strüktür

Tasarım strüktürü, ona ait elemanlar ve bu elemanlar arası uzamsal ilişkiler tarafından belirlenen uzamsal bir düzenlemedir. Bir uzamsal ilişki, çok sayıda farklı geometrik ilişkiye karşılık gelir. Böylece bir tasarım strüktürü, katı geometrik

4.1.4.1. Tümdengelim ve Tümevarım Yaklaşımları

Mantıksal çıkarsama yaklaşımları, kullandıkları analitik veya sentetik sürece göre ikiye ayrılabilirler. Analitik süreçli çıkarsama yaklaşımı tümdengelim us yürütme yöntemidir. Tipik tümdengelim süreci;

genel kural	y z dir
özel durum	x y dir
mantıksal sonuç	x z dir.

Bu basit çıkarsama yöntemi ile her zaman istenen mantıksal sonuçlar elde edilmeyebilir. Aşağıdaki örnekte, aynı tümdengelim süreci ile yanlış bir sonuca erişildiği gösterilmiştir.

genel kural	kırmızı renk tir
özel durum	elma kırmızıdır
mantıksal sonuç	elma renk tir (Bandemer, Gottwald, 1995, s.100).

Tümdengelimsel yöntemler tanımlayıcıdır ve genellikle % 100 doğru veya %100 yanlış olan bilimsel ifadeler için geçerli olmaktadır. Bunun için tümdengelim çıkarsaması kadar formal ve basit olmayan sentetik süreçli çıkarsama yaklaşımları kullanılabilir. Tümevarım us yürütme yöntemi durum ve sonuçlardan kural çıkarsamasının, çıkarım ise kural ve sonuçlardan durum çıkarsamasının yapılmasıdır.

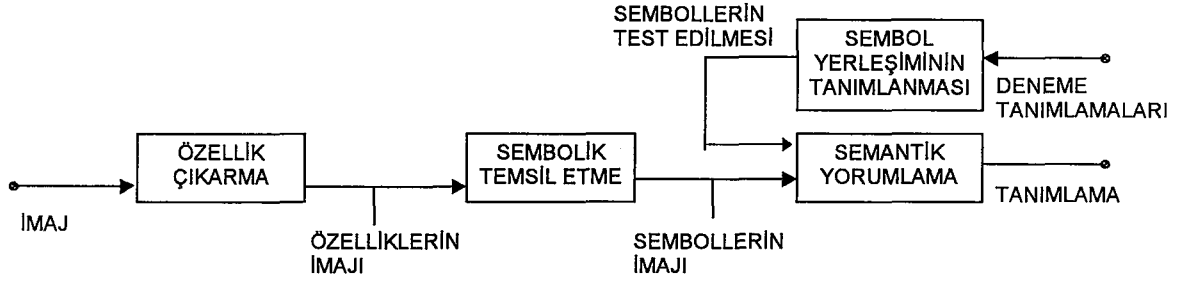
Ussal çıkarsamanın üç aşaması vardır:

- Çıkarımsal (abduction) akıl yürütme ile orjinal kompozisyonların yaratılması,
- Tümdengelim çıkarsaması (deduction) ile performans karakteristiklerin tahmin edilmesi,
- Tümevarım çıkarsaması (induction) ile alışılmış fikirler ve istenen performans değerlerinin birleştirilmesi (March, 1976, s. 18).

Tümdengelim metodlar, beklenen performans ölçümlerinin tahmin edilmesinde kullanılır. Tümdengelim çıkarsamalar tanımlayıcıdır, fakat tahminler, olasılı ifadeleri çıkarsayabilir ve elde edilen sonuçlar da olasıdır (March, 1976, s. 19).

Tümevarımsal us yürütme değerlendircidir. Tasarımın tümevarımsal safhasında, beklenen karakteristikler yeni genelleştirmeler ve varsayımlar tarafından çıkarılır. Tümevarım, genel kümeden hangi özel durumun çıkarsanacağını belirler (March, 1976, s. 20).

Kıyaslama bileşenleri olan durum, kural ve sonuç, uzman sistemlerde olgu, bilgi ve çıkarılan olgu tanımlamalarına eşdeğerdir. Uzman sistemlerde, çıkarılan olgular sistemin bilgi ve olgu tabanındaki ifadelerde saklıdır (Coyne ve diğ., 1990, s.52-53). Bilgi ve olgu tabanındaki ifadeler açık değildir, uzman sistem ancak kural tabanındaki kuralların çıkarsama mekanizması tarafından kullanılarak çıkarılan olguları oluşturabilir.

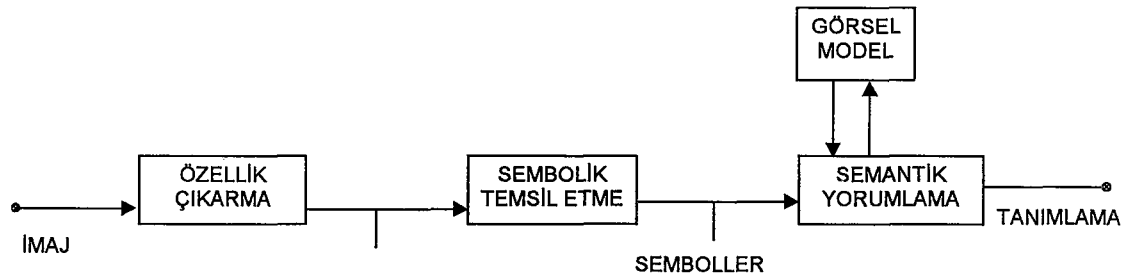


Şekil 4.12. Uzman sistemlerde tümdengelim yaklaşımlarının hiyerarşisi (Hunt, 1986, s. 256).

Şekil 4.12’de uzman sistemlerde tümdengelim yaklaşımlarının süreci gösterilmiştir. Uzman sistemlerde tümdengelimli yaklaşımla problem çözümü, bilgi tabanına dayalı amaç-yönelimlidir (Hunt, 1986, s. 255).

Uzman sistemlerde çok karmaşık kombinasyonları ve hipotezleri içeren problemlerin çözümü için veri-yönelimli tümevarımsal yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Şekil 4.13’de tümevarımsal yaklaşımların uzman sistemlerdeki süreci gösterilmiştir (Hunt, 1986, s. 63).



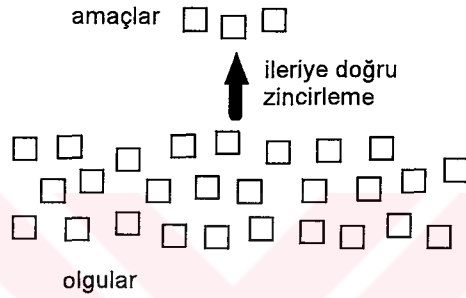
Şekil 4.13. Uzman sistemlerde tümevarım yaklaşımlarının hiyerarşisi (Hunt, 1986, s. 63).

4.1.4.2. İleriye Doğru ve Geriye Doğru Zincirleme Çıkarsamaları

İleriye doğru zincirleme çıkarsaması, bilinen olgulardan sonuçlara doğru çalışmakta ve karakterize edilen problem çözme tekniği olarak tanımlanabilmektedir. Bu metod, ilk bilgi ile başlar ve çıkarsamalardan herhangi biri amacı gerçekleştirinceye kadar veya başka bir çıkarsama yapılamayana kadar yeni bilgiler üreten çıkarsama

kuralları uygulanır. İleriye doğru zincirleme üretim sistemlerinde, bir kuralın uygulanabilirliği hafızasında depolanan güncel bilgiye karşı sol el kuralı ile özelleştirilen şartlar eşleştirilerek tanımlanmaktadır. Uzman sistemlerde, ileriye doğru zincirleme kuralları veri tabanındaki belirli olguları bulabilir ve bu olgulardan kaynaklanan bir eylem üstlenir, (Hunt, 1986, s.113).

Us yürütmedeki ileriye doğru zincirleme yaklaşımı, yorumlama gerekliliğine duyulan ihtiyaç olgu ve bilgi tabanından tahmin edilemeyeceği için değerlidir. Kısmi ve tamamlanmamış tasarımlardan meydana gelen beklenmedik yorumlar yeni düşüncelerin araştırılmasını teşvik edebilmektedir.



Şekil 4.14. İleriye doğru zincirleme sistemi, (Coyne, 1990, s. 176).

Bu us yürütme yaklaşımı problemler ile farkedilmeyen ilişkiler kurmakta, bununla birlikte yorumlamanın aşırı büyük uzamı oluşturulabilmekte ve ilgisi olmayan bir çok şey içermektedir. Verimlilik açısından baktığımızda, ileriye doğru zincirlemenin ve birkaç olasılı yorum veya amaçtan dolayı olgu tabanlı ve bilgi tabanlı sistemler için daha uygun olmaktadır (Coyne, 1990, s.176).

İleriye doğru zincirleme çıkarsamasına ilkelden karmaşığa doğru tanımlanan bir nesne örnek olarak verilebilir. Burada ilk aşama olarak, ilkelin bir değeri üretilmekte ve bu (H, 2.5, 2.0, 2.5, 4.0) olarak tanımlanmaktadır ve bu olgu kendi kendine çıkarsamalar yapabilmektedir. İkinci aşamada, önşart olarak ilkelde bir eğer-ise kuralı bulunmaktadır. Bütün bu önşartların eşleşme doğrulamalarına göre uygun olup olmadığı kontrol edilebilmektedir. Daha sonra sistem eğer-ise kuralının sonucundan neyin çıkarsanabileceğini incelemektedir. Bir olgu kendi kendine çıkarsama yapabileceği için, doğrulamalar uygun olacaktır. İkinci argümanın değeri kuralın sonucu olacaktır ki, bu ilkelden çıkarsanan bir öneri olarak tanımlanabilmektedir. Çıkarsama doğrulamayı iki aşamaya göre ispatlayabileceği için -ki biri yinelenmesidir- sonraki çıkarsamalar yapılabilmektedir. İleriye doğru

zincirleme yaklaşımının ayrıntılı etkisi eğer-ise kuralının bildirilen sonuçlarındaki olası değerleridir. Bunun örneklenmesi aşağıdaki gibidir:

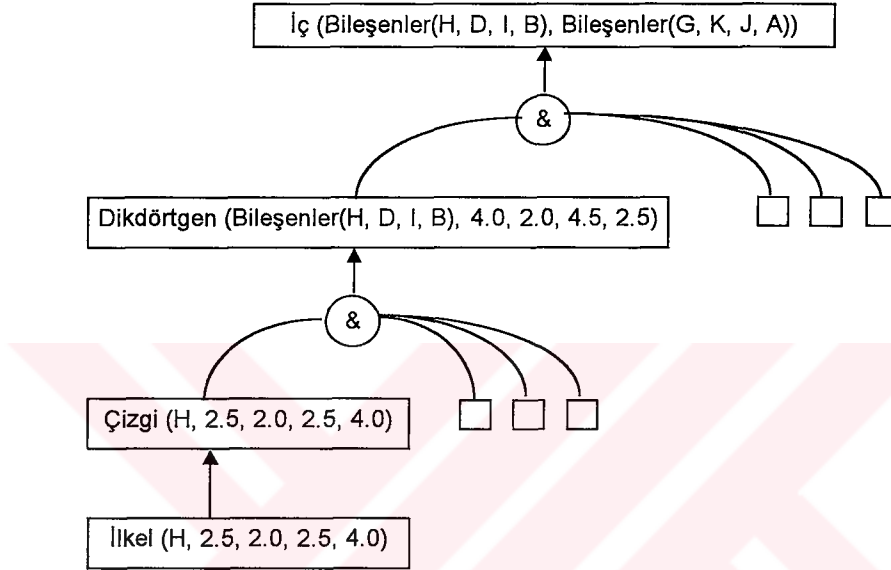
İlkel (H, 2.5, 2.0, 2.5, 4.0),

Çizgi (H, 2.5, 2.0, 2.5, 4.0),

Dikdörtgen (Bileşenler(H, D, I, B), 4.0, 2.0, 4.5, 2.5),

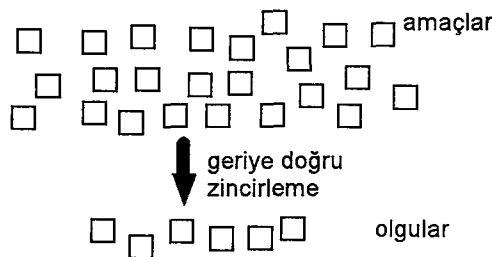
İç (Bileşenler(H, D, I, B), Bileşenler(G, K, J, A)) (Coyne, 1990, 175).

Şekil 4.15'de ileriye doğru zincirleme us yürütme yaklaşımı görülmektedir.



Şekil 4.15. İleriye doğru zincirleme çıkarılması, (Coyne, 1990, s.175).

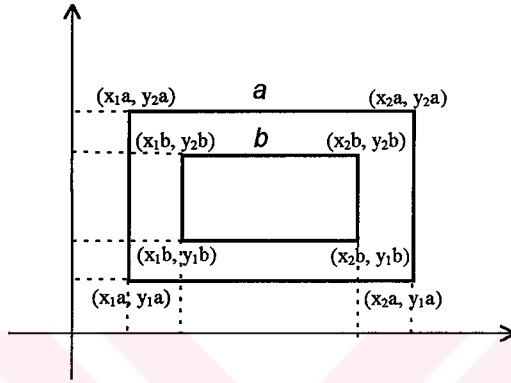
Geriye doğru zincirleme çıkarılması, karşılanmak üzere bir amaçla başlayan ve bir çözüm bulununcaya veya amaçlar en basit bileşenlerine ayrılıncaya kadar sürekli her çözülmemiş amacı bir takım daha basit amaçlara ayıran bir problem çözme yöntemi olarak açıklanabilmektedir. Bir alt amaç çözümlendiği zaman, geriye dönülerek bir sonraki esas amaç çözümlenmektedir, (Hunt, 1986, s.99).



Şekil 4.16. Geriye doğru zincirleme sistemi.

Geriye doğru zincirleme metodu ile yapılan çıkarılamada, tasarım tanımındaki olgulardan birine karşı veya bilgi tabanındaki kuralların sonucuna karşı eşleştirilen

doğru tanımlanmaktadır. Kuralların önşartları ile alt amaçların eşlenmesi, *doğrunun* tanımlanması ile benzer şekilde kurulabilmektedir (Coyne, 1990, s. 168). Geriye doğru zincirleme çıkarsamasına Şekil 4.17’de verilen *a* dikdörtgeni ile *b* dikdörtgeni arasındaki ilişkinin tanımlanması örnek olarak verilmektedir. Çıkarsamanın amacı, dikdörtgenler arasındaki topolojik ilişkinin belirlenmesidir. Öncelikle dikdörtgenler tanımlanır, daha sonra çıkarsamayı yapacak olan kural uygulanır. Sonuç olarak, *a* dikdörtgeni ile *b* dikdörtgeninin arasındaki ilişkiyi tanımlayan olgu elde edilir.



Eğer, a $((x_{1a}, y_{2a}), (x_{2a}, y_{2a}), (x_{1a}, y_{1a}), (x_{2a}, y_{1a}))$ *ve*
b $((x_{1b}, y_{2b}), (x_{2b}, y_{2b}), (x_{1b}, y_{1b}), (x_{2b}, y_{1b}))$ *ve*
 $x_{1a} = > x_{1b}$ *ve* $x_{2a} = < x_{2b}$ *ve*
 $y_{1a} = < y_{1b}$ *ve* $y_{2a} = > y_{2b}$
ise, b dikdörtgeni *a* dikdörtgeninin içindedir.

Şekil 4.17. Geriye doğru zincirleme çıkarsaması.

4.2. Mimari Tasarımların Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistemler

Mimari tasarım ürünün değerlendirilmesi, fiziksel niteliklerinin, niceliksel performansların ve kullanıcı için sağlanan tatmin değerinin ölçülmesidir. Değerlendirme tasarım amaçları için beklenen performanslar ile çözümün gerçek performansları arasındaki ölçümleri tanımlar (Carrara ve diğ., 1994, s.167).

Mimari tasarım ürünün değerlendirilmesi, çeşitli amaçlarla yapılabilmektedir:

- En iyi çözümü belirlemek: Önerilen çözümlere ait ölçümler, amaç fonksiyonun maksimum veya minimum olma durumuna göre sıralanır.
- Çözümü iyileştirmek: Çözüme ait ölçümler belirli sınır şartlarına göre kıyaslanarak, çözümden beklenen değişiklikler belirlenir.
- Bina sistemi değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemek: Sistemin bağımsız değişkenlerinin değişimi ile sistemin bağımlı değişkenlerinin aldıkları değerler kıyaslanarak sistemin davranışı incelenir ve elde edilen sonuçlardan tasarımın sentez aşamasında yararlanılır (Sağlamer, 1989, s.105).

Geleneksel olarak yapılan değerlendirmeler, bina kullanıcılarının g r   leri doğrultusunda yapılmaktadır. Günümüzde geli  en uzman sistem yakla  ımları ile, mimari ürün ger ekle  meden önce, tasarım    z m  alternatiflerinin analizi ve değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Performanslar henüz ger ekle  mediği için değerlendirme     mleri direkt olarak değil önceden tahmin edilerek yapılır. Tahmin süreci, binanın beklenen performanslarını varsayımsal olarak hesaplar ve benzetimini yapar, diğer bir deyişle değerlendirme analizleri için somut hale getirir (Carrara ve diğ., 1994, s.168).

Birçok tasarım sürecinde, tasarımcının verdiği ilk kararlar, genel bina düzenlemesi, y nlenmelerin tespit edilmesi, cephedeki doluluk boşluk oranlarının belirlenmesidir. Son kararlar genellikle, bina elemanlarının kesitleri ve özel malzeme seçimi ile ilgili olmaktadır. İlk aşamada performans değerlendirilmesi, tasarlanan ürünün sınırlarını öncelikle belirlemeye yaramaktadır. Sonraki aşamadaki değerlendirmeler, bina elemanlarının fiziksel özellikleri ile ilgili sonuçlar olduklarından dolayı tasarımcı için önem kazanmaktadır (Wiesel, Becker, 1996, s.349).

Tasarım aşamasında seçilen    z m için, anolojik veya sembolik modeller ile tasarım davranışlarının benzetimi yapılır ve istenilen performanslar     l r. Tasarım sürecinin farklı aşamalarında tasarım kararlarının değerlendirilmesi gerekli olmaktadır (Carrara ve diğ., 1994, s.170). Elde edilen sonuçlar tasarımcı için yeterli ise seçilen    z m, kesin tasarım olarak kabul edilebilir. Eğer yapılan değerlendirme sonuçları istenilen performans değerlerini sağlamıyor ise tasarım problemini    zen başka bir    z m üretilir. Bu döngüsel s rec  kesin tasarımın elde edilmesiyle sonuçlanır (Coyne, 1990, s.240). Bununla birlikte, eğer mimari ürünün istenen performansı tasarımın ilk aşamasında bilinirse, tüm tasarım kararları gereken sonuçları sağlayan optimum tasarım     mleri üretebilir.

Bir çok analiz ve benzetim programlarında, program bilgisayar destekli mimari tasarım ile entegre edilmediği için kullanıcı arayüz birimleri, kullanıcıya yeteri kadar yardımcı olamamaktadır. Buna ek olarak, bu tip programlar kapsamlı veri girişine ve uzman bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Flemming, Mahdavi, 1993, s.162). Sonuçta, değerlendirme amaçlı uzman sistemler, tasarım sürecinin son evrelerinde veya geleneksel yöntemlerle oluşturulan tasarım     mlerinin analizini ve

değerlendirilmesini yaparak sonraki tasarımlar için yönlendirme amaçlı kullanılmaktadır.

Gerçekte, bir mimari ürünün niteliksel ve niceliksel olarak bir çok yönden kullanıcıyı tatmin etmesi gereklidir. Genellikle geliştirilen prototipe dayalı bilgisayar destekli sistemler sınırlı sayıdaki nitelikler ile oluşturulan tasarımları değerlendirir (Wiezel, Becker, 1996, s.355). Bunun için, benzetim ve değerlendirme yapan uzman sistemlerin çoklu kritere göre (multicriteria) optimizasyon yapması beklenir. Birbirini karşılıklı olarak etkileyen çoklu kriter tasarım optimizasyonu bilgisayar sisteminin bellek ve hız kapasitesi ile sınırlanmaktadır (Schmitt, 1988, s.151).

Değerlendirme amaçlı uzman sistemler ile, mimari ürünün strüktürel, maliyet, görsel konfor, aydınlatma, havalandırma, sirkülasyon sistemi gibi istenilen performansının değerlendirilmesi mümkündür.

4.2.1. Değerlendirme Kriterlerinin Özellikleri

Değerlendirme, belirli kriterler grubuna bağlı analiz sonuçlarına karar verme sürecinin uygulanmasıdır (Schmitt, 1988, s.151). Mevcut değerlendirme sistemleri verilen sınırlı kriterler grubunu kullanarak analiz ve değerlendirme yapabilmektedir. Bunun için seçilen kriterler ve değerleri belirlenen uygun ve doğru analizler için, geniş kapsamlı olmalıdır. Kriterler, tasarım ürününün kullanımına göre farklı gruplara bağlı olarak geliştirilmektedir.

Performans niteliklerinin değerleri her zaman somut kavramlar olmayabilmektedir. Öznel ve nesnel değerlendirme yaklaşımlarında elde edilen performans kriterleri değişmektedir. Öznel değerlendirme sürecinde, insanın algı sistemi önem kazanmaktadır. Kullanıcı, öznel kararları geçmişteki deneyimlerine, algılarına, beklentilerine, sosyal değerlere ve gereksinmelere bağlı olarak almaktadır (Ökten, 1994, s.73.). Genellikle bu tip yaklaşımlarda, performans nitelikleri, 'mekanın küçük olması', 'koridor boyunun uzun olması' gibi bulanık (fuzzy) ifadeler ile açıklanmaktadır.

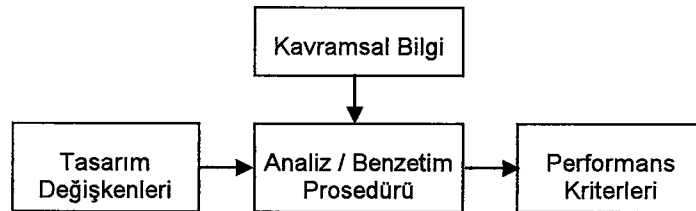
Bina performansının nesnel değerlendirilmesi, elemansal konfor parametrelerinin, kullanıcılar için geçerli kabul edilebilirlik limitlerine göre ölçümü ve kıyaslanmasıdır

(Ökten, 1994, s.73). Performans kriterlerinin kabul edilebilen sınırlarını, kullanıcının fizyolojik, psikolojik, sosyolojik ve ekonomik gereksinmelerine göre tanımlanan çeşitli standartlar ve yönetmelikler belirlemektedir.

4.2.2. Geleneksel ve İki Yönlü Değerlendirme Yaklaşımları

Mimari tasarım, öncelikle oluşturulup sonra değerlendirilen olasılıklar uzamına doğru yapılan bir araştırma olarak tanımlanmaktadır. Değerlendirme yapıldıktan sonra tasarım çözümlerinin oluşturulması alışlagelmiş bir yaklaşım olmamasına rağmen, değerlendirmenin tasarımın erken evrelerinde yapılması ve tasarım niteliklerinin daha uygun kombinasyonlarının belirlenmesi gibi çeşitli yararları vardır. Tasarım nitelikleri değiştirilerek, performans elemanlarının değerlerindeki değişiklikler gözlemlenebilirler; bu geleneksel bir yaklaşımdır. Fakat tasarımcı performans indeksindeki değerleri de değiştirerek diğer elemanlardaki ve tasarım niteliklerindeki değişikliklerin sonucunu da gözlemleyebilmelidir. İki yönlü değerlendirme veya iki yollu sonuç çıkarma olarak adlandırılan bu yaklaşım aynı anda, tasarımın oluşturulmasını ve değerlendirmenin yapılmasını mümkün kılmaktadır. (Flemming, Mahdavi, 1993, s.164-165).

Geleneksel analiz ve benzetim prosedürleri genellikle tüm dengelimsel bir mekanizma içererek geçerli tasarım niteliklerini (form, madde, çevre) performans kriterlerine çevirmektedir. Bu dönüşüm Şekil 4.18.'de gösterilmiştir. Geleneksel değerlendirme süreci teorik olarak tek sonuç üretmektedir (Flemming, Mahdavi, 1993, s.165).



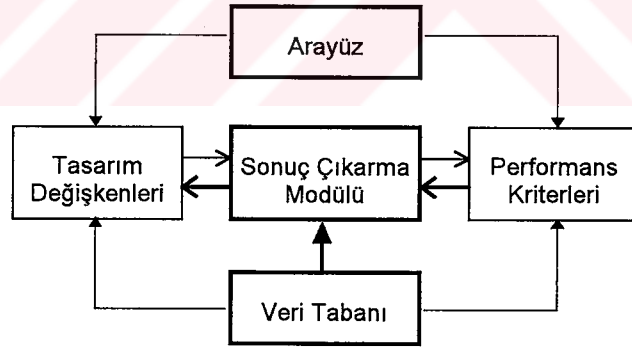
Şekil 4.18. Geleneksel benzetim yaklaşımları (Flemming, Mahdavi, 1993, s.165).

İki yönlü değerlendirme yaklaşımları, tasarımcıların bina bileşenlerinin düzenleyimlerinin oluşturulmasını ve benzeri bir gerçek zaman içinde istenen performans kriterlerinin birbirleri ile etkileşimlerinin incelenmelerini sağlamaktadır. Performans elemanlarındaki değişim olasılıklarının tasarım nitelikleri üzerindeki

değişimleri de gözlemlenebilmektedir. Kısmen çıkarımsal (abduction) tasarım sürecini yürüten bu tür bir yaklaşımda, bilgisayar destekli analiz ve benzetim elemanları, araştırma yapmaya ihtiyaç duyan tasarımcı için parametrik döngü sayısını azaltan ve özellikle tasarımın erken aşamalarında, belirli tasarım içeriklerinde gereken sayısal değişkenler arasındaki karmaşık etkileşimi-bağımlılığı tasarımcının anlamasını ve tecrübe kazanmasını sağlayan yöntemler ile etkilerini artırabilmektedir (Flemming, Mahdavi, 1993, s.166-167).

İki yönlü sonuç çıkarma sistemlerinin oluşturdukları ilk prototip sistemi aşağıdaki esas bileşenleri içermektedir (Şekil 4.19) (Flemming, Mahdavi, 1993, s.169):

- Tasarımcıya bir bina bileşeninin hem tasarım niteliklerini hem de performans değerlerini direkt işlemesine olanak tanıyan arayüz birimi,
- Tasarım niteliklerinin değişmesine neden olan performans değerlerindeki değişimleri tahmin eden ve bu değerlerin değişmelerinin sonucu olarak tasarım nitelikleri değiştiren iki yönlü sonuç çıkarsama modülü,
- İki yönlü geri beslemeyi destekleyecek sonuç çıkarma prosedürleri ile birleşebilen bina bileşenleri ile ilgili veri tabanı.



Şekil 4.19. İki yönlü sonuç çıkarma sistemi için ilk prototip bileşenleri (Flemming, Mahdavi, 1993, s.169).

4.3.Yaya Sirkülasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistemler

Tasarım problemlerinde, eylem alanları arasındaki sirkülasyon ilişkileri, sirkülasyon boyları ve genişlikleri, kullanıcılar ve yöneticiler için enerji ve zaman açısından önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle, yoğun kullanıcılara sahip olan havaalanları, metro istasyonları, hastaneler, eğitim binaları gibi kamu binalarında oluşan kullanıcı

sirkülasyonunun analiz edilmesi binanın fonksiyonel olarak uygun olup olmadığının değerlendirilmesi için gerekli olmaktadır.

Bilgisayar ortamında çeşitli yaklaşımlarla modellenen yaya hareketleri ile binanın sirkülasyon sisteminin performansını ölçebilen uzman sistemler geliştirilmektedir. Yaya hareketleri bireysel kararlara bağlıdır ve standartları yoktur. Birçok bireyin hareketi ile oluşan yaya akışı, bireylerin fizyolojik, psikolojik ve sosyolojik özelliklerinden etkilenmektedir. Yayalar, başlangıç ve varış noktaları arasındaki en kısa rotayı seçme eğiliminde olmalarına rağmen, sirkülasyon sistemini tanımamaları veya bireysel seçimleri ile alternatif rotalar kullanabilmektedirler. Sirkülasyon elemanlarındaki her yayanın davranışı genellikle düzensiz veya doğru olmayan değerler gösterir (Helbing, 1991, s.298). Bu nedenlerden dolayı yaya akışı kontrol edilmesi zor, dinamik bir akıştır. Yaya hareketlerinin modellenmesinde çeşitli disiplinler birçok yaklaşım geliştirmiştir.

4.3.1. Yaya Sirkülasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistem Yaklaşımları

Yaya sirkülasyonunun değerlendirilmesi için geliştirilen uzman sistem yaklaşımları, regresyon modeli, uzamsal etkileşim/entropy maksimizasyon modeli, Markov modeli ve benzetim modeli olarak adlandırılmaktadır (Timmermans ve diğ., 1992, s.46).

Regresyon modeli ile yaya hareketlerinin modellenmesine tipik örneği, Sandahl ve Percivall yaptıkları çalışmalarda geliştirmişlerdir. Varış noktasının seçim sırasını tanımlayamayan model, akışın biriktiği yerlerdeki nesneler tarafından karakterize edilen yaya akışına dayanmaktadır. Bu yaklaşımla, yaya hareketlerinin değişim etkilerini tahmin etmek oldukça zor olmaktadır (Timmermans ve diğ., 1992, s. 46-47).

Uzamsal etkileşim/entropy maksimizasyon modeli, tüm etkileşim çeşitlerinin modellenmesini sağlamaktadır. Bu yaklaşım, Ness, Morral ve Hutchinson (1969), Johnson (1972), Butler (1978) ve Hagishima (1987) gibi araştırmacılar tarafından uygulanmıştır. Butler'in modeli üç alt modelden oluşmaktadır; seyahat-çekim (trip-attraction), seyahat-dağılım (trip-distribution) ve tahsisat (allocation) alt modelleridir.

Çekim alt modeli, şehir merkezindeki bir bölgede başlayıp biten seyahat için, sirkülasyondaki toplam aşama sayısını tahmin eder. Örneğin, bir aşama ardışık iki durak arasındaki yolculuk olarak tanımlanabilmektedir. Dağılım alt modeli, seyahatlerdeki çeşitli hedef noktaları arasındaki dağılımı tahmin eder. Özellikle, bu alt model için, uzamsal etkileşim/entropy maksimizasyon modelinin uyarlaması kullanılmıştır. Tahsisat alt modeli, başlangıç noktaları ve hedefler arasındaki tahmin edilen akışları, sirkülasyon ağı ile ilişkilendirir. Butler, her yayanın, başlangıç ve varış noktaları arasındaki en kısa yolu seçtiği kabul edildiğini belirten hep-veya-hiç (all-or-nothing) ayırım prosedürünü kullanmıştır. Fakat, Liverpool şehir merkezinde yapılmış olan alan çalışmasında yayaların en kısa yolu seçmediği görülmüştür. Dağılım alt modelinin tahminleri yeterli olmadığı için, model ancak bazı alanlar için doğru olarak uygulanabilmektedir. Buna benzer bir model, Japonya'da Fukuoka Şehri'nde, Hagishima tarafından uygulanmıştır. Hagishima'nın modeli üretim, dağılım ve tahsisat alt modellerinden oluşmuştur. Uzamsal etkileşim modellerinin potansiyel bir dezavantajı, yaya hareketlerini oluşturan temel mekanizmaları kullanmadaki başarısızlığıdır (Timmermans ve diğ., 1992, s. 47-48).

Markov modelleri, çok amaçlı akımlarda fonksiyonel ilişkilerin yoğunluğu ve çeşitliliğini analiz etmek için kullanılır. Süreç tarafından oluşan son durum, tanımlanan gelecek davranış ile ilgilidir. Diğer bir deyişle, bir sonraki konum, yalnızca son konum ile tanımlanabilmektedir. Gözlemlenen yaya akımları deneysel olarak tahmin edilir ve geçiş matrisleri ile temsil edilir. Oluşturulan geçiş matrisleri ile rota seçimlerindeki olasılıklar basit matris işlemleri ile hesaplanabilmekte ve akımın zincirleme davranışları tanımlanabilmektedir. Akım zinciri boyunca durma amacının sıklığının sistematik sıralanmasının gözlemlendiği durumlarda Kitomura tarafından Markov modeli uygulanmıştır. Bu özelliklerine karşın, Markov modelleme yaklaşımının yapabilirliği bazı karakteristikler ile sınırlıdır. Eğer akımın üç veya daha fazla amacı varsa bu model çok pratik olmamaktadır. Markov yaklaşımı yöneylem araştırma modellerinin kavramsal temelini oluşturmakla birlikte bugün yetersiz kalmaktadır. Temel olarak model tanımlayıcıdır ve akım-zincirleme sürecini yöneten değişkenlerin değişmesinin gelecekteki yaya davranışlarına etkisinin tahmin edilmesi Markov yaklaşımı ile zor olmaktadır (Timmermans ve diğ., 1992, s. 48-51).

Bu modelleme yaklaşımlarının varsayımlara dayalı olmak zorunluluğu, yaklaşımların dezavantajı olarak kabul edilmektedir. Bu yüzden çeşitli kurallar ile yaya hareketinin benzetiminin yapılarak modellenmesini sağlayan benzetim modelleri kullanılmaktadır (Timmermans ve diğ., 1992, s. 51-52). Benzetim modelleri, gerçek sistemdeki dinamik ilişkileri değişkenler üzerindeki işlemler dizisi ile ifade eden bir süreç modelidir. Tahmin sonuçları, başlangıç verileri ve parametreler kullanılarak sürece ait adımların işlemesi ile elde edilirler. Benzetim model yaklaşımları zaman faktörünü de içererek, sistemin zamana göre değişimini incelemeye olanak tanımaktadır. Bu yaklaşımla geliştirilen uzman sistemlerin bilgi ve kural tabanlarındaki parametrelerin değerleri değiştirilerek, değişik alternatifler gözlenebilmekte ve değerlendirmeler kolaylıkla yapılabilmektedir. Model kurulmadan önce benzetimi yapılacak olan gerçek durumun analizinin doğru olarak yapılması değişkenlerin ve birbirleri ile ilişkilerinin belirlenmesi gereklidir. Belirlenen bu değişkenler ve ilişkilere göre sistem sonuçları yorumlanarak değerlendirilmektedir (Çağdaş, 1986, s. 3-5).

4.3.2. Yaya Sirkülasyonun Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistem Adımları

Çeşitli araştırmacılar, sirkülasyon sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan uzman sistem aşamalarını farklı şekilde yorumlamışlardır. Genel olarak, bu tip uzman sistemin adımları şöyle tanımlanabilmektedir;

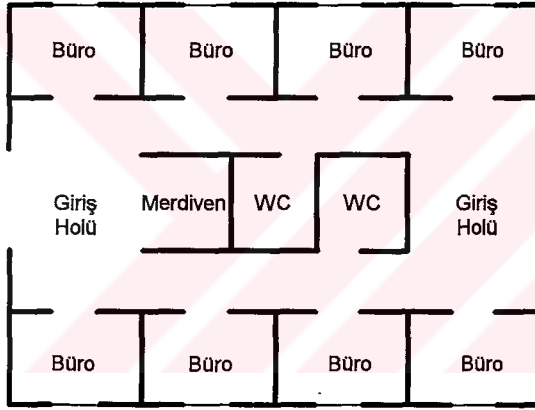
- Tanımlama,
- Analiz,
- Değerlendirme.

4.3.2.1. Tanımlama

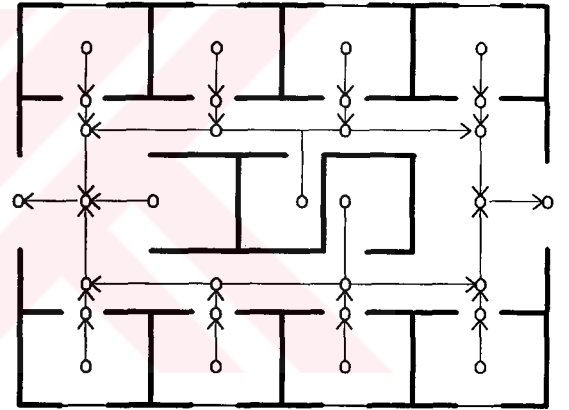
İlk aşama olan tanımlama bölümünde, analizi yapılacak olan binanın kat planlarının ve sirkülasyon ağının uzman sistemin bilgi tabanı olarak temsil edilmesidir. Bilgisayar ortamında çizilen kat planları gelişen uzman sistem teknikleri ile sisteme doğrudan veri olarak girilebilmektedir. Böyle geliştirilmiş bir uzman sistem örneği bölüm 4.4.1.'de verilmiştir. Planın ve sirkülasyon ağının bu yaklaşımla temsil edilmesi oldukça gelişmiş bilgisayarlar ve yazılım programları gerektirmektedir.

Diğer bir yaklaşımda, pasif ve aktif tanımlama yöntemleri ile uzman sisteme veri tabanı ve bilgi tabanı oluşturmaktır. Pasif tanımlamada, basit olarak yapıyı tanımlayacak bilgilerin formal organizasyonu yapılarak, bina analiz için gerekli olan parçalara ayrılır. Aktif tanımlamada ise pasif tanımın içerdiği veriler üzerinde işlem yapılarak analiz ve değerlendirme aşamasına yeni veriler üretebilecek algoritmalar oluşturulur (Sağlamer, 1982, 65-66).

Bir binadaki hareketin analizi ve değerlendirilmesi yapılırken, binanın sirkülasyon şemasını ağ teknikleri kullanılarak tanımlamak mümkündür. Binadaki kullanıcıların akımı oluşturan hareketleri ağın doğal bir benzetimidir. Bununla birlikte, ağ binanın sirkülasyon sisteminin önemli uzamsal ilişkilerinin grafik tanımını sağlamaktadır. Şekil 4.20a'da şematik planı verilen bir kat planının sirkülasyon ağının oluşturulması Şekil 4.20b'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20a. Büro binası kat planı



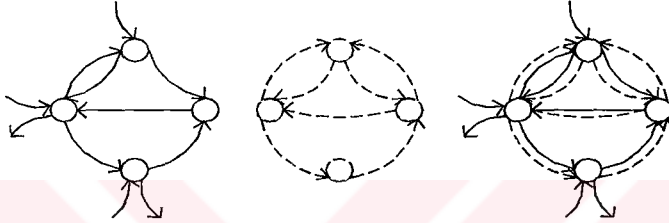
Şekil 4.20b. Sirkülasyon şeması

Kullanıcıların bina içindeki olası hareketlerinin tahmin edilebilmesi ve sirkülasyon sistemi ile ilgili bazı performansların değerlendirilmesinde ağ tanım teknikleri oldukça kullanışlıdır. Ağ benzetim modelleri ile;

- Binanın boşalma süresinin tahmin edilmesi,
- Kuyrukta bekleme süreleri ve ortalama kuyruk boyları,
- Akımı engelleyen olası engeller ve bunların akımı geciktirme etkileri,
- Çıkışların sayısının, kapasitesinin ve fiziksel biçimlerinin ve boyutlarının yeterliliği,
- Optimal çıkış yolunun belirlenmesi,
- Bina içindeki kullanıcıların yerleri ve onların varış noktalarına ulaşmaları için bekleme süreleri,

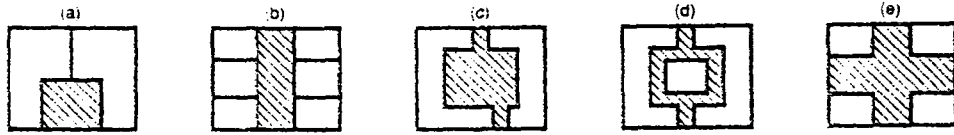
gibi performansların ölçülmeleri mümkün olabilmektedir (Çağdaş, 1986, s.8-10).

Kuyruk ağıları, kullanıcıların ağı giriş-çıkışlarına göre, açık ağılar, kapalı ağılar ve karma ağılar olarak çeşitlenebilir. Açık ağ tanımlamalarında, sonsuz sayıda kullanıcılar çeşitli düğüm noktalarından ağı katılırlar ve ağı terkederler. Kapalı ağlarda ise sonlu sayıdaki kullanıcılar ağı içinde dolaşırlar ve ağı terkederler (Smith, 1991, s.377). Kapalı ağıları sınırlı sayıda dış kullanıcılar ve daha büyük oranda iç kullanıcılar oluşturur. Karma ağ tanımlarında, ağı asla terkermeyen sonlu sayıda iç kullanıcı ile birlikte ağı giren ve çıkan sonsuz sayıda dış kullanıcı vardır (Şekil 4.21.), (Çağdaş, 1986, s.8).

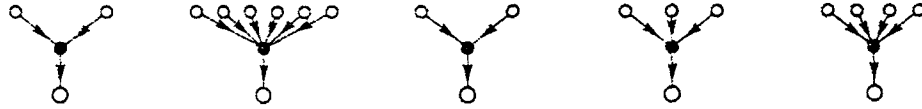


Şekil 4.21. Açık, kapalı ve karma ağ modelleri, (Çağdaş, 1986, s.9).

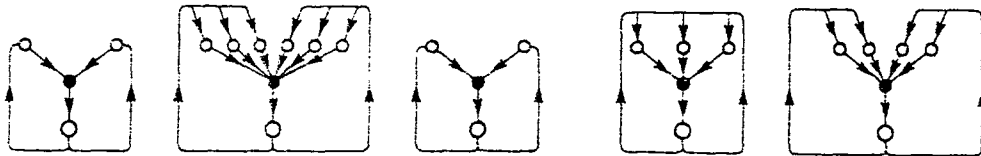
Şekil 4.22'de verilen çeşitli kat planları görülmektedir. Planlardaki taralı alanlar sirkülasyon alanı olarak tanımlanmıştır. Tek çıkışı kabul edilen bu planlara ait çıkış grafiklerinin oluşturulması Şekil 4.23'de, kapalı ağ modelinin oluşturulması ise Şekil 4.24'de verilmiştir.



Şekil 4.22. Çeşitli kat planları (Smith, 1991, s.376).

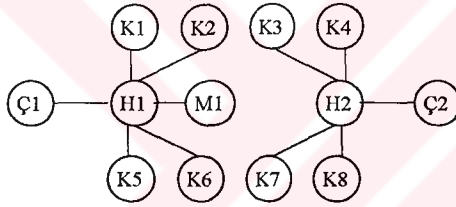


Şekil 4.23. Çıkış grafikleri (Smith, 1991, s.377).

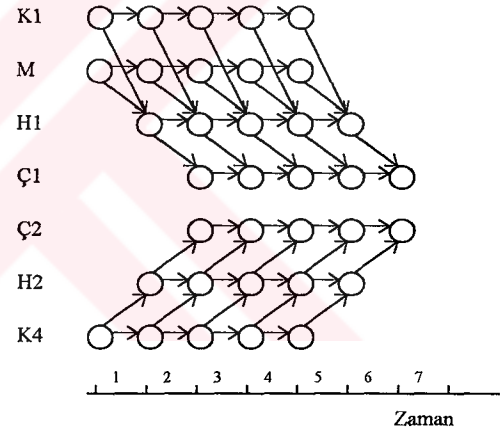


Şekil 4.24. Kapalı ağ grafikleri (Smith, 1991, s.377).

Statik ve dinamik ağ tanımları ile binanın sirkülasyon sistemi değerlendirilerek binanın boşalma zamanı ve kuyrukta bekleme süreleri ölçülebilmektedir. Statik ağ modeli, bir binanın sirkülasyon ağının ifadesidir (Çağdaş, 1986, s.11-12). Şekil 4.20b.'de gösterilen şematik büro planının statik ağ modeli Şekil 4.25a.'da gösterilmiştir. Zaman faktörü gözönüne alınarak yeniden düzenlenen statik ağ modelleri dinamik ağ modellerine dönüştürülür. Dinamik ağ modellerinde, Şekil 4.25b.'de görülen diyagonal bağlar ile hücreler arasındaki bağ geçişleri kurulur. Kullanıcılar, K1 düğüm noktasından H1 düğüm noktasına doğru bir periyotluk zaman biriminde hareket ederler. Aynı kullanıcılar ikinci periyot süresince, H1 düğüm noktasından Ç1 düğüm noktasına doğru ilerlerler. Fakat aynı zamanda, hücrelerin statik kapasiteleri ve bağ geçiş oranları ile ilgili olarak, H1 hücresindeki bütün kullanıcılar Ç1 hücresine geçemeyebilirler. Böyle bir durumda, H1 düğüm noktasında beklemeler olacaktır.



Şekil 4.25a. Statik ağ modeli



Şekil 4.25b. Dinamik ağ modeli

4.3.2.2. Analiz

Tanımlama aşamasında oluşturulan ağ modelleri ile binanın boşaltım zamanının, izdiham ölçümlerinin, kuyruk uzunluğunun hesaplanması, darboğazların belirlenmesi için analizler bu aşamada yapılmaktadır. Analiz aşamasında, gerekli matematiksel analiz ve ortalama değer analiz algoritmaları kullanılabilmektedir.

Smith, oluşturduğu acil boşaltımın planlanması çalışmasında oluşturduğu kapalı kuyruk ağı modelini analiz etmek için Reiser ve Lavenberg (1980) tarafından geliştirilen Ortalama Değer Analizi yöntemini kullanmıştır. Ortalama değer analizinin sayısal kararsızlıklara neden olan çok büyük normal sabitleri

hesaplamaması, bu yöntemin en büyük avantajıdır. Ortalama değer analizi yönteminin algoritması aşağıdaki gibidir (Smith, 1991, s.383-385):

$i, i = (i_1, i_2, \dots, i_A)$ populasyon zincirindeki vektörler. Ağda verilen i vektörü için;

$n_i(i) =$ düğüm noktasında beklenen kuyruk uzunluğu,

$\lambda_{i,k,t}(i) =$ i kuyruğuna (k,t) grubundaki yayaların katılması.

$v_{i,k,t}(i) =$ $(k,1)$ yayası olarak kuyruk 1'e yaptığı ardışık katılmalar arasında (k,t) grubu yayası olarak kuyruk 1'e yaptığı katılımların ortalama sayısı.

$w_{i,k,t}(i) =$ i kuyruğundaki yayalardan (k,t) grubunun beklenen gecikmeleri.

Verilen bu değişkenler ile kuyruktaki ortalama gecikmeler;

$$w_{i,k,t} = \mu_{i,k,t}^{-1} [1 + n_i(i - e_k)] \quad \forall i, k, t$$

$\mu_{i,k,t}^{-1}$ sabiti akımın tek yönlü, çift yönlü veya çok yönlü olmasına göre değişen bir sabittir.

$k=1$ 'den A 'ya kadar olmak üzere ortalama katılımlar,

$$\lambda_{i,k,t}(i) \leftarrow \frac{i_k}{\sum_{t=1}^N \sum_{k=1}^T w_{i,k,t} v_{i,k,t}}$$

$i=1$ 'den N 'e kadar olmak üzere ortalama kuyruk uzunluğu,

$$n_i(i) = \sum_{k=1}^A \sum_{t=1}^T \lambda_{i,k,t} w_{i,k,t}$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

Çağdaş'ın (1986), binaların boşalma sürecinin analizine yönelik oluşturduğu benzetim modeli, tek katlı bir ilkokul binası verileri için denenerek sonuçları alınmıştır. Modelin analiz aşamasında çıkış hücresinden başlanarak (okul çıkış kapısı) tüm hücrelerin her bir zaman aralığındaki durumları incelenmiştir.

$I_k =$ k hücresine ilişkin toplam akım girdisi,

$P_{kj} =$ j komşu hücresinden k hücresine olan akım girdisi,

$P_{kk} =$ k hücresinde geçiş için bekleyen öğrenci sayısı,

$O_k =$ k hücresine ilişkin toplam akım çıktısı,

$F_k =$ Hücreler arasındaki akım oranı (öğrenci/periyot).

Tanımlanan bu değişkenler ile bir zaman aralığı içerisinde k hücresindeki toplam akım girdisi;

$$I_k = P_{kj} + P_{kk}$$

k hücresine akım verebilecek birden fazla komşu hücre olması durumunda toplam akım girdisi;

$$I_k = \sum_{j=1}^j P_{kj} + P_{kk}$$

bir zaman aralığı içerisinde k hücresindeki toplam akım çıktısı;

$$O_k = \min (I_k, F_k)$$

hücrede bekleyen öğrenci sayısı (kuyruk boyutu);

$$P_{kk} = I_k - F_k$$

eşitliği ile hesaplanmıştır (Çağdaş, 1986, 40-44).

Bu eşitlikler yardımıyla model, her periyottaki hücre kapasitesini hesaplayabilmektedir. Her hücrenin bağ geçiş süresine bağlı olarak bağ geçiş kapasiteleri ile hücreler arasındaki geçişler sağlanarak binanın boşalma zamanı belirlenmiştir.

4.3.2.3. Değerlendirme

Analiz aşamasında elde edilen sonuçlar istenilen ve gerekli olan performans ölçülerine göre değerlendirilir. Mevcut bina değerlendirmeleri için iyileştirme çözümleri, tasarım değerlendirmeleri için uygun optimum çözümler sunulur.

Smith çalışmasında sirkülasyon sistemlerinde esas olan üç optimizasyon problemini göz önüne almıştır:

Topolojik ağ tasarımı: Düğüm noktalarının ve aralarındaki bağların sayısının ve tipinin belirlenerek uygun topolojik çözümlerin tasarlanmasıdır.

Rota ağ tasarımı: Gerçek akım zamanında ve akımın sabit olduğu durumlarda akımın izleyeceği rota şemalarının tanımlanmasıdır.

Kapasite ağ tasarımı: Koridor uzunluğu, genişliği, alanı, formu ve düzenleyimi gibi ağ kaynaklarının belirlenmesidir (Smith, 1991, s.375-376).

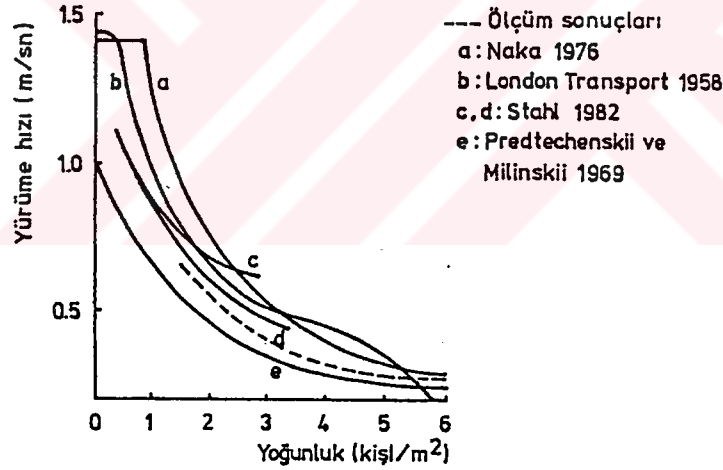
Smith'in çalışmasının en önemli bölümü, tasarım değişkenlerinden biri olan koridor genişliği ile koridor kapasitesinin boşalma zamanına etkisinin bulunmasıdır. Tablo 4.2. 'de sirkülasyon sistemindeki bir düğüm noktası için modelin sonuçları görülmektedir. Tablo 4.2. incelendiğinde koridor genişliğinin iki katına çıkarılması

sonucu boşalma zamanının % 60 oranında azaldığı görülmektedir (Smith, 1991, s.388).

Tablo 4.2. Koridor genişliğine bağlı olarak koridorun boşalım zamanı (Smith, 1991, s.388).

Corridor Width	Thruputs θ_t	Utills. ρ_t	Evac. Times	Reduction	% reduction
1.50	1.360	0.893	162.859	-	-
2.00	2.568	0.488	102.369	60.49	45.53%
3.00	3.350	0.247	86.460	76.39	57.50%
4.00	3.591	0.167	82.951	79.91	60.14%
5.00	3.711	0.126	81.381	81.477	61.33%
6.00	3.778	0.102	80.540	82.319	61.96%

Çağdaş'ın oluşturduğu modelin değerlendirme aşamasında ise, analiz aşamasında belirlenen çıkış zamanı, yürüme hızı, akım yoğunluğu değerlendirilmiştir. Örneğin, yürüme hızı ile ilgili, ölçüm sonuçları yüksek yoğunluk oranları Predtechenski ve Milinski'nin bulduğu sonuçlara, düşük yoğunluk oranları için de F. Stahl'ın geliştirdiği benzetim modeli sonuçlarına yakın değerlerde bulunmuştur (Şekil 4.26) (Çağdaş ve Sağlamer, 1995).



Şekil 4.26. Yoğunluk/yürüme hızı ilişkisi (Çağdaş, 1986, s.61).

4.4. Kapalı Metro İstasyonlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Uzman Sistemler

Kapalı metro istasyonlarının değerlendirilmesi için çeşitli araştırmacılar amaçlarına yönelik çeşitli uzman sistemler geliştirmişlerdir. PEDLS ve PedRoute uzman sistemleri bu tip uzman sistemlere örnek olarak ele alınmıştır.

4.4.1. CAD - Ağ Analiz Yaklaşımı: PEDLS

PEDLS (Pedestrian Level of Service), yaya sirkülasyon donanımlarının tasarımı ve mevcut yaya akımındaki gelişmelerin etkisini değerlendirmek için kullanılan bir uzman sistemdir. Alan çalışmaları New York'taki Penn İstasyonu'nda yapılmıştır.

PEDLS, AutoCAD çizimleri, AutoLISP rutinleri, tablolar ve alternatif yollar arasındaki yaya izlerini tanımlayan, diğer tablolar ve çizim dosyaları arasındaki veri transferini, manipülasyonunu sağlayan bilgisayar programlarının bütünleşmesiyle oluşturulmuştur. DOS işletim sisteminde başlatılan süreçte ihtiyaç duyulan kullanıcı veri girişi en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Eklenen AutoCAD elemanları öncelikle, önemli miktarlarda kullanıcı veri girişini gerektiren ağ analiz modeli ile ağ'ın karakteristiklerini tanımlamaktadır. Ayrıca, AutoCAD ile oluşturulan kat planından doğrudan belirlenen ağ karakteristiklerini analiz ederek aynı kat planını üst üste birleştirebilmektedir.

4.4.1.1. Bina Tasarım Performansını Değerlendirme ve Tahmin Etme

Bilgisayar destekli tasarım ve çizim teknikleri, mevcut binaların modernizasyonunda ve yeni yapılacak olan binaların mimari ve strüktürel tasarım sistemlerinin geliştirilmesi için yapılmışlardır. Otomatikleştirilmiş algoritmalar tekrar eden elemanların çizimi, maliyetin tahmin edilmesi, tesislerin idaresi için veri tabanı oluşturulması, yönetim, enerji analizi gibi konularda kullanılabilir. Bu yaklaşımın mantıksal boyutu; bina çevresi ile insanların ilişkilerin değerlendirilmesi için bilgisayar destekli tekniklerin kullanılmasıdır. Ulaşım ağ analizi ve CAD modeli, elle yapılan metodlarla mümkün olmayan detay seviyesinin uygulandığı kimi analizlere olanak vermektedir.

Bilgisayar destekli tasarım ve ağ analiz modeli arasındaki etkileşim çift yönlü olarak işlemektedir. Kavramsal bina veya mevcut kat planı tasarımı modele girdi olarak sağlayabilmektedir. Ters olarak, modelin sonuçları bina içindeki mekan düzenlerinin iyileştirilmesini de sağlayabilmektedir. PEDLS yazılımında üç yaklaşım tanımlanmıştır ve üç alan çalışması yapılmıştır.

1. Servis etki düzeyi analizi,
2. Yangın güvenliği ve çıkış analizi,
3. Kiralık alışveriş alanlarının yerleşim analizi.

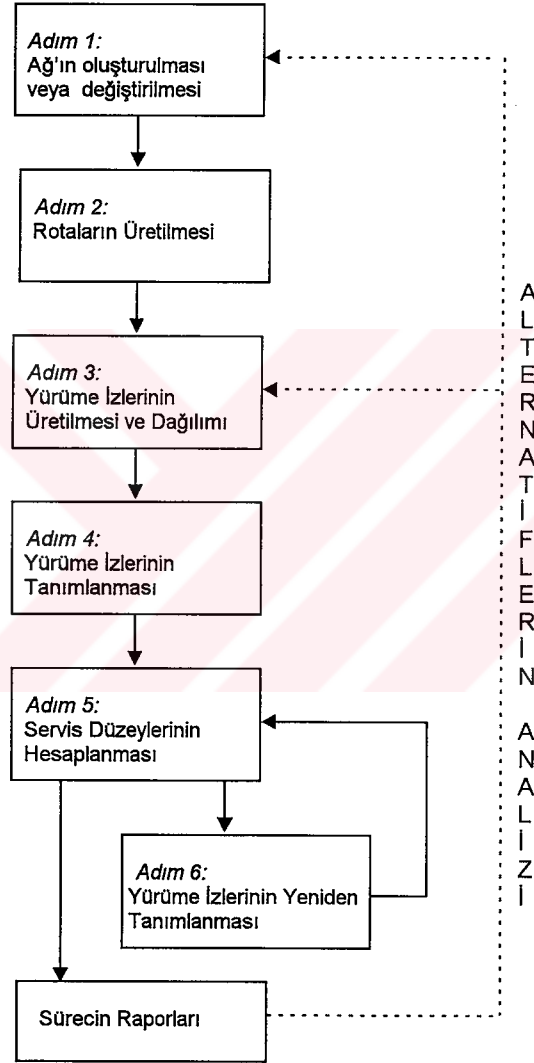
Servis Düzeyi Analizi : Servis düzeyi analizi, yaya ağ modellerinin kullanılmasında oldukça yaygın bir tekniktir. Bu analiz tipi, binaların tasarımında veya yayaların önemli aktivitelerinin olduğu binaların (ulaşım, istasyon, havayolu) analizinde kullanılmaktadır. Yaya ağ modeli, ulaşım istasyonları yakınında veya çıkışlarda oluşacak izdihamın neden olacağı gelişmeleri de tahmin edebilmektedir. Eğer bir problem bulunursa, model, tasarıma uygun bir şekilde çözüm önerebilmektedir.

Yangın ve Güvenli Çıkış Analizi: Bina tasarımına yardım eden veya servis düzeyi analizi için geliştirilen yaya ağ sistemi, boşaltımın güvenli çıkış yönetmeliklerine uygun olup olmadığını kontrol etmektedir ve yönetmeliklere uygun bina gereksinimlerini tanımlamaktadır. Bina veya terminalin bütün noktalarından, en yakın yangın çıkışına kadar olan en kısa yolu tanımlayabilen model, yürüme mesafesini, ortalama ve maksimum çıkış süresini, gişelerde kuyruk bekleme süresini hesaplayarak bunları yönetmeliklerle ve standartlar ile karşılaştırılabilmektedir.

Kiralık Alışveriş Mekanlarının Yerleşim Analizi: Bu metod ile evden istasyona ve istasyondan işe yürüyen insanların yürüme rotaları boyunca, durup servis aldıkları alanların analizi yapılmaktadır. Kiralık alanların değeri, toplam alanın fonksiyonu, ön cephe ve dükkanların önünden geçen yaya sayısı ile ölçülür. Model, yaya hacimlerine komşu kiralık alanların hesaplanmasında ve görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Analizi tamamlamak için, araştırmalar ve gözlemlerle elde edilen finansal verilerin ve mekan önündeki günlük yaya aktivitelerinin rant değerinin modele eklenmesi gerekmektedir.

Ağ Analiz Prosedürü: Binaya veya terminale olan yaya akımının değerlendirilmesi ve miktarının belirlenmesi için, araç trafik çalışmalarında yaygın olarak uygulanan ağ analiz sistemi kullanılmaktadır. Yayanın giriş noktasından yatay ve düşey ağ bağlantıları ile çıkış noktasına olan olası her hareketini analiz eden PEDLS modelinin içerdiği temel adımlar Şekil 4.27'de görülmektedir.

Her giriş-çıkış noktası için mantıksal alternatif yol grubunun tanımlanması, alternatif yollardaki her giriş-çıkış noktası arasındaki toplam seyahat sayısının ve seyahat süresinin belirlenmesi, sonuç hacminin ve kalabalık seviyesinin hesaplanması modeldeki esas analitik işlevlerdir. Gerekli olan hesaplamalar, matematiksel olarak karmaşık değildir, fakat modelleme sürecinin oluşturulması, manipülasyonun yapılması ve bilgilerin depolanması büyük miktarda verinin etkin olarak işlenmesini gerektirmektedir.



Şekil 4.27. PEDLS Modelinin bileşenleri

Model, ağ tanımının girdileri olarak, bağ tanımlamalarını, giriş-çıkış noktalarını; bağlar arasındaki bağlantıları; kapasite ve genişlik gibi bağ karakteristiklerini ve bağ boyunca seyahat süresinin ölçümünü kabul eder. Bu girdiler, gerçek ve tahmin edilen en yüksek yaya hacimini ve yayanın varsayımsal olarak davranışsal yol seçimini sağlamaktadır.

PEDLS modeli, ağıdaki düğüm noktalarında oluşan kalabalıklaşma ve kuyruk birikme derecesini de tanımlamaktadır. Fruin tarafından geliştirilmiş "Servis düzeyi" yaklaşımı kalabalıklaşmanın boyutunu tanımlamak için kullanılmaktadır. Kalabalıklaşmanın altı derecesini; A'dan F'ye kadar tanımlamak mümkündür. A düzeyi, sınırsız hareketi; F ölçeği, yayaların yavaş yürüyüp hareket ettikleri veya kabul edilemez uzun kuyruklarda bekledikleri gibi kalabalık şartları temsil eder. Yürüyen merdivenler, tren platformları, lobi veya konkors alanları gibi farklı yolcu yüklemeleri olan donanımlar için servis düzeyi yaklaşımı ayrı ayrı ele alınmaktadır. Servis C Düzeyi, genel olarak yayalar tarafından yoğun olarak kullanılan ortak alanlar için kabul edilebilmektedir.

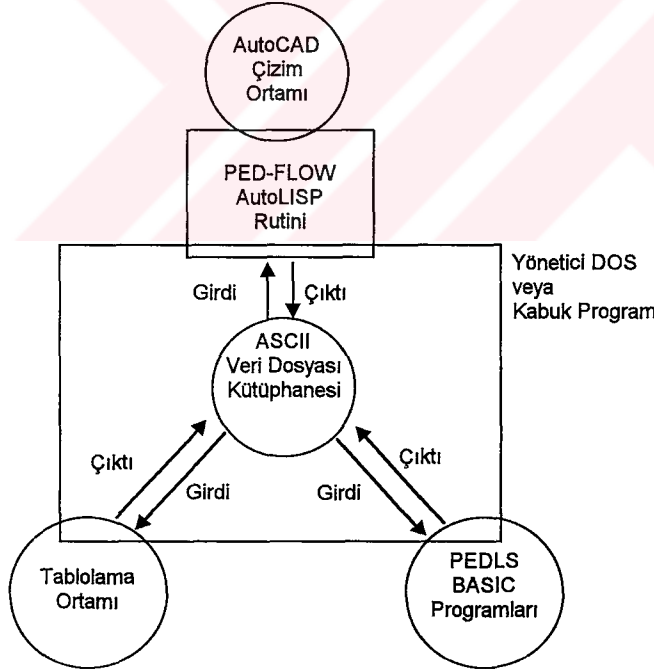
Birleştirilmiş CAD-Ağ Analiz Yazılımı: Ağ analiz modeli ile CAD birleştirildiği zaman, veri-giriş prosedürlerin çoğu otomatikleşir ve analiz sonuçlarının kolayca grafik çıktıları alınır. AutoCAD ortamında kullanılmak için geliştirilen AutoLISP rutinleri, bina tasarımlarının üç boyutlu modellerini veya iki boyutlu planları AutoCAD içinden elde etmek kullanılmıştır. İki boyutlu planlar veya üç boyutlu modeller AutoCAD ortamından çağrılarak, yaya ağı oluşturulabilir ve/veya düzeltilebilir. Bağlar ağa eklendiği zaman, kullanıcı tarafından;

- Bağ tanımlama sayısı
- Bağ yönü
- Bağ tipi:
 - Koridor
 - Merdiven
 - Yürüyen merdiven
 - Rampa
 - Turnike düzeni
 - Giriş
 - Çeşitli bağ tiplerinin kombinasyonu
- Temel bağ hacimi
- Atraksiyon faktörü sağlanabilir.

Her bağ tipi için, AutoLISP rutini bağ boyunu, özel yürüme hızına dayalı seyahat süresini ve bağ seyahat süresine eşit atraksiyon faktörüne bağlı bağ geçiş oranını hesaplamaktadır. Farklı bağ tiplerinin yaya akım kapasitesi "CAPACITY" komutu kullanılarak tanımlanmaktadır. Kapasiteler, koridorların, merdivenlerin ve rampaların etkin genişlikleri; turnikeler ve yürüyen merdivenlerin bağ geçiş oranı ile

belirlenmektedir. Etkin genişlik verisi ağ dosyalarından çıkarılabilir ve her dakika için yayaların kapasitesi, tanımlanan formül ile AUTOLISP rutininde hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalar tablolara veri oluşturur ve ağ çizimleri ile otomatik olarak görüntülenir.

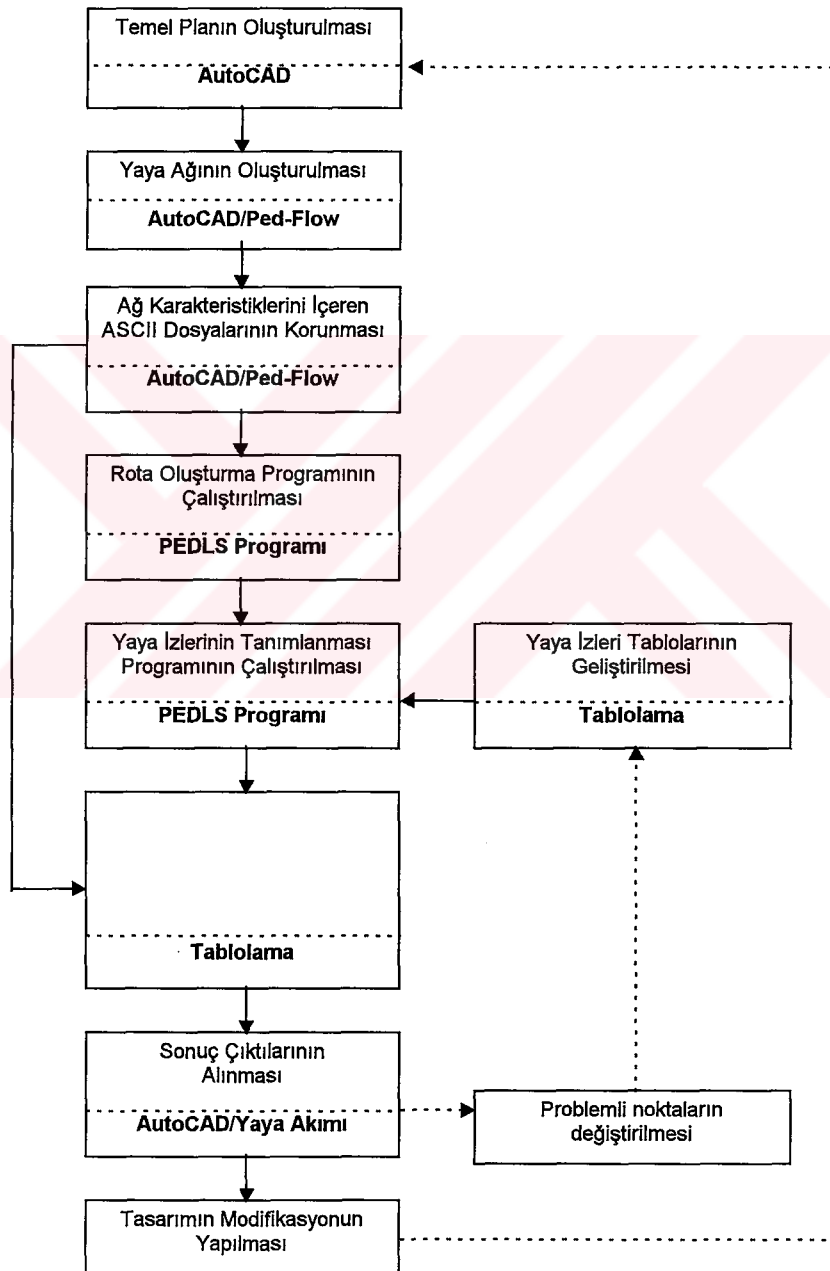
AutoCAD içinden, ağ çizim dosyaları depolanabilir (SAVE) ve yeniden yüklenebilir (RETRIEVE); program kullanımı için tablolama veya PEDLS model içine bu dosyalar oluşturulabilir. İçerilen veri dosyaları ile yaya servis düzeyi PEDLS modeli çalıştırılır ve diğer tablolama hesapları grafiksel görüntü sonuçları için aktarılabilir (IMPORT). Örneğin, kullanılan tablolar ve hesaplamalarda koridor genişliği 15 feet'dir. Bu servis düzeyi E'yi tanımlar. Servis düzeyinin C'ye geliştirilmesi için tablo hesaplamaları koridor genişliğinin 24 feet olmasını önerir. Bu tip veri ASCII dosyalarında depolanmıştır ve AutoLISP rutinleri verileri alır ve otomatik olarak ağ çizimleri ile görüntüler. PEDLS modelinin sonuçlarına dayanan bağ geçiş oranı ve hacimleri hesaplanır. Servis düzeyi analizi sonuçları için de ASCII dosyalarından bilgi alınabilir ve sonuçlar otomatik olarak ağda görüntülenir.



Şekil 4.28. Çevre Birimler

CAD çizimleri ağ hakkındaki bilgilerin görüntülenmesi için kullanışlı yoldur ve bunu kendi kendine sağlamaktadır. Buna rağmen ağ'ı çizmekte kullanılan CAD'in gücü, ağ analiz araçlarının CAD çizimleri ile bağlanması sonucu artar. Elde edilebilen ağ

modelleri, tablolama ve işletim sistemi (bu örnekte DOS) tarafından çalıştırılan diğer programları içerir. PEDLS, LOTUS 1-2-3 tablolama modelleri ve ağ yolların oluşumu ve seyahat süresine dayalı olarak bu yollardaki yayayı ve diğer ölçümler için BASIC programlarını içerir. AutoCAD, BASIC ve tablolama programı bir pakette birleştirilmiştir; ve bu programlar arası veri alışverişi yapılabilir. Veri giriş ve çıkışları, işletim sistemi veya ağ kabuğu veya dosya yönetim programı altında oluşturulan ASCII formatındaki kütüphaneye kayıt edilir (Şekil 4.28).



Şekil 4.29. Servis Düzeyi Analizi Metodolojisi

ASCII dosyaları, bağ bilgilerini, yol bilgilerini, giriş-çıkış noktalarını ve tanımlama bilgilerini içermektedir. Sonraki adımda, tipik servis düzeyi analizi gerçekleştirilir. Şekil 4.29'da üç bilgi işleme ortamı arasındaki dinamik etkileşim görülmektedir. Bu metodlar benzer olarak acil çıkış analizlerine veya alışveriş yerleşimleri analizlerine uygulanabilmektedir.

4.4.1.2. ALAN ÇALIŞMASI:

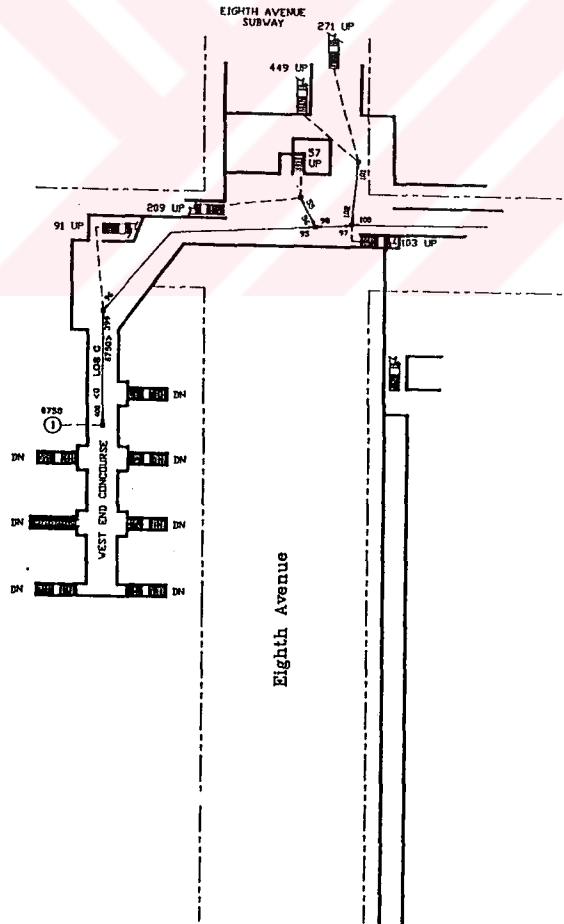
Servis etki düzeyi, yangın güvenliği - çıkış ve kiralık alışveriş alanlarının yerleşim analizlerinin alan çalışmaları, ikiyüzbinin üzerinde yolcuyu Manhattan'ın içine ve dışına taşıyan ve ulusal bir terminal olan NewYork Penn İstasyonu'nda yapılmıştır.

Penn İstasyonu'nun, kalabalık seviyesi en düşük olan üç yeraltı düzeyi ile 21 hat ve 11 platformu; düşük düzeydeki kalabalığa (A düzeyi) sahip olan komşu yeraltı istasyonlarına ve bütün yol platformlarına girişi sağlayan giriş mekanları, B düzeyindeki kalabalığa sahip caddeye ve seçilen yol platformlarına girişleri vardır. Cadde düzeyine 5 ana çıkışa ek olarak, yandaki büro binalarına ve yeraltı istasyonuna doğru çıkışları da mevcuttur.

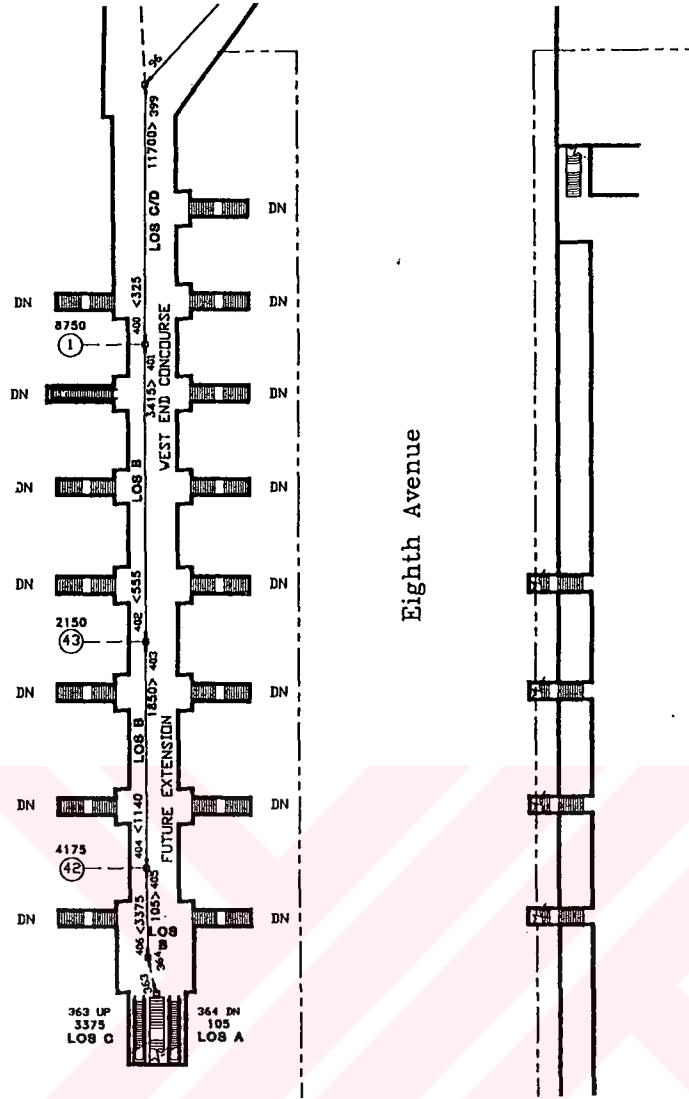
Her bir alan çalışması, Penn İstasyonu için geliştirilen yaya ağı için yapılmıştır. Ağ, temel olarak 4 dikey düzeye, bazı koridorlara, konkors katlarına, her düzeyde yürüme yollarına ve çeşitli düzeyler arasındaki bağlantılara sahiptir. Ağ 40'ın üzerinde giriş-çıkış (başlangıç-varış) noktasını, 400 farklı bağ ve 6000 olası yaya yolunu içermektedir.

Alan Çalışması 1: Servis Etki Düzeyi Analizi : Alan Çalışması 1'in amacı, istasyonun güneyindeki kalabalık platformların en kısa sürede boşaltılması için, yaya sirkülasyon programları geliştirmektir. Gelişme planı, varsayılan üç olası yeni kalabalığa sağlanan platformlara eklenen girişleri içermektedir. Yaya çıkış modeli, kullanılan yeni donanım ile gelecekteki en yüksek hacimi tahmin etmek ve yeni koridorların gereken ölçü ve genişliklerini, gereken merdiven genişliğini ve yürüyen merdiven tiplerini tanımlamaktadır.

Tasarım kriterleri, düşük kalabalık düzeyinde (A düzeyi) yeni yaya donanımı, C veya daha iyi servis düzeyinde 5 dakikanın üzerindeki ortalama akım ve transit terminal binalarında beklenen yaya kuyrukları oluşmadan kalabalık şartlarıdır. Projelendirilmiş en kalabalık saatler sabah 7.30 - 8.30 arasındır; bu periyot tahminlere ve daha önceki verilere dayanılarak belirlenmiştir. Merdivenlerin büyüklüğü istasyon platformlarının genişliği tarafından sınırlanır ve 5,00 ile 6,00 feet olarak derecelenir. Bir sonraki tren geldiğinde hemen oluşan kuyruklar bu konumda kabul edilebilir fakat kalabalık düzeyi azdır (Düzey A). Bu analiz örneğinde, ek olarak hizmet veren istasyon platformlarındaki kalabalığın olası boyutlarına odaklanmıştır. Konkors katı dört demiryolu platformuna hizmet eder ve metro istasyonuna bağlanır. Her bağdaki yaya hacmi, PEDLS model ile oluşturulmuştur ve servis düzeyi sonuçları tablolarla hesaplanmıştır ve AutoCAD ağ çizimleri içine aktarılmıştır. Şekil .4.30., servis düzeyi ve doruk saatlerdeki yaya hacimlerini gösteren birleşik AUTOCAD çizimidir.



Şekil 4.30. Yolcu hacmi ve servis düzeyi: mevcut plan.



Şekil 4.32. Yolcu hacmi ve servis düzeyi: (düzenlenmiş plan)

Alan Çalışması 2: Yangın ve Güvenlik Yönetmeliği Analizi: Bu alan çalışmasında da, farklı problemleri çözmek için benzer analitik araçlar kullanılmıştır. Bu problemler, binalarda veya yönetmeliklerde gereken yaya çıkışlarını test edilip önerilen donanımlar ile iyileştirilmesidir. Doğrudan metrolara uygulanabilecek yönetmelikler yoktur. Buna rağmen, Ulusal Yangın Yönetmeliğinin 130.No'su tasarımlara temel teşkil edecek, ulaşım sistemleri için yol göstericidir. Yönetmelik, yangın ve acil durum anında, insanların binanın güvenli bir yerine gitmeleri için 6 dakika veya daha az süre gerektiğini içermektedir. Penn İstasyonu platformlarında yapılan analizler göstermiştir ki, tren platformunun en uzak noktasından, en düşük düzeydeki kalabalığa doğru maksimum çıkış süresi önerilen planlarda 4 dakika 20 saniyedir. Bu örnekte, amaç, bütün yolcuların en düşük kalabalık düzeyinden, caddenin çıkışına 1 dakika 40 saniye veya daha az bir zamanda ulaştıran yenilemeler yapmaktır.

Yaya akım ağı, AutoCAD içinde PED-FLOW yazılım programı kullanılarak, değiştirilmektedir ve konkors düzeyindeki yeni ağın giriş noktaları oluşturulmaktadır. Ağ çıkış noktaları istasyondan her bir caddenin çıkışına eklenmiştir. Alan çalışması 1 gibi, ağ ile ilgili bilgiler, AutoCAD çizimlerinden sağlanır, diğer bir ASCII dosyasında depolanır ve PEDLS yazılımı, en kısa çıkış yolunu ve her bir kalabalık giriş noktasından en yakın cadde seviyesine çıkış noktasına olan seyahat noktasını hesaplar. Yol ve seyahat süresi AutoCAD planlarına çizdirilmiştir.

İlk analizlerde seyahat süresi, engellenmemiş yürüyüş ile, bütün kalabalık giriş noktalarından 1 dakika 40 saniye sürmüştür. Önerilen düşey sirkülasyon noktalarının sayısı ve konumu yeterlidir; bu yüzden çıkış gereksinimleri karşılanmıştır. Buna rağmen, yaya akım hacminin fazla olması nedeniyle oluşan düğüm noktalarında, serbest seyahat süresi şekilleri, kuyruk oluşturma için hesaplanmıştır. PEDLS model, bu yüzden kuyruk oluşturma geciktirici sonuçlarını hesaplamakta kullanılmıştır. Kuyruklar yoğun ve az-kalabalık çeşitli rotalarda olabilmektedir. PEDLS programı, yolcuları gerçek standartlara göre alternatif rotalara dağıtmaktadır. Kritik noktalarda artan merdiven genişlikleri ve tekrarlanan kuyruk oluşturma ve tahmin edilen çıkış süresinin hesaplanmasında PEDLS model çalıştırılabilmektedir.

Alan Çalışması 3: Alışveriş Mekanlarının Analizi: Üçüncü tip analiz; CAD ve ağ analizi altında, binalardaki kiralık alanların veya gelir getirmesi önerilen alanların değerlendirilmesini gerektirir. Kabul alanı ve yoğun seyahat koridorları çok değerlidir. Eğer varsayımlar, hazırlanan yeni yaya donanımları ve farklı konumlardaki çeşitli kiralık alanların rölatif değerleri hakkındaki eski deneyimlerle yapılırsa, kabul alanı ve ön cephe alanı karışımı maksimum rantı sağlar. Alan çalışması 3, Penn İstasyonu'nun geliştirilen yeni kuzey- güney konkors katı ve caddeye çıkış seviyesinde yapılmıştır. İstasyonun ana kalkış konkorsunun yeni yaya rotaları, cadde düzeyinden istasyonun güney kısmına önerilir. Böylece, konkors alanı ve ön cephe alanı artırılır.

CAD yazılımı ile tablolalama yazılımının birleşimi ve diğer bilgisayar programları, yaya akım analizleri için yeni metodolojiler sunmaktadır. Bu metodoloji yeni donanımların tasarımı, yenilenerek önerilen tasarımın mevcut tasarım ile

değiştirilmesi, yaya sirkülasyon alanının optimum konumlandırılması için kullanılabilmektedir. Bu teknikler, çok detaylandırılmış ve karmaşık olan ağın performans analizini mümkün kılmaktadır. Orta düzeyde elle yapılan adımlar elenerek, sonuçlar geliştirilir. Böylece, verinin giriş çıkışları ve sonuçlar, bu metod da mantıksal ve sezgiseldir. İlk araştırmaların, CAD tabanlı çizimleri ve ağı geliştirmesi gerektirir. Çok kullanışlı olan sürecin etkileri devamlı olması, programlar arasında bağlara odaklanması, veri dosyası yönetimi ve “kabuk” program oluşmasıdır (Nichols. ve diğ.,1992).

4.4.2. Yaya Akımı İle İlgili Verilerin Toplanması ve Analizi: PEDROUTE Benzetim Modeli

PedRoute benzetim modeli, Londra Metrosu’nun mevcut istasyonlarının donanımlarının iyileştirilmesi ve gelecekteki yolcu kapasitesini karşılamak için gerekli düzenlemelerin yapılmasını sağlamak için geliştirilen bir modeldir.

Model, Londra Metrosu’nda yolcu yoğunluğunun en fazla olduğu 15 dakikalık doruk zaman için, uygun standartları sağlayan istasyon planları üretir ve üretilen bu planlar üzerinden maliyet-fayda analizleri yapar.

Model, farklı sirkülasyon elemanlarının (istasyon lobisi, geçitler vb. gibi) ilişki ve fonksiyonlarını ayrı ayrı tanımlayabilmektedir. Bu sirkülasyon elemanları için sunulan iyileştirme önerilerine göre değişen yolcuların seyahat zamanları ve gecikme süreleri model tarafından kalibre edilir. Yolcuların dikkatini gerekli yönle çeken sinyal kullanımı da PedRoute tarafından modellenenmektedir. Ayrıca model, metroya binmesi gerekirken peronda bekleyen yolcuları veya istasyonda amaçsızca dolaşan (mağaza vitrinlerine bakan insanlar gibi) insanları da dikkate alarak geliştirilmiştir. Fakat PedRoute benzetim modeli, bilet holünde oluşan kuyruklar ile holdeki beklemler arasındaki etkileşimi gözönüne almamıştır.

PedRoute, kendi dinamik rota programının içerir, rota programı, kullanıcı girişleri ile benzetim yapılan periyod süresince yenilir. Rota seçimindeki temel faktör zaman faktörüdür. Model, yolcular kalabalıktan kaçmak için uzun rotalar seçebileceklerine

göre geliştirilmiştir. Modelden alınan sonuçlar, istasyonlarda gözlemlenen davranışlarla karşılaştırıldığı zaman başarılı görülmüştür.

Modelleme süreci, bugünkü verilerin toplanmasını ve bu verilerin temsil edilen temel güne dönüştürülmesini içerir. Bu dönüştürme, büyüyen yolcu hacminin ve mevsimin yolcu akımı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için gerekli olmuştur. Böylece, bütün istasyon modellerinin aynı şekilde karşılaştırılması sağlanır. Öncelikle, bugünkü istasyon modeli modellenmiş akımlar ve toplam yolcu gecikmesi ile çalıştırılmış; daha sonra önerilen değişiklikler ile çalıştırılarak sonuçlar alınmıştır.

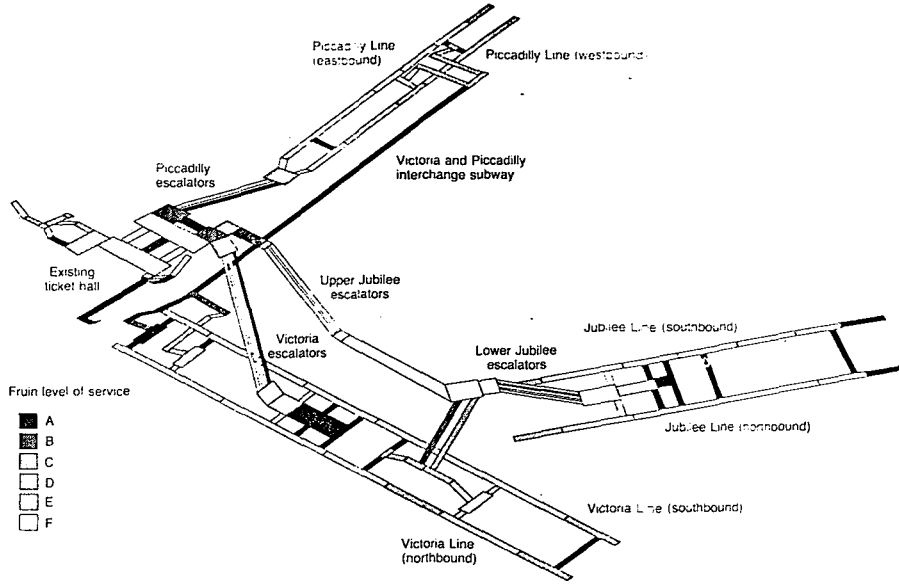
PedRoute Modeli kullanılarak yapılabilecek araştırmalar:

- Yolcuların hacimsel sayımı,
- Seyahat zamanının araştırılması,
- Başlangıç ve bitiş noktalarının araştırılması,
- Tren yükleme çalışmaları,
- Peron ayırımı araştırmaları.

PedRoute sürecinin anahtar elemanı, metro ağının çeşitli kısımlarındaki seyahat zamanı ve yolcu akım düzeyi arasındaki ilişkidir. Hız-akım ilişkisini hesaplamak amacıyla veri toplanması için Londra Metro'sunun çeşitli donanımları içeren istasyonlarında çalışmalar yapılmıştır. Hız-akım verileri için inceleme yapılan sirkülasyon elemanları;

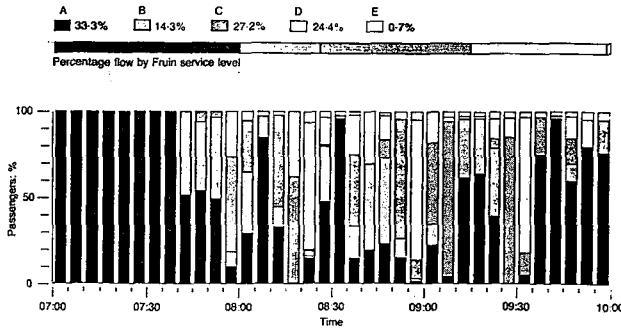
- Yaya yolları,
- Merdivenler,
- Mekanik merdivenler,
- İstasyon lobisi (konkors katları),
- Peronlar,
- Yaya yollarının kesişim noktaları'dır.

PedRoute modelinin bileşenlerinden olan Saturn paketinde kullanılan standart işlevsel formlar ile zaman-akım ilişkisi formüllendirilir ve hız-akım eğrisine dönüştürebilir.



Şekil 4.33. Green Park İstasyonu'nda 2001 yılında, sabah doruk saatlerde oluşacak minimum Servis Düzeyleri.

PedRoute, istasyondaki bütün peronlara trenlerin geldiği bir durumu veya acil bir durumun benzetimi yapar. Modelin birçok çıktısı, Fruin'in Servis Düzeyi terimlerini tanımlar. Şekil 4.33, 2001 yılında beklenen yolcu sayıları ile sabah doruk saatlerde (7.00-10.00) Green Park İstasyonu'nda, en kötü şartlarda oluşacak Servis Düzeyi tahminlerini göstermektedir. Bu servis düzeyleri en kötü şartları içerir ve bu şartlar özel konumlarda, özel bir zaman noktasında çok kısa bir süreyle oluşur. Şekil 4.34'de görülen grafik, üç saat boyunca istasyonun belirli bir bölümünde oluşan servis düzeylerini göstermektedir. İstasyonun bu bölümünde, yolcu akımı çoğu zaman kurallara uygun ve düzenli görülmektedir. Fakat bazı periyotlarda kısa zamanlarda Servis Düzeyi E akım şartlarına uyan akım oluşmaktadır.



Şekil 4.34. Green Park İstasyonu'nda Servis Düzeyleri'ne göre yolcu dağılımları.

Uluslararası Ashford İstasyonu:

Uluslararası Ashford İstasyonu önerisi, Londra ile Londra ve Channel Tüneli arasında Londra, Paris ve Brussels arasındaki raylı yolcu servisleri için bir ara istasyon sağlanmasıdır. İstasyonun uluslararası bölümündeki yolcu özelliklerinin Londra Metro İstasyonlarındaki yolcu özellikleri ile aynı olmamasına rağmen, işlemsel faktörler, standartlar, düzenlemeler ve akım özellikleri aynı olarak nitelendirilebilir.

Beş hattı ile ana istasyonlardan biri olan Ashford'taki mevcut istasyon herbiri 270 m. olan ada şeklinde iki perona sahiptir. Bir peron Londra'dan gelen trenlere, diğeri Londra'ya giden trenlere ayrılmıştır ve iki peron arasında bir köprü bağlantısı ve yeraltı bağlantısı bulunmaktadır.

Yeni tasarımda mevcut geliş platformu 400 m. uzatılarak 18 vagonlu uluslararası trenlerin kullanabilecekleri şekilde düzenlenmiştir ve yer değiştiren trenler için yeni bir peron sağlanmıştır.

Uluslararası istasyonun genel düzenlemesinde, geliş ve gidiş yolcuları birbirinden ayrılır. Esas bina temel olarak iki katlıdır; ana konkors katından veya otoparktan bir köprü ile giden yolcular birinci kattaki gidiş salonundaki check-in'lere doğru yönlendirilir. Gelen yolcular, ulusal metro peronundan geliş salonuna alınırlar ve konkors katına çıkarlar.

Yolcu analizleri, hareket eden yolcuların akımı, bilet ve pasaport kontrolündeki net oranlar ve gidiş bekleme salonunda ve peronda ihtiyaç duyulan alanlar havaalanı için yapılan çeşitli çalışmalara dayanılarak hesaplanmıştır. İç hat yolcuları için, çok az veya hiç bagaj olmadığı kabul edilerek Londra Metro Şirketi'nden alınan veriler kullanılmıştır:

- Varsayılan yürüme hızı 1m/sn'dir. Verilen bir genişlikte oluşan maksimum yaya akımının hızıdır.
- Maksimum yolcu kapasitesinde Servis Düzeyi D'nin altına düşmemek amaçlanmıştır.
- Kritik noktalarda birçok senaryo denenerek en kötü şartlar kontrol edilmiştir.

En yoğun olan akımda peronlarda düğüm noktası oluşturmayacak biçimde giriş ve çıkışlar yerleştirilmelidir. Uluslararası trenin son vagonları ikinci sınıf, orta vagonları üçüncü sınıf ve trenin ilk vagonları birinci sınıf yolculara ayrılmıştır. İkinci sınıf yolcular, diğer sınıf yolculara göre daha yoğundur ve perondan çıkışlara daha yakındır. Çıkış bekleme holünden perona doğru çıkış yolcularını yönlendirmek için gerekli düzenlemeler yapılarak ve trenlerin karşıt sonları birbirini izleyerek bütün ikinci sınıf yolcularının bir noktada toplanması yerine akımlar farklı yönlerle yönlendirilmişlerdir. Bu öneri ile, bir sonraki noktada, peronlardaki yoğun yolcu akımı %30 azalmıştır.

İç hatlar istasyonunda, altgeçitin genişliği yeterli ölçüde tutularak akşam doruk saatlerde Londra'dan gelen yolcuların kuyruk oluşturma potansiyelleri için acil çıkışlar eklenmiştir. Acil çıkış köprüsü bazı otopark, otobüs duraklarından ikinci bir çıkış olarak kullanılmakta ve metronun esas akımını % 30 azaltmaktadır.

PedRoute benzetim modeli, istasyonlardaki problemleri noktalar için sunulan iyileştirme çözümlerinin değerlendirmesini yaparak optimum çözümü belirlemektedir. Her durum için modelin sonuçları seyahat zamanı ölçümünü içerir. Model, Servis Düzeyi kalite değişimleri ve zaman arasındaki farklı gelişimleri değerlendirmekte ve maliyet-fayda analizlerini yapabilmektedir.

BÖLÜM 5

ALAN ÇALIŞMASI - AKSARAY HAFİF METRO İSTASYONU GÖZLEM VE ANALİZLERİ

Son yıllarda İstanbul'un artan nüfusuyla birlikte, gündeme gelen ulaşım sorununa çözüm olarak kentsel raylı sistemler şehir içinde uygulanmaya başlanmıştır. Raylı sistemlerden tramvay ve hafif metro sistemleri hizmete girmiştir; inşaatı sürmekte olan metro sistemi ise gelecek yıllarda işletmeye açılacaktır. Bu bölümde, tez kapsamında geliştirilen ve metro istasyolarının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen uzman sisteme veri oluşturmak üzere yapılan alan çalışması sunulmuştur.

5.1. İstanbul'da Raylı Sistemlerin ve Metronun Gelişimi

17 Ocak 1875 tarihinde Beyoğlu ile Galata arasında işletmeye açılan Karaköy Tüneli, Türkiye'deki ilk yeraltı raylı ulaşım sistemidir. İnşaat tarihi itibarı ile, dünyada üçüncü yeraltı trenidir. 1869 yılında Gavand tarafından projelendirilmiş ve yapımı, mülk sahipleriyle çıkan anlaşmazlıklar nedeniyle beş yıl kadar sürmüştür. Sistem 554.80 m. uzunluğunda, 6.70 m. genişliğinde ve 4.90 m. yüksekliğinde bir tünel, her iki ucunda birer istasyon ve makine dairelerinden oluşuyordu (Çelik, 1996, s.79). Günümüzde halen kullanılmakta olan Karaköy Tüneli günde ortalama 25.000 yolcu taşımaktadır (Kutlu ve diğ., 1988, s.1.1-1.2).

Gavand, 1876 yılında büyük bir bölümü yeraltında olan ve İstanbul'u kuzeyden güneye kateden bir raylı sistem projesi hazırlamıştır. Kumkapı'dan başlayarak Eminönü'ne kadar yeraltında devam eden sistemde Haliç'i geçmek için Galata Köprü'sü kullanılmıştır. Haliç'i geçtikten sonra tekrar yeraltına inerek sahile paralel olarak Karaköy'den Ortaköy'e kadar gitmesi planlanmıştır. Ayrıca Gavand, "Yeni Şehir Projesi" adı verilen, Boğaziçi'ni büyük bir olasılıkla Sarayburnu ve Üsküdar arasında diğer yeraltı treni ile bağlayan bir proje önermiştir (Çelik, 1996, s.81-82).

İstanbul'da gerçek anlamda bir metro sistemi kurulması fikri 1908 yılında gündeme gelmiş ve Mecidiyeköy-Yenikapı arasında çalışmak üzere bir proje geliştirilmiş fakat uygulanamamıştır. 1912 yılında bir Fransız mühendisi tarafından ilk metro etüdları gerçekleştirilmiştir. Bu etüd, İstanbul Metrosu Karaköy-Şişli arasında bir hat önerisi ile sonuçlandırılmıştır. İkinci Dünya Savaşından sonra İstanbul'un imarı amacıyla davet edilen Prof. Dr. Prost, Taksim-Beyazıt arasında çalışacak bir metro sistemi öngörmüştür. Bu öneride Karaköy-Taksim arası, kot farkı yüzünden helezoni veya kramayerli bir sistem olarak düşünülmesine rağmen bu etüd, avan proje düzeyinden ileri gidememiştir. Fransız SGTE firması, 1953 yılında, Mecidiyeköy-Yenikapı güzergahı için toplam 11,75 km uzunluğunda 12 istasyon içeren bir proje hazırlamış ve fizibilite etüdlerini yapmıştır. Ancak 89 milyon TL'lik yatırım için kaynak bulunamadığından dolayı uygulamaya geçilememiştir. 1960 yılında İtalyan, 1964 yılında Sovyet, 1965 yılında Amerikan firma ve kuruluşları aynı proje ile ilgilenmişler, teklifler vermişler, fakat çalışmalar sonuçlandıramamıştır. Sovyet Technoexport firmasının 1968 yılında hazırladığı kapsamlı metro etüd çalışmasında, Zincirlikuyu, Mecidiyeköy, Şişli, Taksim, Galatasaray, Karaköy, Eminönü, Yenikapı, Topkapı güzergahını içeren birinci hat ve Beyazıt, Saraçhane, Edirnekapi, Topçular güzergahını izleyen bir ikinci hat önerilmiştir. Bu etüdde, şehrin nüfusu ve nüfusun günlük hareketi, İstanbul'un zemin durumu, şehrin o zamanki trafiği, şehrin ana arterlerinde günün koşullarına göre geçen yolcu sayısı ve diğer ulaşım alternatiflerinin ve metronun taşıma kapasiteleri incelenmiştir. Tüm inşaat işleri için malzeme ve çalışma programı verilen bu proje etüdü de gerçekleşmemiştir. 1972 yılında İ.E.T.T. adına Türk Tekfen, Fransız Bouygues, Alman Siemens firmalarının oluşturduğu bir grup, 4. Levent-Karaköy arasında çalışacak bir metro projesi hazırlamıştır. Hükümet, İstanbul Metrosu yapımını üstlenmiş ve 31.5.1973 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile bu görev İmar Koordinasyon Kuruluna devredilmiştir. Bu kapsam içinde o tarihe kadar gerçekleştirilmiş proje ve fizibiliteleri değerlendirmek üzere müşavir firmalar görevlendirilmiş ise de somut bir sonuç alınamamıştır.

İstanbul Metrosu için yapılmış etüdlerin sonuncusu Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından İstanbul Rail-Tunnel Consultants konsorsiyumuna yaptırılan çalışmadır. 1985 yılında başlayıp 1987 yılında tamamlanan bu çalışmada Boğaz Tüp Tüneli geçişi yanında Yenikapı- 4. Levent ve Yenikapı- Topkapı metro hatlarının fizibilite etüdü yapılmış, 16,3 kilometre uzunluğunda ve 13 adet istasyonu içeren metro

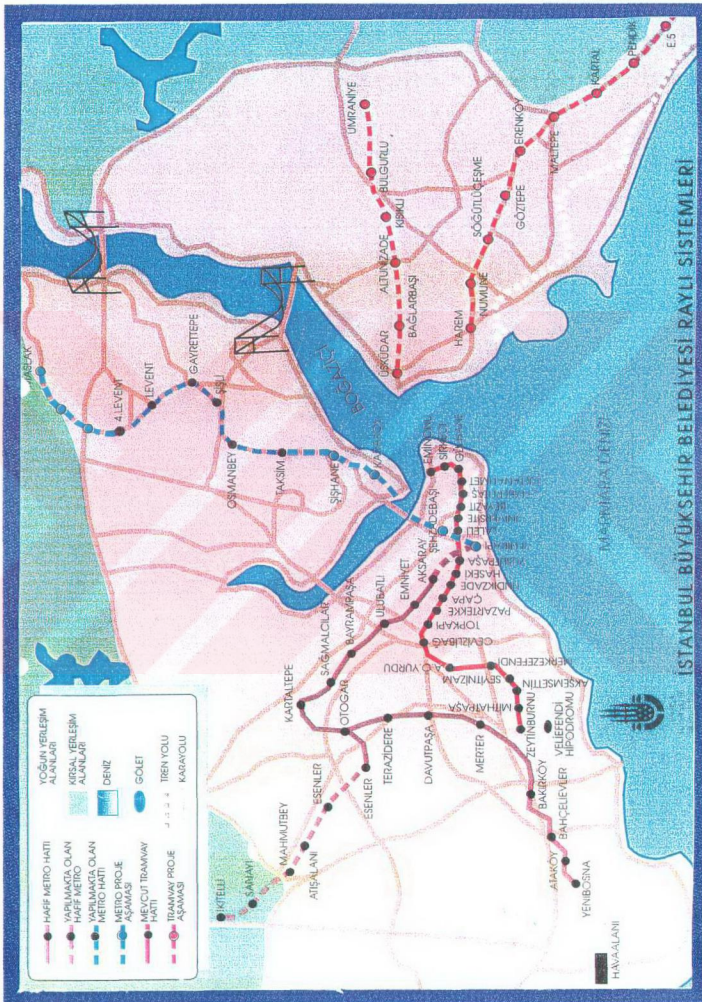
sistemi için uygulama projesine yakın ayrıntıda projeler hazırlanmıştır (Kutlu ve diğ., 1988, s.1.1-1.12, ve Yalçın, 1994, s. 8-10, Sağlamer ve diğerleri, 1987).

Aradan geçen süre zarfında yeni oluşumlar ve kentin mekansal-sosyal gelişimi yeniden değerlendirilmiş, yeni güzergahlar ve sistemler belirlenerek uygulama aşamasına geçilmiştir. Günümüzde işletmeye açılan çağdaş tramvay ve hafif metro sistemlerinin yanı sıra metronun da inşaatına başlanmıştır. Şekil 5.1'de İstanbul ulaşımında hizmet veren bütün raylı sistem çeşitleri görülmektedir.

5.1.1. Çağdaş Tramvay

1991 yılında yapımına başlanan ve 1994 yılında tamamlanan Çağdaş Tramvay olarak adlandırılan sistem, Eminönü -Zeytinburnu arasında toplam 10,7 km uzunluğundadır. Yolcu taşıma kapasitesi (bir saatte bir yönde) ortalama 12.000 kişi olan Çağdaş Tramvay sisteminde günlük ortalama yolcu sayısı 1996 yılı için 140.000 kişi/gün'dür. Tramvay max. 30 km/saat hızla çalışarak, bir turunu ortalama 45 dakikada tamamlamaktadır. Kendine özel bir yolu olmasına rağmen, genellikle trafik yolu ile kesişmektedir. Çağdaş Tramvay olarak hafif metro araçları ve düzenekleri kullanılmaktadır. Ancak hız limitleri, fren ve işletme karakteristikleri karma trafik özelliklerine göre düzenlenmiştir. Tramvay sistemi 9 Haziran 1992 tarihinde Aksaray-Beyazıt arası toplam dört durak ile hizmete girmiştir. 10 Temmuz 1992 tarihinde Beyazıt-Sirkeci arasının açılması ile sekiz durak olmuştur. 29 Ekim 1992 tarihinde Topkapı -Aksaray durakları açılmış, 10 Mart 1994 tarihinde Cevizlibağ-Zeytinburnu duraklarının açılmasıyla 19 durak olmuştur. 20. ve son durak olan Eminönü 10 Nisan 1996'da hizmete girmiştir.

Duraklar sırasıyla şunlardır: Zeytinburnu, Mithatpaşa, Seyitnizam, Merkezefendi, A.Ö. Yurdu, Cevizlibağ, Topkapı, Pazartekke, Çapa, Fındıkzade, Haseki, Yusufpaşa, Laleli, Üniversite, Beyazıt, Çemberlitaş, Sultanahmet, Gülhane, Sirkeci ve Eminönü'dür. Bu hatlara ilave olarak, Sirkeci-Kabataş, Sirkeci-Eyüp, Merter-Bağcılar, Kadıköy-Bostancı, Üsküdar-Ümraniye hatları için ön proje çalışmaları devam etmektedir (Anon., 1995).



Şekil 5.1. İstanbul'daki raylı sistem güzergahları

5.1.2. Hafif Metro

İstanbul'daki hafif metro sistemi (LRTS), I. aşama Aksaray-Esenler hattı, II. aşama Otogar-Yenibosna hattı olmak üzere iki aşamalı olarak inşa edilmiştir. 22.05.1986 tarihinde yapımına başlanan Aksaray-Esenler hattı 03.09.1989'da bitirilmiştir. 19.10.1993'te Merter İstasyonu, 07.03.1994'de Bakırköy İstasyonu, 26.07.1995'te Ataköy İstasyonu ve son olarak 26.08.1995'te Yenibosna İstasyonu hizmete girmiştir. I. aşama 8,800 km, II. aşama 9,660 km olmak üzere toplam hat uzunluğu 18,460 km olan metro sisteminde istasyon ara mesafeleri yaklaşık olarak 1000 metredir.

Hafif metro sisteminde 5 tane yeraltında, 10 tane yerüstünde olmak üzere 15 istasyon bulunmaktadır. Sistem Aksaray-Esenler ve Aksaray-Yenibosna olmak üzere iki hat olarak çalışmaktadır.

Aksaray-Esenler hattı için, istasyonlar sırasıyla; Aksaray, Emniyet, Ulubatlı, Bayrampaşa, Sağmalcılar, Kocatepe, Otogar ve Esenler'dir. Aksaray-Yenibosna hattı Otogar istasyonu dahil olmak üzere aynı güzergahı kullanır. Otogar İstasyonu'ndan sonra bu hat sırasıyla, Terazidere, Davutpaşa, Merter, Zeytinburnu, Bakırköy, Ataköy İstasyonlarını izler ve Yenibosna İstasyonu ile noktalanır. İstasyonların özellikleri ve mevcut donanımları ile ilgili bilgiler Tablo 5.1.'de verilmiştir.

İstanbul Hafif Metro sisteminde bugün 66 tane araç çalışmaktadır. Araç boyutları: Kaplinler arası uzunluk 23,5 m, araç gövde genişliği 2,65 m ve ray mantarından araç üstüne 3,36 m'dir. Araç kapılarının yüksekliği 2,00 m, genişliği ise 1.40 m'dir. Taşıtlar max. 80 km/saat hıza sahip olmakla birlikte ortalama ticari hız yaklaşık 40 km/saat'tir. Taşıtlar, sürücü kabinli MD ve sürücü kabinsiz M olmak üzere iki tiptir. Her iki taşıt arasında sürücüye yer ayrılmasından kaynaklanan yolcu kapasitesinde ve max. ağırlıkta küçük farklar vardır. Taşıtlar ilke olarak uçlarda sürücü kabinli, ortada sürücü kabinsiz olmak üzere MD+M+MD şeklinde üçlü, doruk saatlerde ise MD+M+M+MD şeklinde dördü diziler olarak işletilmektedir. Aracın yolcu kapasitesi, oturan yolcu sayısı 48, ayakta yolcu sayısı M tipi araç için 264, MD araç tipi için ise 248 (8 kişi/m²) kişi olmak üzere üçlü dizilerde 904 kişi, dördü dizilerde 1216 kişidir.

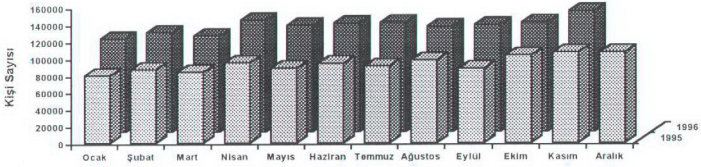
Tablo 5.1. İstanbul Hafif Metro İstasyon özellikleri.

İstasyon İsmi	İstasyon Tipi				İstasyon Giriş-Çıkış Özellikleri				Düsey Sirkülasyon Özellikleri				Peron Tipi			
	T	H	V	İstasyon Giriş-Çıkış Sayısı		Akbil	Giriş Turnike Sayısı		Çıkış Turnike Sayısı	Yürüyen Merdiven		Normal Merdiven	TY	IY	O	IO
				Giriş	Çıkış		Giriş	M. Kart.		İniş	Çıkış	İniş				
AKSARAY				2	2	5	8		7	2	2	2				
EMNİYET				2	2	2	4		6	-	-	2				
ULUBATLI				2	2	2	3		6	-	-	2				
BAYRAMPAŞA				2	2	2	3		6	-	-	2				
SAĞMALCIILAR				2	2	3	4		6	-	-	2				
KARTALTEPE				1	1	3	5		8	-	-	1				
OTOGAR				4	4	4	10		16	2	2	2				
ESENLER				1	1	5	5		-	-	-	-				
TERAZİDERE				3	3	2	3		3	-	-	1				
DAVUTPAŞA				1	1	2	3		3	-	-	1				
MERTER				1	1	2	3		3	-	-	1				
ZEYİNBUĞNU				2	2	2	3		6	-	1	1				
BAKIRKÖY				1	1	3	4		5	-	1	5				
ATAKÖY				2	2	3	5		8	-	1	1				
YENİBOSNA				1	1	2	5		5	-	-	1				

TY: Tek Yan Peron
IY: İki Yan Peron
O: Orta Peron
IO: İki Orta Peron

T: Tünel
H: Hemzemin
V: Viyadük

Hafif metro sistemi ile 1995 ve 1996 yıllarında günlük taşınan yolcu sayılarının aylara göre dağılımı Şekil 5.2.'de görülmektedir. 1997 yılı için günlük taşınacak ortalama yolcu sayısı 200.000 olarak tahmin edilmektedir.

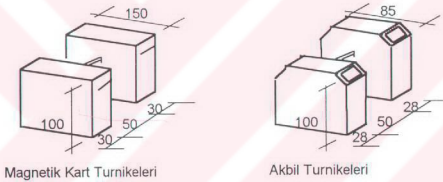


Şekil 5.2. Hafif metro sisteminde günlük taşınan ortalama yolcu sayıları.

Sistemin sefer aralığı teorik olarak 2,5 dakika olmasına rağmen, iki hat arasında 5 dakikalık aralıkla seferler her 10 dakikada bir yapılmaktadır. Günün doruk saatlerinde sefer aralıkları 5 dakikaya düşürülerek Aksaray-Esenler hattı için günde yaklaşık 160, Aksaray-Yenibosna hattı için ise 223 sefer yapılmaktadır. Hafif metro sisteminde seferler, Aksaray'dan Esenler'e 14 dakika, Aksaray'dan Yenibosna'ya 26 dakika sürmektedir.

Hafif Metro'da kullanılan bilet sistemi Akbil ve magnetik kart olmak üzere iki tiptir. İngiliz tasarımı olan magnetik kart sistemi zaman içinde kullanıma göre çeşitli şekillerde yeniden düzenlenmiştir. Magnetik kart sisteminde, kartların üzerindeki magnetik banda bir takım bilgiler kodlanmakta ve daha sonra istasyon giriş turnikelerinde otomatik olarak okutularak istasyon bilgisayarlarında değerlendirilmektedir. Magnetik kart okunduktan sonra, 3 dakika içinde kişinin turnikeden geçmesi gerekmektedir. Sistemde tek geçişli ve çok geçişli bilet kullanmak mümkündür. Çok geçişli biletlerde geçiş değeri önceden kodlanmış olan toplu değerden düşülmekte, turnike kolları geçişe bir tur dönmek suretiyle izin vermekte ve kart üzerine kalan değer, tarih gibi bilgiler basılarak yolcuya iade edilmektedir. Tek geçişe izin veren magnetik kartlar tekrar kullanılmak üzere bilet turnikelerinin içinde biriktirilir. 1996 yılı başına kadar kullanılan çok geçişli magnetik kart sistemi kaldırılarak sadece tek geçişli kart ve akbil sistemleri kullanılmaktadır.

Magnetik kart turnikelerinin maliyetlerinin fazla olması, geçiş sürelerini uzatması nedeniyle yeni bir turnike tasarımı yapılmıştır. Akbilin içindeki mevcut mikroçip turnikeyle temas ettiği zaman, toplam konturdan gerekli kontur sayısı düşürülerek ses-ışık sinyali ile turnikenin geçişe hazır olduğu belirtilir. Geçiniz sinyalinden sonra 10 sn içinde geçiş işleminin tamamlanması gerekmektedir. Yolcu akbile istediği kadar kontur yükletebilmektedir. Magnetik kart sisteminde indirimli yolcu olmamasına rağmen akbil sisteminde indirimli yolcular için farklı bir akbil sistemi kullanılmaktadır. Güvenlik ve kontrol açısından indirimli akbilin geçiş sinyali değişiktir. İndirimli akbilin kötü niyetli kullanımını önlemek için, akbil kullanıldıktan sonra aynı istasyon içinde 20 dakika süreyle kullanılamamaktadır. Toplam günlük yolcunun yaklaşık % 30'u akbil bilet sistemini, % 70'i ise magnetik kartı kullanmaktadır. İstanbul Hafif Metro sisteminde kullanılan turnikelerin boyutları Şekil 5.3.'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Geçiş turnikelerinin boyutları (cm).

Mevcut Aksaray-Esenler hattının, Atışalanı'ndan Mahmutbey ve İkitelli yönüne gitmesi için gerekli proje çalışmaları devam etmektedir. Bu amaçla Esenler-Atışalanı arasında yapılacak Hafif Metro hattının kontrollük-müşavirlik ve mühendislik ihalesi yapılmıştır. Bu sayede Organize Sanayi ve Sitesi olan İkitelli bölgesinin ulaşım problemi büyük ölçüde çözülmüş olacaktır. Bu hattın daha sonra Halkalı konutları yolu ile Halkalı Banliyö İstasyonu'na ve/veya Basın Ekspres Yolu ile Yenibosna İstasyonu'na bağlanması tasarlanmaktadır. İstanbul Hafif Metro sisteminin güzergah seçimi Aksaray-Otogar-Havaalanı olarak tespit edilmesine rağmen, kaynak yetersizliğinden dolayı bu hat, Aksaray-Yenibosna arasında inşaa edilmiştir. Bir ileriki uygulama aşamasında mevcut hattın Atatürk Havalimanı'na kadar uzatılması planlanmaktadır.

5.1.3. Metro

1985-1987 yılları arasında projelendirilen ve halen yapımı sürmekte olan İstanbul ağır metro sisteminin (RRTS) ulaşım etüdünde 4.Levent, Şişli, Taksim, Şişhane hattını, Haliç'ten köprü ile geçerek Unkapanı üzerinden Tarihi Yarımada'ya bağlayan ve Topkapı'ya kadar uzanan bir güzergah tasarlanmıştır. Ancak uygulama aşamasında Aksaray-Esenler-Yenibosna Hafif Metro Sistemi ile Eminönü-Topkapı Çağdaş Tramvay Hattı'nın Tarihi Yarımada'da toplu ulaşım ihtiyacını karşılayabildiği görülmüş ve metro hattının ilk aşamada Topkapı yerine, Boğaz Demiryolu Tüp Geçişi ile entegre olacağı Yenikapı'da son bulmasına karar verilmiştir.

Metro sisteminin Taksim'den başlayarak Cumhuriyet Caddesi, Halaskargazi Caddesi, Büyükdere Caddelerini izleyerek 4.Levent'te son bulan kısmı I. Aşama İnşaatı olarak uygulamaya konulmuştur. II. Aşama Yenikapı-Taksim hattı, III. Aşama Yenikapı-Topkapı olarak belirlenmiştir. Böylece sistem tamamlandığında 4.Levent-Topkapı arasında tek yönde yaklaşık saatte 76.000 kişi taşınacaktır.

İnşaat aşamasında olan Taksim-4. Levent hattında, Taksim, Osmanbey, Şişli, Gayrettepe, Levent ve 4. Levent olmak üzere altı tane istasyon bulunmaktadır.

İstasyonlar, üç tip olarak inşa edilmektedir:

- A Tipi : İstasyon bölümlerinin, yani bilet gişeleri, girişler, ekipman mahallerinin bulunduğu kısımların aç-kapa yapılar olarak önce açıkta inşa edilerek daha sonra üzerlerinin doldurularak yer altında kalacak şekilde tamamlandığı ve peronların ise tünel olarak inşa edildiği istasyon tipi.
- B Tipi : İstasyon ve peronların aç-kapa olarak inşa edildiği istasyon tipi.
- C Tipi : Tüm yapıların yani istasyon ve peronların yer üstünde olduğu istasyon tipi.

Taksim, Osmanbey, Şişli istasyonları A Tipi, Gayrettepe ve Levent İstasyonları B Tipi, 4. Levent istasyonu ise C Tipi olarak inşa edilmektedir. Peronlar 8 vagon dan oluşacak metro dizisinin yanaşabileceği şekilde 180 m. uzunluğunda yapılmaktadır.

I. Aşama için temin edilecek araç sayısı 60 adet vagon veya 15 adet 4 vagonlu katar olarak belirlenmiştir. Araçların normal ticari hızı 40 km/saat olmakla birlikte maksimum hızları 90 km/saattir. Sürücü her an yolun durumu ve yolcu yüküne göre yapabileceği en fazla hızı görüp kontrol edebilecek ve trenler sürücü müdahalesi olmadan otomatik olarak işletilebilecektir. Sürücü bu durumda sadece istasyonlarda yolcuların inip binmesini kontrol edecektir. Metro Taksim'den 4. Levent'e ortalama 16 dakikada ulaşabilecektir.

Dörtlü vagon dizili metronun normal yolcu kapasitesi yaklaşık 1250 kişidir. Maksimum yolcu kapasitesi bir yönde ve bir saatte 70.000 yolcudur. Günde 20 saatlik işletme için yaklaşık bir yönde 1.400.000 yolcunun taşınacağı hedeflenmektedir. Metronun her istasyondan 2 dakikada bir geçmesi planlanmaktadır. Normal işletmede tren aralıkları 120 saniye olarak düzenlenmekle birlikte, sinyal ve enerji sistemine göre tren aralıkları 90 saniyeye kadar indirilebilmektedir (Yalçın, 1994, s.18-81).

5.2. Alan Çalışması - Aksaray Hafif Metro İstasyonu

Tez kapsamında geliştirilen ve metro istasyonlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilecek modele veri oluşturulması ve modelin denenmesi için İstanbul Hafif Metro Sistemindeki istasyonlardan biri olan Aksaray İstasyonu alan çalışması için seçilmiştir. Seçim kriterleri şöyle sıralanabilmektedir:

- Kapalı metro istasyonu olması,
- Gerekli sirkülasyon donanımlarının tümünün bulunması,
- Yoğun yolcu sirkülasyonunun olması.

Alan çalışması için, hafif metro sistemindeki bütün istasyonlar incelenmiştir. Sistemde Aksaray, Otogar ve Bakırköy olmak üzere üç tane kapalı istasyon mevcuttur. Bakırköy İstasyonu'nun maddi imkansızlıklardan dolayı mekanik merdivenleri tespit ve analizlerin yapıldığı zaman bulunmamaktaydı. Aksaray ve Otogar istasyonları için yolcu yoğunlukları incelenmiş ve istasyonlar arasında en fazla yolcu sirkülasyonunun Aksaray İstasyonu'nda olduğu tespit edilmiştir (Bu tespit, İstanbul Ulaşım Sanayii ve Ticaret A.Ş'nin günlük yolcu istatistiklerine göre yapılmıştır) (Tablo 5.2).

Tablo 5.2. İstasyonlara göre günlük ortalama yolcu sayıları.

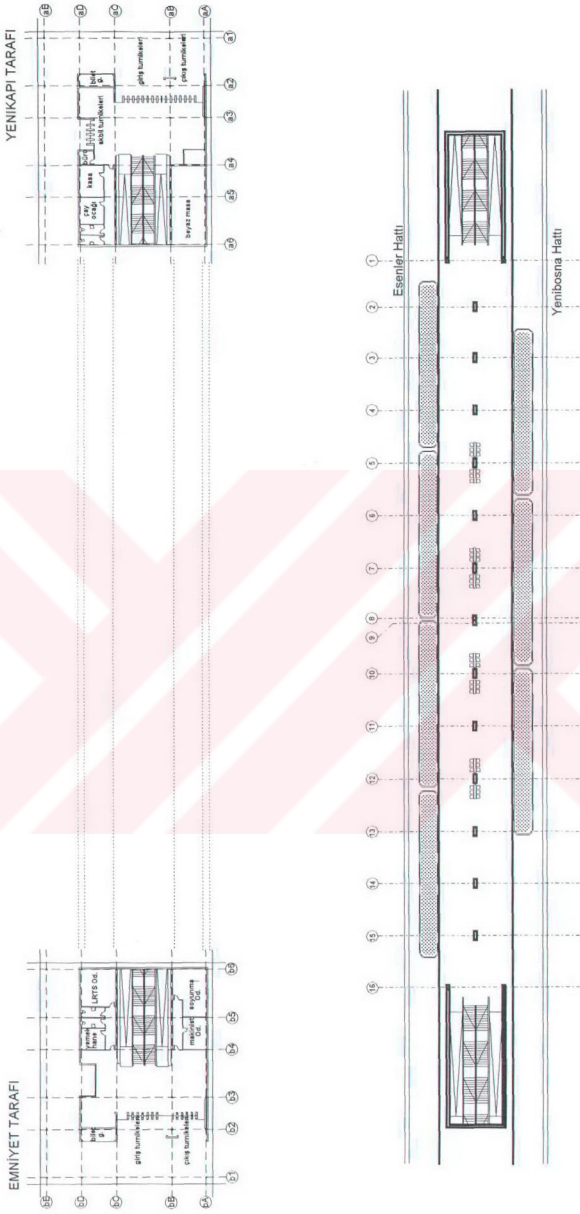
Günlük Ortalama Yolcu Sayılarının İstasyonlara Göre Dağılımları (1996)											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Aksaray	25.595	26.690	26.522	30.400	27.884	28.814	27.799	27.007	27.184	28.262	31.101
Emniyet	5.304	5.734	5.785	6.574	5.987	5.849	5.672	5.311	5.753	6.142	6.681
Ulubatlı	2.740	2.895	2.832	3.466	3.144	3.182	3.196	3.087	3.207	3.277	3.737
B.Paşa	4.203	4.321	4.350	4.980	4.769	4.812	4.949	4.474	4.873	5.316	6.249
Sağmal.	7.697	7.899	8.284	9.114	9.109	9.107	8.867	8.351	8.754	9.211	10.030
K.Tepe	5.777	5.811	6.112	6.663	6.711	6.757	6.604	6.242	6.504	6.793	7.785
Otogar	8.831	16.721	13.261	17.073	16.729	16.827	18.737	18.846	17.360	15.554	16.486
Esenler	18.411	13.107	13.287	14.957	14.669	14.944	14.492	13.672	14.372	15.160	16.753
T.Dere	3.622	3.605	3.854	4.307	4.217	4.421	4.370	4.079	4.252	4.422	4.787
D.Paşa	3.483	3.638	3.553	4.121	3.957	4.026	3.971	3.778	3.932	4.133	4.613
Merter	1.671	1.730	1.702	2.025	1.896	1.913	1.930	1.792	1.819	1.917	2.116
Z.Burnu	4.295	4.815	4.529	5.588	5.256	5.614	5.832	5.064	5.550	5.511	6.020
B.Köy	4.409	4.826	4.553	5.323	5.006	4.936	4.821	4.686	5.039	5.258	5.774
Ataköy	12.640	13.392	13.047	15.384	14.194	15.016	15.251	14.650	14.891	15.060	16.250
Y.Bosna	1.789	1.889	1.834	2.112	2.249	2.474	2.768	2.771	2.916	3.125	4.136

5.2.1. Aksaray Hafif Metro İstasyonu'nun Mimari Özellikleri

Aksaray İstasyonu, kapalı metro istasyonlarının temel mekanlarından olan giriş katı, düşey sirkülasyon elemanları ve peron katından oluşmaktadır. Bazı kapalı metro istasyonlarında mevcut olan istasyon lobisi (konkors katı) Aksaray İstasyonu'nda bulunmamaktadır (Şekil 5.4).

5.2.1.1. Giriş Mekanı

Aksaray İstasyonu Vatan Caddesi üzerinde, Emniyet ve Yenikapı yönünde olmak üzere iki adet giriş-çıkış mekanına sahiptir. İşletme açısından verimli olmaması nedeniyle istasyon açıldığı tarihten itibaren sadece Yenikapı yönündeki giriş ile hizmet vermiştir. Yolcu kapasitesinin artmasıyla birlikte 1996 Haziran ayında Emniyet yönündeki giriş mekanı da yolcu kullanımına açılmıştır. Ancak, iş merkezlerinin (Aksaray Merkez, Laleli, Beyazıt, Taksim gibi) ve Çağdaş Tramvay Aksaray durağının Yenikapı tarafında olması nedeniyle hizmete açılan Emniyet yönündeki giriş ve çıkışlar; toplam yolcunun yaklaşık %10 tarafından kullanılmaktadır.



Şekil 5.4. Aksaray Hafif Metro İstasyonu planları.

Yenikapı ve Emniyet yönündeki giriş binaları simetrik olarak tasarlanmıştır. Fakat uygulamada, ihtiyaçlara ve kullanıma göre bazı değişiklikler yapılmıştır. Giriş binalarının boyutları 19.15 m. x 25.80 m.'dir. İstasyonun kapalı bölümüne geçmeden önce 6.50 m'lik bir saçak ile yolcuların bilet alımları ve turnikelerden geçişleri sırasında kötü hava şartlarından korunması sağlanmıştır. Bilet satış noktaları, istasyona girmeden önce konumlandırılmıştır. Her bir giriş noktası için, 4 adet bilet satış gişesi bulunmaktadır.



Şekil 5.5. Aksaray Hafif Metro İstasyonu giriş katı.

Aksaray İstasyonu'na giriş, bu istasyonda istasyonların ücretsiz kısmı olan istasyon lobisi (konkors katı) bulunmadığı için, doğrudan turnikelerden geçerek sağlanmaktadır (Şekil 5.5). Yenikapı yönündeki girişte, 8 adet magnetik kartlı geçiş turnikesi ve 7 adet çıkış turnikesi bulunmaktadır. Ayrıca, personel ve görevli geçiş için serbest geçiş kapısı da ana giriş cephesindedir. Ana girişe göre, sol taraftaki cephede 5 adet akbil turnikesi mevcuttur. Emniyet tarafındaki girişte ise, 4 tane magnetik kart turnikesi, 3 tane akbil turnikesi ve 5 tane çıkış turnikesi bulunmaktadır. Turnikelerden düşey sirkülasyon elemanlarına kadar, 7,50 m x 16,50 m'lik bir alan ayrılmıştır.

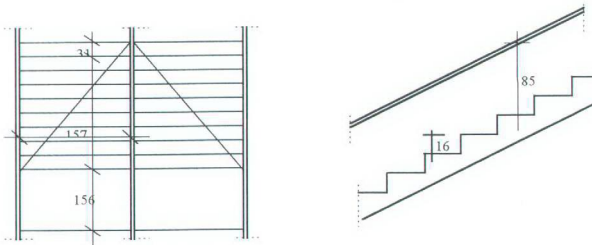
İstasyona giriş mekanında güvenlik ve kontrol için bir büro mekanı ve personelin kullanabileceği mekanlar bulunmaktadır. Genel kullanıma açık WC grubu, mimari projelerde tasarlanmasına rağmen uygulamada bu mekanlar, belediyenin diğer faaliyetleri için kullanılmaktadır. İstasyonun giriş mekanlarında yolcuyla yönlendirecek işaret ve panolar mevcuttur.

5.2.1.2. Düşey Sirkülasyon Elemanları

Aksaray İstasyonu'nda her iki yöndeki giriş mekanında perona iniş ve perondan çıkış yönünde birer adet mekanik merdiven ve normal merdiven yer almaktadır (Şekil 5.6). İstasyonda toplam iniş ve çıkış için konumları Şekil 5.4'de görülen ikişer mekanik merdiven ve ikişer normal merdiven bulunmaktadır.



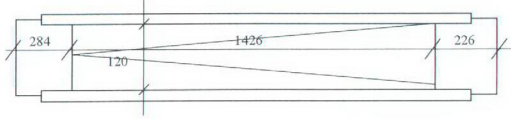
Şekil 5.6. Aksaray Hafif Metro İstasyonu düşey sirkülasyon elemanları.



Şekil 5.7. Aksaray Hafif Metro İstasyonu, Yenikapı yönündeki normal merdiven boyutları (cm)

Giriş katı ile peron katı arasındaki Emniyet yönünde 7,70 metrelik kot farkı için 46 rıht ve 3 tane sahanlığı olan normal merdiven ve Yenikapı yönünde 6.40 metrelik

kot farkı için 40 rıht ve 3 sahanlıklı normal merdiven yapılmıştır. Normal merdiven ile ilgili boyutlar Şekil 5.7'de verilmiştir. Perona iniş ve perondan çıkış için kullanılan yürüyen merdiven ile ilgili boyutlar Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Aksaray Hafif Metro İstasyonu, yürüyen merdiven boyutları (cm)

Aksaray İstasyonu'nda yolcuların kullanabilecekleri asansörler bulunmamaktadır. Hafif metro sistemindeki bazı istasyonlarda özürülü yolcuların kullanabileceği özel asansörler bulunmasına rağmen, Aksaray İstasyonu'nda bu tip asansörler mevcut değildir.

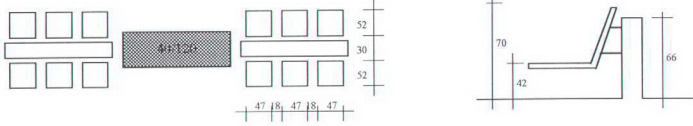
5.2.1.3. Peron

Aksaray İstasyonu çift yönlü enkesitli istasyon tipine örnektir. Çift yönlü enkesitli istasyonlarda, peron tipleri iki taraflı peronlar, orta peronlar ve iki yan ve bir orta peron olmak üzere üç tiptedir. Aksaray İstasyonu'nda orta peronlu tip kullanılmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Aksaray Hafif Metro İstasyonu peron katı.

Peronun uzunluğu dört vagonlu bir metronun yanaşabileceği şekilde 100 m olup peron genişliği 10 m'dir. Peronda bekleyen yolcular için, toplam 48 kişilik oturma grubu düzenlenmiştir. Oturma grupları, peronun orta aksındaki kolonlara bitişik olarak konulmuştur. Aksaray İstasyonu'ndaki oturma gruplarının düzenlenmesi ve boyutları Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Aksaray Hafif Metro İstasyonu, oturma elemanlarının boyutları (cm).

Yenikapı yönündeki girişten perona ulaşıldığında, metro sistemi ile ilgili açıklamalar ve haritaların bulunduğu panolar mevcuttur. İstanbul Hafif Metro Sistemindeki İstasyonlarda kafeterya, mağaza gibi yolcuların kullanabilecekleri mekanlar bulunmamaktadır. Yolcuların yiyecek ve içecek ihtiyaçları peronlara konulan otomatik makineler ile karşılanmaya çalışılmıştır. Aksaray İstasyonu'nda peron katına iki tane otomatik makine yerleştirilmiştir. İstasyonun peron kotunda acil bir durumda kullanılmak üzere acil çıkış kapıları mevcut değildir. Yolcular, acil bir durumda genel düşey sirkülasyon elemanlarını kullanmaktadırlar.

5.2.2. Aksaray Hafif Metro İstasyonu'ndaki Yolcu Hareketleri Analizi

Aksaray İstasyon'undaki yolcu hareketlerinin analizi için, kronometre ile ölçümler yapılarak ve video kaydedicisi ile yolcu hareketleri tespit edilerek yaya sirkülasyonuna ait verileri elde edilmiştir. Öncelikle, istasyondaki yaya hareketlerinin en yoğun olduğu doruk saatler belirlenmiştir. Doruk saatler, işletmenin yaptığı yolcu istatistiklerine ve yapılan 15 günlük gözlemlere göre seçilmiştir. İstasyondaki yolcu sirkülasyonun gün içinde en yoğun olduğu yarım saatlik periyodlar; metro ile gelen yolcu sirkülasyonu için 8.15-8.45 ve metro ile giden yolcu sirkülasyonu için 18.20-18.50 kabul edilmiştir.

İstasyonu kullanan toplam yolcuların yaklaşık % 10'u yeni açılmış olan Emniyet yönündeki giriş-çıkış kapısını kullanmaktadırlar. Bu nedenle, gözlemler, ölçümler ve video kayıtları yolcu sirkülasyonun daha yoğun olduğu istasyonunun Yenikapı yönündeki giriş-çıkış kapısı için yapılmıştır.

Metro istasyonlarındaki yaya hareketleri, karakteristikleri farklı olan giden yolcu ve gelen yolcu hareketleri olarak ayrılmaktadır.

5.2.2.1. Giden Yolcu Hareketlerinin Analizi

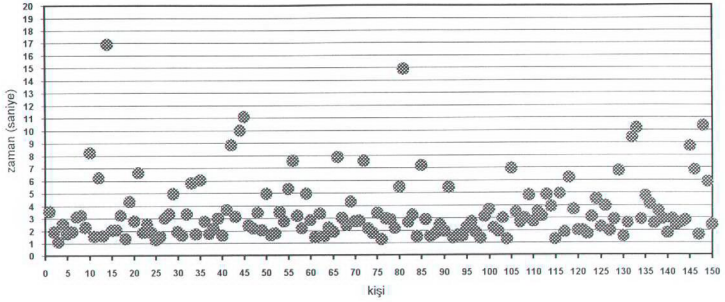
Aksaray İstasyonu'ndan giden yolcuların istasyon içindeki hareketleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Bilet turnikelerinden geçme,
2. Düşey sirkülasyon elemanlarına yürüme,
3. Düşey sirkülasyon elemanlarını kullanma,
4. Peron katında bekleme,
5. Metroya binme.

Metro istasyonlarının plan tipine göre bu hareketler farklılaşabilir. Örneğin, gışeden bilet alma veya istasyon lobisini (konkors katını) kullanma gibi.

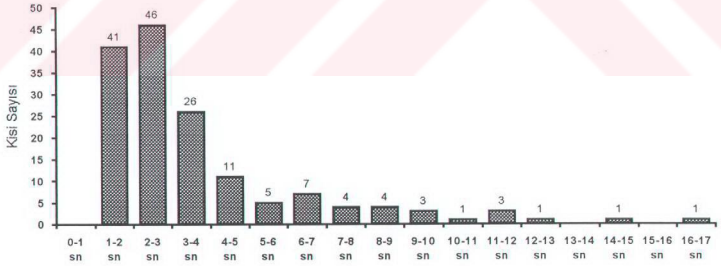
5.2.2.1.1. Bilet Turnikelerinden Geçiş

Metroyu kullanmak üzere Aksaray İstasyonu'na gelen yolcuların istasyon içindeki hareketleri giriş turnikelerinden geçmeleri ile başlamaktadır. Yolcuların giriş turnikelerinden geçiş süreleri, manyetik kart ve akbil turnikelerinde farklılaşmaktadır. Yolcuların turnikelerden geçiş sürelerini tespit etmek üzere manyetik kart turnikeleri ve akbil turnikeleri için, video çekimlerinden her gün 30 yolcu olmak üzere 150 yolcunun geçiş süreleri ölçülmüştür .



Şekil 5.11. Magnetik kart turnikelerinden geçiş süreleri.

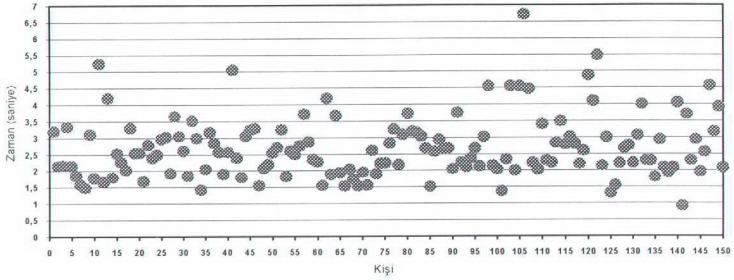
Magnetik kart geçişlerinde en hızlı geçiş 1.08 saniye ve en yavaş geçiş 16.89 saniyedir. Genel olarak turnikelerden geçiş süresi 1 ile 4 saniye arasındadır (Şekil 5.11). Geçişlerdeki yoğun periyot Şekil 5.12'deki grafikte de görüldüğü gibi 2-3 saniye arasındır. Geçiş süreleri ölçülen 150 yolcunun 41 tanesi 1-2 saniyede, 46 tanesi 2-3 saniyede, 26 tanesi 3-4 saniyede, 11 tanesi 4-5 saniyede magnetik kart turnikelerinden geçişlerdir. Bir kişinin manyetik kart turnikesinden ortalama geçiş süresi, 3.43 saniyedir.



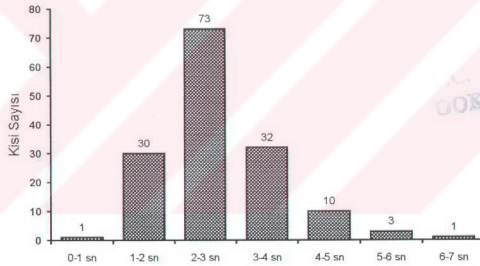
Şekil 5.12. Magnetik kart turnikelerinden geçiş sürelerine göre yolcu sayıları.

Akbil turnikelerinden ise en hızlı geçiş 0.91 saniye, en yavaş geçiş 6.72 saniyedir. Bu turnikelerden genel olarak geçiş süresi 1 ile 4 saniye arasındadır (Şekil 5.13). Akbil turnikelerinden geçişlerdeki yoğun periyot Şekil 5.14'de de görüldüğü gibi 2-3 saniyede 73 kişi olarak gerçekleşmiştir. Geçiş zamanları ölçülen 150 yolcudan 30 yolcu 3-4 saniyede, 32 yolcu 1-2 saniyede, 10 yolcu 4-5 saniyede turnikelerden

geçmişlerdir. Akbil turnikelerinden bir yolcunun ortalama geçiş süresi 2,67 saniyedir.



Şekil 5.13. Akbil turnikelerinden geçiş süreleri.

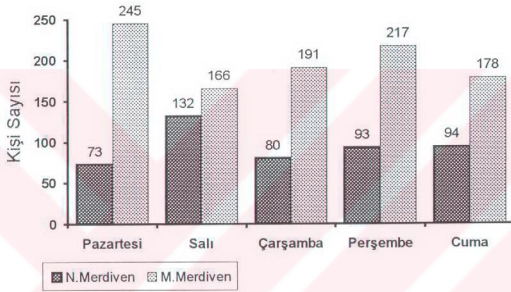


Şekil 5.14. Akbil turnikelerinden geçiş sürelerine göre yolcu sayıları.

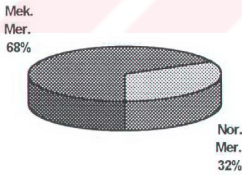
1 saniye ile 4 saniye arasında akbil turnikelerini kullanan 150 kişinin % 90'ı akbil turnikelerinden geçerken, aynı süre içerisinde manyetik kart turnikelerini kullanan 150 kişinin ancak % 75'i geçebilmektedir. Manyetik kart turnikelerinden geçiş zamanının uzama nedenleri yolcuların özelliklerinden veya sistemden kaynaklanabilmektedir. Yolcuların fiziksel ve sosyolojik özellikleri, mevcut kart sistemini bilmemeleri, taşıdıkları bagaj sayıları gibi nedenler geçiş süresini uzatmaktadır. Manyetik kartların tekrarlanarak kullanılması sonucunda aşınmaya uğrayarak bozulması veya mevcut turnikelerin hepsinin kullanıma açık olmaması sistemden kaynaklanan geçiş süresini uzatan nedenlerdendir.

5.2.2.1.2. Düşey Sirkülasyon Elemanlarını Kullanma

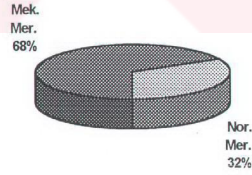
Giden yolcular peron kotuna inmek için mekanik merdivenleri veya normal merdivenleri kullanmaktadır. Yolcuların düşey sirkülasyon elemanlarındaki hareketlerinin analizleri, istasyondaki Yenikapı yönündeki merdivenleri kullananlar arasında yapılmıştır. Kullanılan merdivenlerin özellikleri ve boyutları Bölüm 5.3.2.1’de verilmiştir. Yolcuların hangi tip merdiveni tercih ettiklerini belirlemek için, video kayıtlarından 4.5 dakika süreyle yapılan sayımların sonuçları Şekil 5.15.’deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Giden yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçları



Şekil 5.16. Giden yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçlarına göre % dağılımları (4,5 dak.).

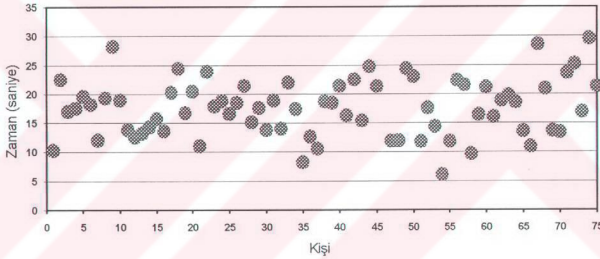


Şekil 5.17. Giden yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçlarına göre % dağılımları (30 dak.).

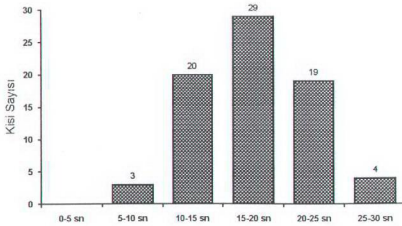
Şekil 5.16’da video kayıtlarından hafta içi hergün 4,5 dakika süreyle giden yolcuların kullandıkları merdiven tipine göre yapılan ölçümlerin % dağılımları görülmektedir. Toplam 1469 yolcudan 997’si mekanik merdiveni, 472 ‘si normal merdiveni kullanmışlardır. Ayrıca istasyonda, belirlenen en yoğun periyotta (18.20-18.50) normal merdiven ve mekanik merdiveni kullanan yolcuların sayımları

yapılmıştır. Bu sayımlardan elde edilen sonuçlar Şekil 5.17’de gösterilmiştir. Yarım saatlik sürede 2210 yolcunun 1494 tanesi mekanik merdiveni, 716 tanesi normal merdiveni kullanarak perona inmişlerdir. Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’deki grafikler göstermiştir ki, Aksaray Metro İstasyonu’nda akşam doruk saatlerde giden yolcuların % 68’i mekanik merdiveni, %32’si de normal merdiveni tercih etmektedirler.

Yolcuların normal merdivenlerden iniş süresini saptamak için, her gün 15 kişi olmak üzere toplam 75 kişinin merdivenlerden iniş süreleri ölçülmüştür (Şekil 5.18). Yolcuların merdivenden indikleri en hızlı süre 6.08 saniye, en yavaş süre 29.60 saniyedir. Ölçüm yapılan 75 kişi arasında 3 kişinin 5-10 saniyede, 20 kişinin 10-15 saniyede, 29 kişinin 15-20 saniyede, 18 kişinin 20-25 saniyede, 4 kişinin 25-30 saniyede merdivenlerden indikleri gözlenmiştir (Şekil 5.19). Giden yolcuların normal merdivenden ortalama iniş süresi 17,46 saniye olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.18. Yolcuların normal merdivenden iniş süreleri.



Şekil 5.19. Normal merdivenlerden iniş sürelerine göre yolcu sayıları.

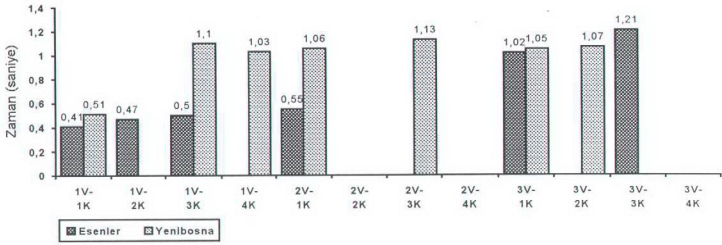
5.2.2.1.3. İstasyondaki Diğer Analizler

Giden yolcuların giriş turnikelerinden metroya binmelerine kadar geçen süreler ölçülerek, istasyonda geçirilen toplam sirkülasyon zamanı tespit edilmeye çalışılmıştır. Hafta içi beş gün süreyle belirlenen doruk saatler içinde toplam 28 yolcunun toplam sirkülasyon süreleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerle ilgili sonuçlar Tablo 5.3.'te verilmiştir.

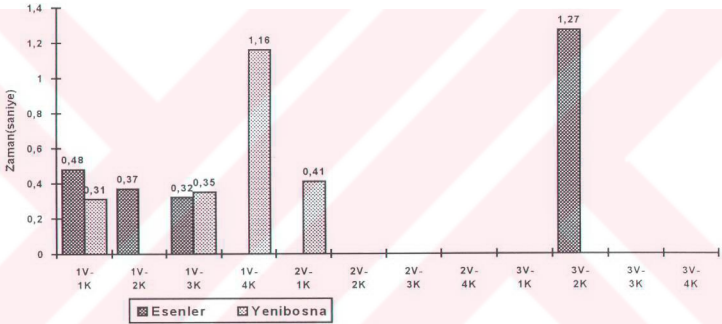
Tablo 5.3. Giden yolcuların sirkülasyon süresi (giriş turnikeleri-vagon kapıları).

Tarih	Kullanılan Giriş Turnikesi		Kullanılan Düşey Sir.		Gidilen Hat		Vagon	Süre (Dakika)
	Magnetik K	Akbil	Mek. Mer.	Nor. Mer.	Esenler	Yenibosna	Kapı No.	
12.08.1996 Pazartesi							1 V - 3 K	0.47.63
							1 V - 4 K	1.16.44
							1 V - 4 K	1.03.32
							3 V - 3 K	1.21.91
13.08.1996 Pazartesi							1 V - 1 K	0.41.93
							1 V - 3 K	0.35.90
							1 V - 1 K	0.57.69
							3 V - 1 K	1.05.69
							1 V - 3 K	0.50.42
14.08.1996 Pazartesi							2 V - 1 K	0.54.55
							1 V - 3 K	0.41.46
							1 V - 3 K	0.47.59
							2 V - 1 K	0.55.84
							1 V - 1 K	0.31.83
							3 V - 1 K	1.02.45
15.08.1996 Pazartesi							2 V - 1 K	1.06.74
							1 V - 1 K	0.45.58
							1 V - 1 K	0.59.30
							1 V - 2 K	0.37.79
							1 V - 3 K	1.10.69
16.08.1996 Pazartesi							3 V - 2 K	1.27.37
							3 V - 2 K	1.07.37
							1 V - 3 K	0.32.95
							1 V - 1 K	0.51.91
							1 V - 1 K	0.48.79
							2 V - 1 K	0.41.68
							1 V - 1 K	0.58.93
							2 V - 3 K	1.13.25

Düşey sirkülasyon elemanı olarak mekanik merdiveni kullanan giden yolcuların giriş turnikelerinden vagon kapılarına kadar olan yürüyüş süreleri Şekil 5.20'de gösterilmiştir. Şekil 5.21 ise normal merdiveni kullanan giden yolcuların yürüyüş sürelerini gösteren grafikdir. Metronun son vagonuna binen yolcuların peronda yürüme mesafeleri daha fazla olmasına rağmen ölçülen süre, bazı durumlarda ilk vagona binen yolcuların ölçülen süresinden daha azdır. Bu durum, yolcuların farklı yürüme hızlarından ve amaçlarından kaynaklanmaktadır. Yolcular hareket edecek metroya binebilmek için, normal hızlarından daha hızlı bir şekilde yürümektedirler.



Şekil 5.20. Mekanik merdiveni kullanan yolcuların çıkış kapısına ulaşım süreleri.



Şekil 5.21. Normal merdiveni kullanan yolcuların çıkış kapısına ulaşım süreleri.

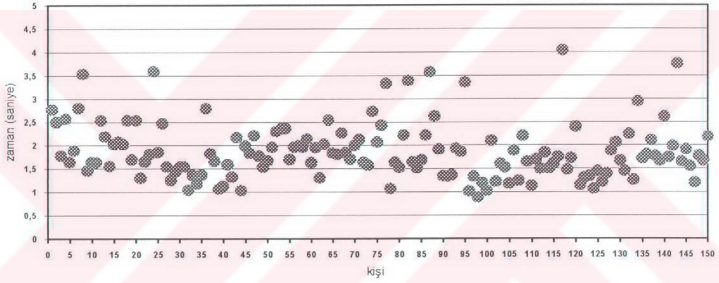
5.2.2.2. Gelen Yolcu Hareketlerinin Analizi

Aksaray İstasyonu'na metro ile gelen yolcuların hareketleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

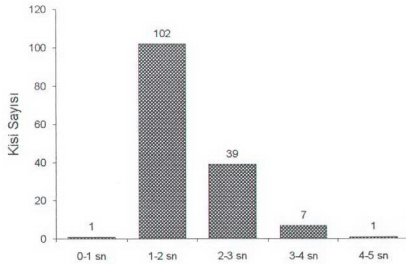
1. Metrodan iniş,
2. Düşey sirkülasyon elemanlarına kadar yürüme,
3. Düşey sirkülasyon elemanlarını kullanma,
4. Çıkış turnikelerine kadar yürüme,
5. Çıkış turnikelerinden geçiş.

5.2.2.2.1. Çıkış Turnikelerinden Geçiş

Yolcuların çıkış turnikelerinden geçiş sürelerini saptamak amacıyla beşer gün boyunca her gün 30 yolcu olmak üzere, yolcuların çıkış turnikelerinden geçiş süreleri ölçülmüştür (Şekil 5.22). Çıkış turnikelerinden en hızlı geçiş 0.88 saniye, en yavaş geçiş ise 4.04 saniyedir. Genel olarak turnikelerden geçiş süresi Şekil 5.23'de görüldüğü gibi 1 ile 2 saniye arasındadır. Geçiş süreleri ölçülen 150 kişiden 102 kişinin 1-2 saniyede, 39 kişinin 2-3 saniyede, 7 kişinin 3-4 saniyede turnikelerden geçtikleri belirlenmiştir. Bir kişinin bir turnikeden ortalama geçiş süresi 1,86 saniyedir.



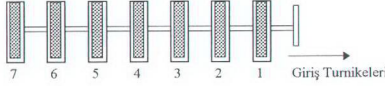
Şekil 5.22. Çıkış Turnikelerinden geçiş süreleri.



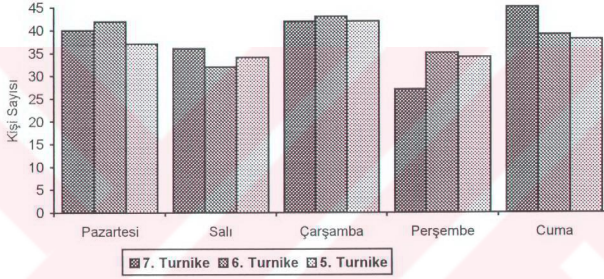
Şekil 5.23. Çıkış turnikelerinden geçiş sürelerine göre yolcu sayıları.

Yolcuların çıkış turnikelerinden ortalama geçiş süreleri belirlendikten sonra, bir çıkış turnikesinden geçen yolcu sayıları belirlenmiştir. Bu tespitler için, video

kayıtlarından, belirlenen turnikelerden 1 dakika süre boyunca geçen yolcu sayısı tespit edilmiştir. Yapılan sayımların güvenilir sonuçlar vermesi için, video kayıtlarında en net şekilde görünen, Şekil 5.24'de konumu gösterilen, 5, 6 ve 7 nolu turnikeler belirlenmiştir.



Şekil 5.24. Çıkış turnikelerinin konumları.



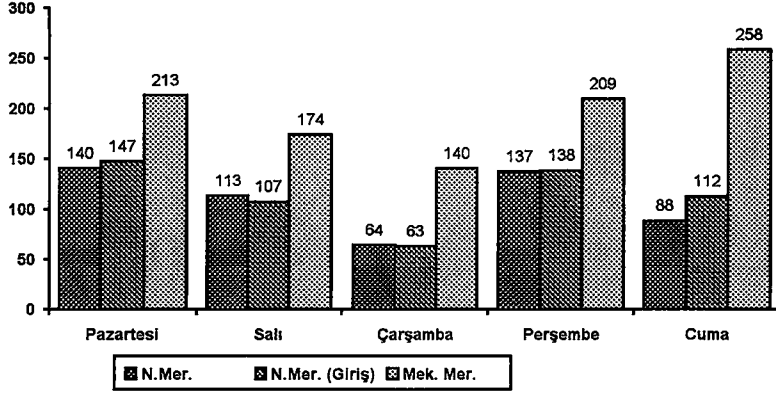
Şekil 5.25. Bir dakikalık süre içinde çıkış turnikelerinden geçen yolcu sayıları.

Şekil 5.25'de bu sayımların sonuçları grafik şekilde gösterilmiştir. Bir çıkış turnikesinden çok yoğun yolcu çıkışında 1 dakikada en fazla 45 kişi geçebilmektedir. Çıkış turnikesinden 1 dakikadaki geçiş ortalaması ise 38 kişidir.

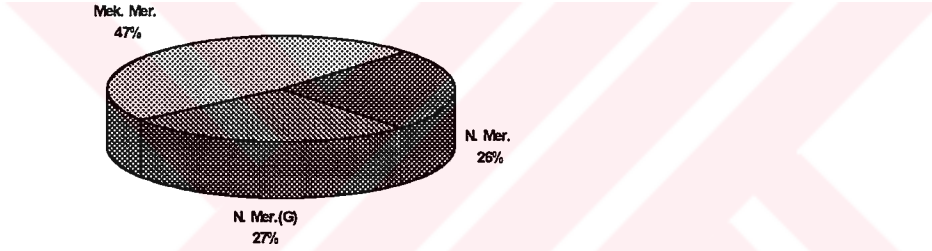
5.2.2.2.2. Düşey Sirkülasyon Elemanlarını Kullanma

İstasyona gelen yolcuların zemin kotuna çıkmak için kullandıkları düşey sirkülasyon araçları mekanik merdiven ve normal merdivendir. Yaya sirkülasyonunun çıkış anında çok yoğun olması nedeniyle yolcular, giden yolcular için ayrılan normal merdiveni de kullanmaktadırlar. Bu sebeple, gelen yolcular için ayrılan normal merdivende gelen ve giden yolcu sirkülasyonu karışmaktadır. Kullandıkları düşey sirkülasyon araçlarına göre her gün bir seferde gelen yolcuların sayımı yapılmıştır (Şekil 5.26). Bu sayımla ilgili % dağılımı Şekil 5.27'de gösterilmiştir. İstasyona

gelen toplam 2103 yolcunun, 994'ü mekanik merdiveni, 542'sinin normal merdiveni ve 567'sinin giriş yönündeki normal merdiveni kullandığı ölçülmüştür.

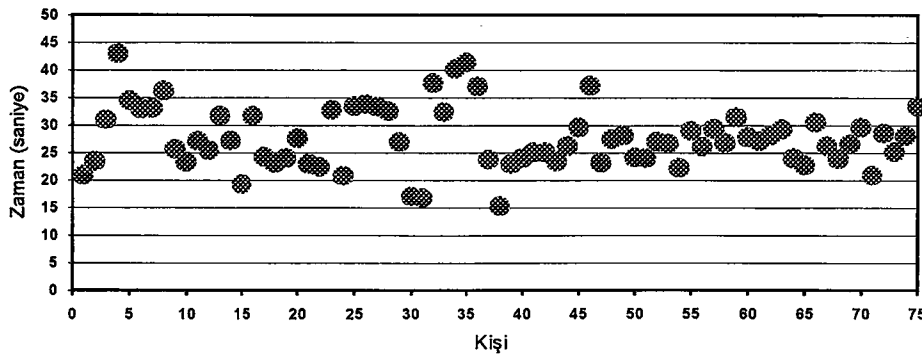


Şekil 5.26. Gelen yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçları.



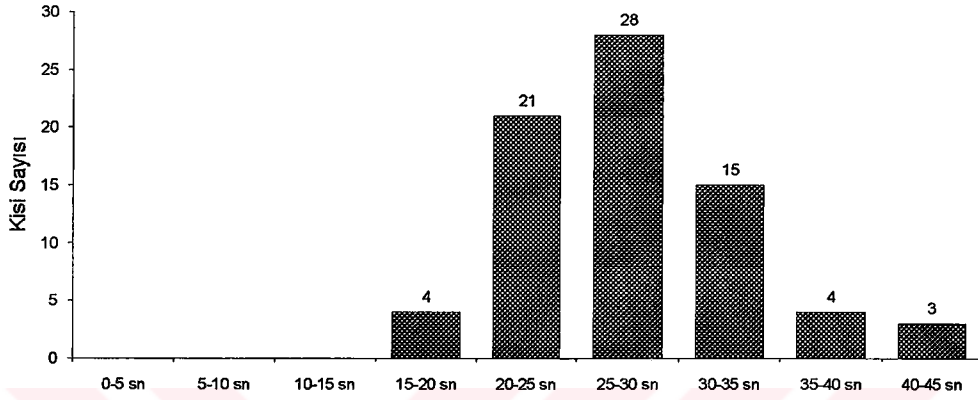
Şekil 5.27. Gelen yolcuların kullandıkları düşey sirkülasyon araçlarına göre % dağılımları.

Yolcuların normal merdivenden çıkış sürelerini tespit etmek için, her gün 15 yolcu olmak üzere 5 gün boyunca toplam 75 yolcunun merdivenden çıkış süreleri ölçülmüştür (Şekil 5.28). Yolcuların normal merdivenden en hızlı çıkış zamanı 15.23 saniye, en yavaş çıkış zamanı ise 42.88 saniyedir.



Şekil 5.28. Yolcuların merdiveni çıkma süreleri.

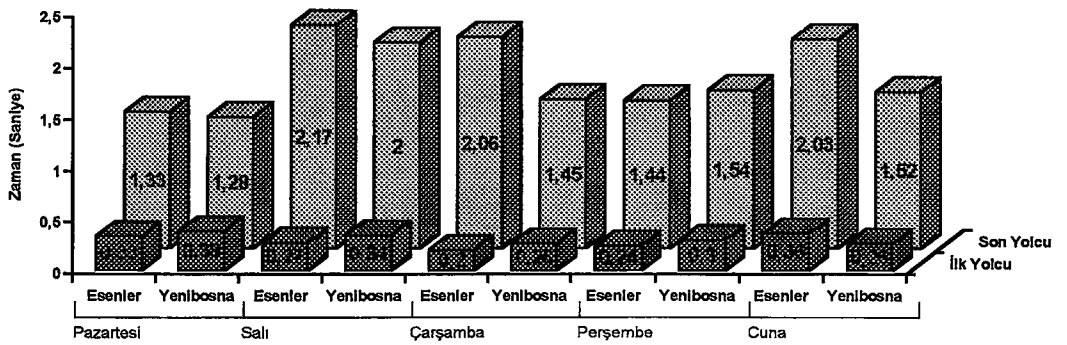
Şekil 5.29'da görüldüğü gibi genel olarak, gelen yolcular 25-30 saniye arasında normal merdiveni çıkmaktadırlar. Çıkış süreleri ölçülen 75 yolcu içinden 4 kişinin 15-20 saniyede, 28 kişinin 25-30 saniyede, 21 kişinin 20-25 saniyede, 15 kişinin 30-35, 4 kişinin 35-40 saniyede merdiveni çıktıkları saptanmıştır. Bir yolcunun normal merdivenden ortalama çıkış süresi 27,67 saniye olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.29. Normal merdivenlerden çıkış sürelerine göre yolcu sayıları.

5.2.2.2.3. İstasyondaki Diğer Analizler

Gelen yolcuların istasyonu boşaltma süresini belirlemek ve yolcuların bekleme sürelerini tespit etmek için, metrodan çıkan ilk yolcunun ve son yolcunun vagon kapısından çıkış turnikesinden geçene kadar harcadıkları süreler ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Şekil 5.30'da gösterilen üç boyutlu grafikte verilmiştir.



Şekil 5.30. Vagondan çıkan ilk yolcuların ve son yolcuların istasyonu boşaltma süreleri.

Giden ve gelen yolcular için sirkülasyon elemanlarında yapılan analizler, tez kapsamında geliştirilen modele veri oluşturmuştur. Analizler genellikle iki veri türünü elde edecek şekilde yapılmıştır. Belirlenmesi gereken ilk veri tipi, gelen ve giden yolcuların çeşitli sirkülasyon elemanlarında (peron, düşey sirkülasyon, turnikeler) harcadıkları süre ortalamasıdır. İkinci veri tipi ise, sirkülasyon elemanlarındaki yolcu yoğunluğunun zamana bağlı olarak tanımlanmasıdır. Yoğunluğun zamana bağlı olarak belirlenmesi, yolcuların sirkülasyon elemanlarında harcadıkları süre ile bağıntılı olduğu için verileri iki yönlü kontrol etme imkanı olmuştur.



BÖLÜM 6

KAPALI METRO İSTASYONLARINDA YAYA HAREKETLERİNİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILABİLECEK BİR UZMAN SİSTEM ÖNERİSİ

Tez kapsamında geliştirilen modelde, istasyondaki yolcuların davranışsal özelliklerinin analizi yapılarak, kapalı metro istasyonlarının sirkülasyon sistemlerinin istenen kriterlere göre performanslarının değerlendirilmesi ve metro istasyonlarının tasarımına yönelik verilerin sağlanması amaçlanmıştır.

6.1. Modelin Genel Özellikleri

Model, kapalı metro istasyonlarındaki yaya hareketinin analizini ve sirkülasyon sisteminin değerlendirmesini yaparak istasyonun boşalma süresini tahmin etmek üzere tüm işlemlerin bilgisayar tarafından yapıldığı değerlendirme amaçlı bir uzman sistemdir.

Model, kapalı metro istasyonlarının tek düzeyli orta peron tipi için geliştirilmiştir. Orta peronlu istasyonların maksimum iki hat tarafından kullanılması nedeniyle model, bu iki hatta göre düzenlenmiştir. Model, kullanıcının belirleyebileceği hatta öncelik tanır, diğer bir deyişle, istasyonun boşalması sırasında ilk gelen metronun peronun hangi tarafına yanaşacağını kullanıcıya sorarak belirler ve yaya akımını başlatır. Gelen metro dizisi peron uzunluğuna göre maksimum dört vagonlu olabilmektedir. Model, her iki hat için de gelen metro dizisinin kaç vagonlu olduğunu kullanıcının belirlemesine olanak tanımaktadır.

Geliştirilen model, hem istasyonun sirkülasyon sisteminin özelliklerine ilişkin fiziksel parametreleri hem de yayaların davranışsal parametrelerini içermektedir. Yayaların tercih edebilecekleri düşey sirkülasyon elemanları ve çıkış turnikeleriyle ilgili bilgiler, alan çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda modele aktarılmıştır.

Gelen yolcuların istasyonu boşaltmaları süresince her periyotta sirkülasyon sistemindeki yerleri, model tarafından belirlenebilmektedir. Ayrıca her periyot için hücrelerdeki yaya kapasitesi ve buna bağlı olarak sistemdeki darboğazlar tanımlanabilmektedir.

Geliştirilen program öncelikle, farklı plan ve sirkülasyon karakteristikleri ve farklı boyuttaki plan matrislerini içermesi nedeniyle zemin kat (giriş katı) ve peron katı için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Bu programların genel algoritmaları aynı olmakla birlikte plan özelliklerinden kaynaklanan bazı farklılıklar mevcuttur.

Geliştirilen modelin sınırlamaları ve kabulleri:

- Model, tek seviyeli orta peronlu kapalı metro istasyonları için geliştirilmiştir.
- İstasyonun tek giriş-çıkış kapısı olduğu kabul edilmiştir.
- Metro istasyonunun peron ve zemin katındaki her bir sirkülasyon elemanının içerdiği hücreleri tanımlayan plan matrisleri için sınırlamalar:
 - Peron katı plan matrisi maksimum satır sayısı ≤ 60
 - Peron katı plan matrisi maksimum sütun sayısı ≤ 15
 - Zemin kat plan matrisi maksimum satır sayısı ≤ 15
 - Zemin kat plan matrisi maksimum sütun sayısı ≤ 20
- Plandaki sirkülasyon elemanlarının geometrik boyutlarını tanımlayan boyutlandırma setlerinin maksimum boyutları da plan matrislerindeki sınırlamalara eşittir.
- Planlarda yolcuların bulunduğu konumları tanımlayan hücrelerin maksimum kapasiteleri hesaplanırken hücre kapasitesinin %20'sini gelen yolcuların oluşturduğu kabul edilmiştir. Bu kabul, Ek A'da gösterilen alan çalışmasında yapılan sayımlara dayanılarak yapılmıştır.
- Normal merdiven hücrelerinin kapasitesi hesaplanırken merdivenlerin üç sahanlıklı olduğu ve basamak genişliklerinin 0.31 m oldukları kabul edilmiştir.
- Mekanik merdivenlerin basamak genişlikleri 0.35 m olarak alınmıştır.
- Aralarında yolcu akımı bulunan hücreleri belirten ilişki matrisleri için sınırlamalar:
 - Peron katı ilişki matrisi maksimum satır sayısı ≤ 610
 - Zemin katı ilişki matrisi maksimum satır sayısı ≤ 100
- Hücrelerin bağ geçiş kapasiteleri belirlenirken yaya omuz genişliği 0.60 m kabul edilmiştir.

- Hücrelerin bağ geçiş süreleri periyot değişkeni ile tanımlanmış ve bir periyot bir adım süresi kadar alınmıştır. Kabul edilen adım uzunluğu 0.65 m. ve bir periyot süresi 0.50 sn'dir.
- Akım alt programında akımı gerçekleştiren hücre sayılarının atandığı akım dizisi, her periyot için; peron katında maksimum 500, zemin katında maksimum 100 hücre olarak belirlenmiştir.

Programın geliştirildiği bilgisayar kapasitesinin yeterli olmaması dolayısıyla tanımlanan matrislerin boyutları minimum tutulmuştur. Program, bu boyutlamaları aşan bir istasyon için uygulanmak istenirse, değişken boyutlarının tanımlandığı bölümde gereken değişiklikler yapılmalıdır.

Geliştirilen model;

- Hücrelerin komşuluk numaralarını hesaplayarak kod matrisini oluşturan KOMZEM ve KOMPER alt programları,
- Hücrelerin alabileceği maksimum yolcu kapasitelerini hesaplayarak kapasite matrisini oluşturan KAPZEM ve KAPPER alt programları,
- Hücrelerin çıkış yönüne göre birbirleriyle olan ilişkilerini belirleyerek ilişki matrislerini oluşturan ILISZEM ve ILISPER alt programları,
- Hücrelerin bağ geçiş kapasiteleri ve bağ geçiş sürelerini hesaplayarak ilgili matrisleri oluşturan BAGZEM ve BAGPER alt programları,
- İstasyona gelen yolcuların akımını gerçekleştiren ve her periyot için akım matrisini oluşturan AKIMZEM ve AKIMPER alt programlarından oluşmaktadır.

Model, PASCAL programlama dili ile bilgisayara aktarılmıştır.

6.2. Modelin Geliştirilmesi

Kapalı metro istasyonlarının sirkülasyon sistemlerinin değerlendirilmesine yönelik oluşturulan model, tanımlama, tahmin ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. Tanımlama aşamasında, istasyon planları ve sirkülasyon ağları matrisler şeklinde temsil edilmiş; uzman sistemin arayüz ve bilgi edinme birimleri kullanılarak bilgi tabanı ve olgu tabanı oluşturulmuştur. Önerilen modelin tahmin aşamasında, uzman sistemin kural tabanında belirlenen kurallar ve çıkarsama mekanizmasının kullandığı mantıksal ve matematiksel işlemler ile istasyondaki

yolcu hareketleri, sirkülasyon sistemini temsil ettiği varsayılan hücreler arasındaki akımlar olarak analiz edilmiştir. Modelin değerlendirme aşamasında, analiz sonuçları yorumlanarak, belirlenen kriterlere göre sistemin performansları değerlendirilmiştir.

6.2.1. Tanımlama

Modelin tanımlama aşaması, uzman sistemin bilgi tabanını oluşturan pasif tanımlama aşaması ve uzman sistemin olgu tabanını oluşturan aktif tanımlama aşaması olarak ayrılmaktadır. Pasif tanımlama, binayı tanımlayan bilgiler oluşturulur ve bina yapılacak analizlere olanak verecek parçalara ayrıştırılır. Aktif tanımlama, uzman bilgi tabanını ve bilgi edinme birimini kullanarak tahmin ve değerlendirme aşamasına gerekli olan yeni veri ve olguların oluşturulmasını sağlayan algoritmaları içermektedir.

6.2.1.1. Pasif Tanımlama

Modelin pasif tanımlama aşamasında, metro istasyonu kat planlarının bilgisayar ortamında tanımlanabilmesi için istasyon planlarını temsil eden matrisler oluşturulmuştur. Bu matrisler ile istasyonun sirkülasyon sistemini oluşturan, farklı yaya hareketleri özellikleri gösteren yatay ve düşey sirkülasyon elemanları ayrı ayrı tanımlanabilmektedir. Pasif tanımlama aşamasındaki matrisler, uzman sistemin bilgi tabanını oluşturmaktadırlar.

Oldukça büyük boyutta matris tanımlamaları içeren programın bilgisayar belleğinde minimum yer tutması amacıyla planı tanımlayan her bir eleman tek karakterlik harflerle sembolize edilmiştir. Zemin kat ve peron katı plan matrislerinde,

- T Perona iniş yönündeki mekanik merdiveni,
- M Perona iniş yönündeki normal merdiveni,
- N Perondan çıkış yönündeki normal merdiveni,
- R Perondan çıkış yönündeki mekanik merdiveni,
- A Mekanik merdiven korkuluğunu,
- B Normal merdiven korkuluğunu ve
- O Yolcuların sirkülasyon alanı olarak kullanmadıkları bölümleri göstermektedir.

Ayrıca, zemin kat plan matrisinde,

- G Giriş turnikelerini,
- C Çıkış turnikelerini,

- S Sirkülasyon alanını ve
D İstasyon dışını temsil etmektedir.

Peron katı planını tanımlayan matris, perona gelen metronun 3 veya 4 vagon olabileceği gözönüne alınarak oluşturulmuştur. Peron katı plan matrisinde,

- P Peron sirkülasyon alanını,
K Sirkülasyon alanı içindeki taşıyıcıları,
V 3 ve 4 vagonlu metro dizisi için vagonları,
Z 3 vagonlu metro dizisi için kullanılmayan bölümü, 4 vagonlu metro dizisi için vagonları,
D 3 ve 4 vagonlu metro dizisi için vagon kapısını,
E 3 vagonlu metro dizisi için vagon kapısını, 4 vagonlu metro dizisi için vagonları
F 3 vagonlu metro dizisi için kullanılmayan bölümü, 4 vagonlu metro dizisi için vagon kapısını ve
H 3 vagonlu metro dizisi için vagonları, 4 vagonlu metro dizisi için vagon kapısını, temsil etmektedir.

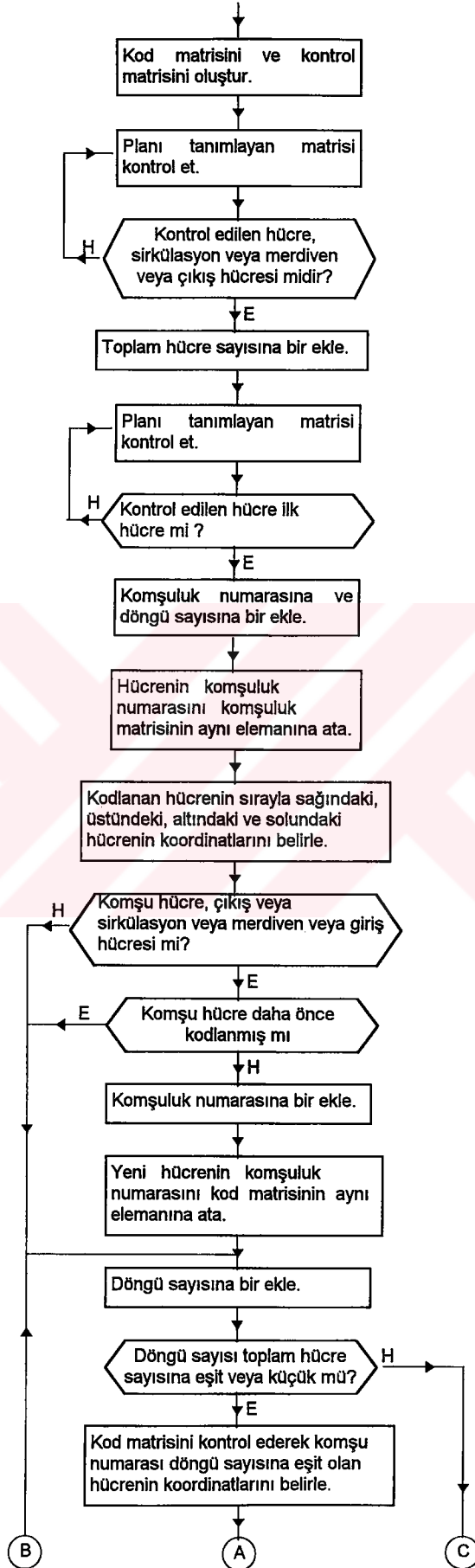
Planları temsil ettiği varsayılan hücrelere ait x ve y yönünde boyut dizileri oluşturularak planların geometrik boyutları tanımlanmıştır.

6.2.1.2. Aktif Tanımlama

İstasyon kat planlarının pasif tanımını oluşturan bilgiler, modelin analiz ve sentez aşaması için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, uzman sistemin kural tabanı ve çıkarsama mekanizması ile yeni bilgilerin üretilerek tahmin ve değerlendirme aşamasına veri teşkil edecek olgu tabanının oluşturulması gerekmektedir. Model kapsamında, bu amaçla geliştirilen alt programlar aşağıda açıklanmıştır.

KOMZEM ve KOMPER Alt Programları: Planı oluşturan hücreleri çıkış yönüne doğru komşuluk ilişkilerine göre kodlanmasını sağlayan alt programdır. Bu alt programın adımları ;

- ▷ Zemin kat planı için, plan matrisi taranarak merdiven hücrelerine göre en uzak çıkış hücresi bulunur. Peron katı planı için, peron hücresi ile düşey sirkülasyon elemanının arakesitinde olan hücre bulunur. Bulunan hücreye 1 komşuluk numarası verilir ve bu komşuluk numarası kod matrisinin aynı elemanına atanır.
- ▷ Hücrenin sırayla sağ, üst, alt ve sol yanındaki komşu hücreler kontrol edilir. (Program, istasyona gelen yolcunun çıkış yönündeki akımını analiz ettiğinden dolayı istasyonun plan özelliklerine göre böyle bir sıralama gerekmiştir).



Şekil 6.1. KOMZEM alt programına ilişkin akış şeması.



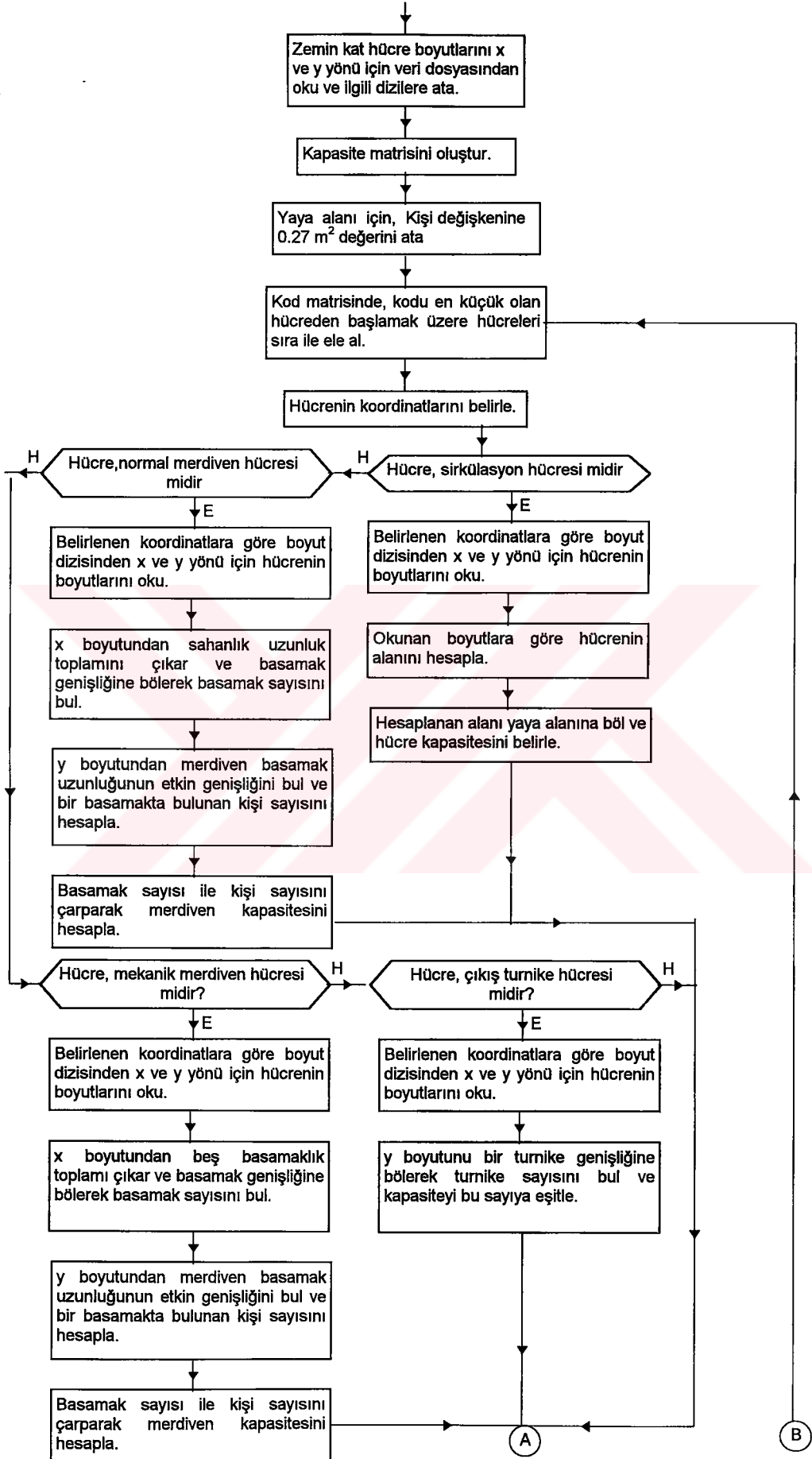
Şekil 6.1. Devam.

- ▷ Komşu hücreler, yolcular tarafından kullanılmayan hücre değilse (sirkülasyon, merdiven, giriş, çıkış, dış, peron, kapı, vagon hücreleri ise) komşuluk numarası 1 artırılarak, kod matrisinin aynı elemanına atanır.
- ▷ Komşuluk numarası kontrolü ile bir sonraki hücreye geçilir. Komşuluk numarası daha önce belirlenen toplam hücre sayısına eşit olana kadar işleme devam edilerek bütün hücrelerin komşuluk numaraları kod matrisine atanır.

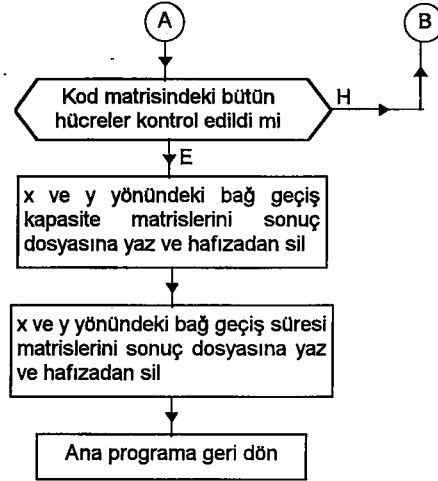
KOMZEM alt programının akış şeması Şekil 6.1’de verilmiştir.

KAPZEM ve KAPPER Alt Programları: Planı oluşturan hücrelerin maksimum yolcu kapasitesini hesaplayan alt programlardır. Farklı sirkülasyon elemanlarını temsil eden hücrelerin özelliklerine göre belirlenen kurallar doğrultusunda program hücre kapasitelerini hesaplayabilmektedir. Bu alt programın adımları;

- ▷ Zemin kat ve peron katı için oluşturulan komşuluk matrisinde kod numarası en küçük olan hücre alınır.



Şekil 6.2. KAPZEM alt programına ilişkin akış şeması.



Şekil 6.2. Devam.

- ▷ Hücre sirkülasyon veya peron hücresi ise, koordinatları belirlenir. Belirlenen koordinatlara göre x ve y yönündeki boyut dizilerinden hücrenin boyutları okunarak hücrenin alanı hesaplanır.
- ▷ Hücrenin maksimum kapasitesi şu formülle hesaplanır:

$$\text{Maksimum Kapasite} = \text{Hücre alanı (m}^2\text{)} / \text{Yolcu alanı (kişi/m}^2\text{)}$$

Yolcu alanı, yolcunun sirkülasyon elemanında kapladığı alandır. Bu alan Bölüm 2.2’de açıklandığı gibi, kişinin duysal alanı da dikkate alınarak vücut derinliği (0.45 m) ve omuz genişliği (0.60 m) çarpımı sonucunda 0.27 m² olarak elde edilir. Daha sonra, hücre alanının bu yolcu alanına bölünmesi sonucunda hücrede kalan alan; bir kişinin minimum kullanma alanı (yolcuların birbirine dokunma olması durumu) 0.21 m²’den eşit veya büyükse hücre kapasitesi bir artırılır. Giden yolcuların yoğun saatlerde gelen yolculara oranı %20 olduğu kabul edilerek, hücre kapasitesinden bu oran kadar çıkarma yapılır.

- ▷ Hücre merdiven hücresi ise, hücrenin x boyutuna bağlı olarak merdivenin basamak sayısı, y boyutuna bağlı olarak merdiven etkin basamak genişliği hesaplanarak hücrenin kapasitesi belirlenir.
- ▷ Hücre çıkış turnikesi ise, hücrenin y boyutunu verilen bir turnike boyutuna bölerek turnike sayısını hesapla ve hücre kapasitesine eşitle.
- ▷ Hesaplanan hücre kapasitesi, kapasite matrisinin aynı elemanına atanır. Kod matrisinin bütün elemanlarının kapasiteleri hesaplanıncaya kadar işlem devam eder.

KAPZEM alt programının akış şeması Şekil 6.2’de verilmiştir.

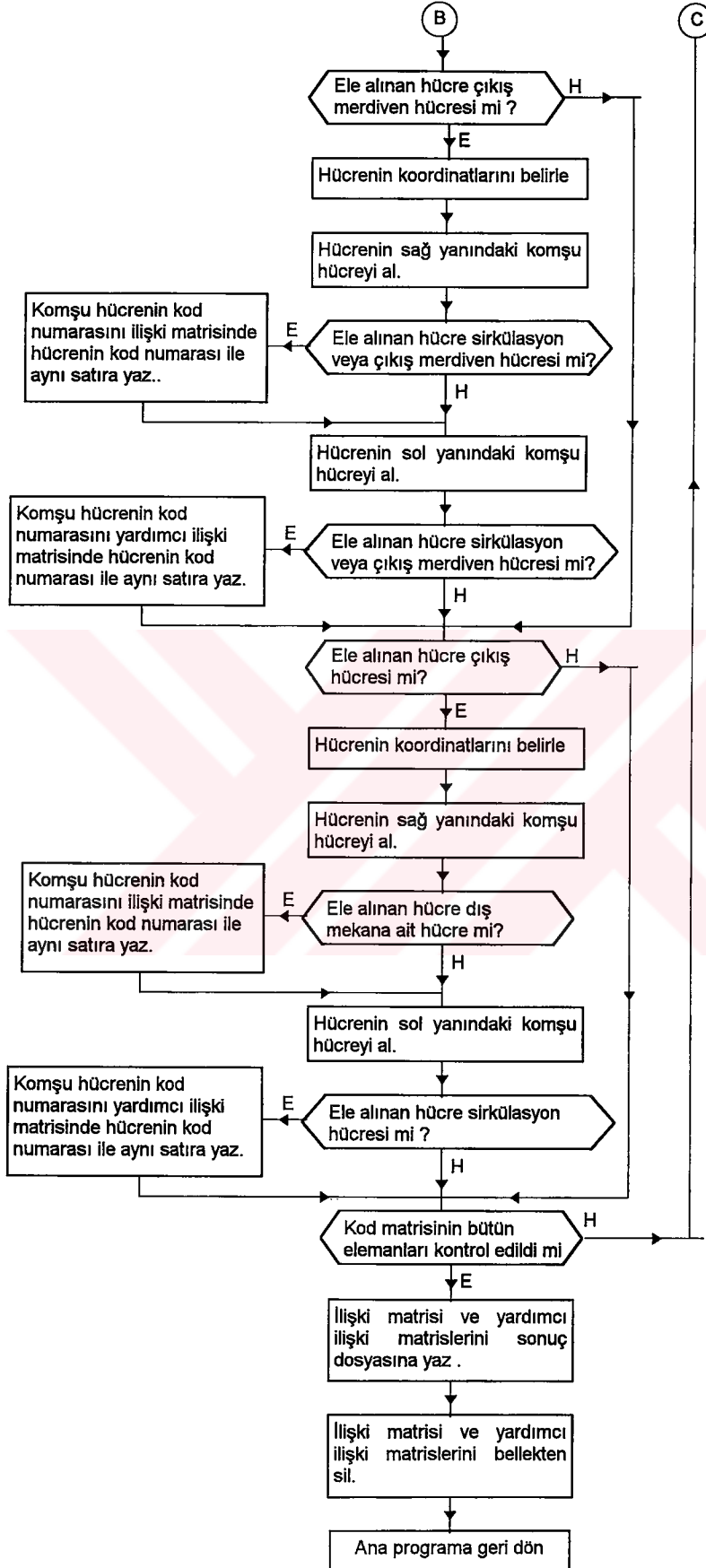
İstasyona gelen yolcuların, vagon kapılarından istasyon dışına kadar olan akımları süresince kullandıkları hücreler arasındaki ilişkiler, Bölüm 4.3.2.1.’de anlatılan esaslara göre oluşturulan zemin kat ve peron katı için tanımlanan statik ağ akım modeline göre belirlenmiştir. Geliştirilen modelde, hücreler arasındaki ilişkileri tanımlayan alt program aşağıda açıklanmıştır.

ILISZEM ve ILISPER Alt Programları: Planı oluşturan hücrelerin çıkış yönünde oluşacak akım için birbirleriyle olan ilişkilerini tanımlayan alt programdır. İlişki matrisinin satır sayısı toplam hücre sayısı kadardır. Her hücrenin maksimum dört hücreyle ilişkisi olabileceğinden sütun sayısı dörde eşittir. Ayrıca akımı gerçekleştiren alt programa yardımcı olmak üzere çıkış yönüne göre karşıt yönde yardımcı ilişki matrisleri de oluşturulmuştur. Bu alt programın adımları;

- ▷ Zemin kat planı için, plan matrisi taranarak çıkış hücreleri ve koordinatları belirlenir. Peron katı planı için merdiven hücreleri ve koordinatları bulunarak perondan çıkış için kullanılan merdivenlerin matristeki yönü belirlenir.
- ▷ Zemin kattaki her bir sirkülasyon hücresi için en yakın çıkış hücresi tanımlanır.
- ▷ Zemin kat ve peron katı için oluşturulan komşuluk matrisinde kod numarası en küçük hücre alınarak koordinatları belirlenir.
- ▷ Belirlenen koordinatlara göre plan matrisi okunarak hücrenin sirkülasyon, peron, merdiven veya çıkış hücresi olup olmadığı tespit edilir.
- ▷ Tespit edilen hücrenin sağ, sol, üst, alt komşu hücreleri belirlenerek, hücrenin ve komşu hücrelerin niteliklerine ve koordinatlarına göre oluşturulan kurallar çerçevesinde birbirleriyle olan ilişkiler tanımlanır. Hücrelerin aralarındaki ilişkileri tanımlayan kurallar, Şekil 6.3’de gösterilen alt programın algoritmasında açıklanmıştır.
- ▷ Hücrenin komşu hücre ile ilişkisi çıkış yönündeki akım doğrultusunda ise ilişki matrisine, karşıt yönde ise yardımcı ilişki matrisine komşu hücrenin kod numarası belirlenerek yazılır.



Şekil 6.3. ILISZEM alt programına ilişkin akış şeması



Şekil 6.3. Devam.

- Komşuluk numarası kontrolü ile bir sonraki hücreye geçilir. Komşuluk numarası toplam hücre sayısına eşit olana kadar işleme devam edilerek bütün hücrelerin ilişkili olduğu hücreler ilişkisi matrislerine atanır.

ILISZEM alt programının akış şeması Şekil 6.3'de verilmiştir.

BAGZEM ve BAGPER Alt Programları: Planı oluşturan hücreler arasındaki bağ geçiş kapasitelerini ve hücrenin bağ geçiş süresini hesaplayarak ilgili matrisleri oluşturan alt programdır.

Bu alt programın adımları;

- Zemin kat ve peron katı için oluşturulan komşuluk matrisinde kod numarası en küçük olan hücre alınarak koordinatları belirlenir.
- İlişkisi matrisinden hücrenin ilişkili olduğu komşu hücreler ve koordinatları saptanır.
- Hücrenin komşu hücreyle hangi yönde (x veya y yönünde) ilişkisi olduğu belirlenir.
- Belirlenen yöne göre hücrenin ilgili boyutu, boyut dizisinin aynı elemanından okunarak iki hücre arasındaki geçiş kapasitesi şu formülle hesaplanır:

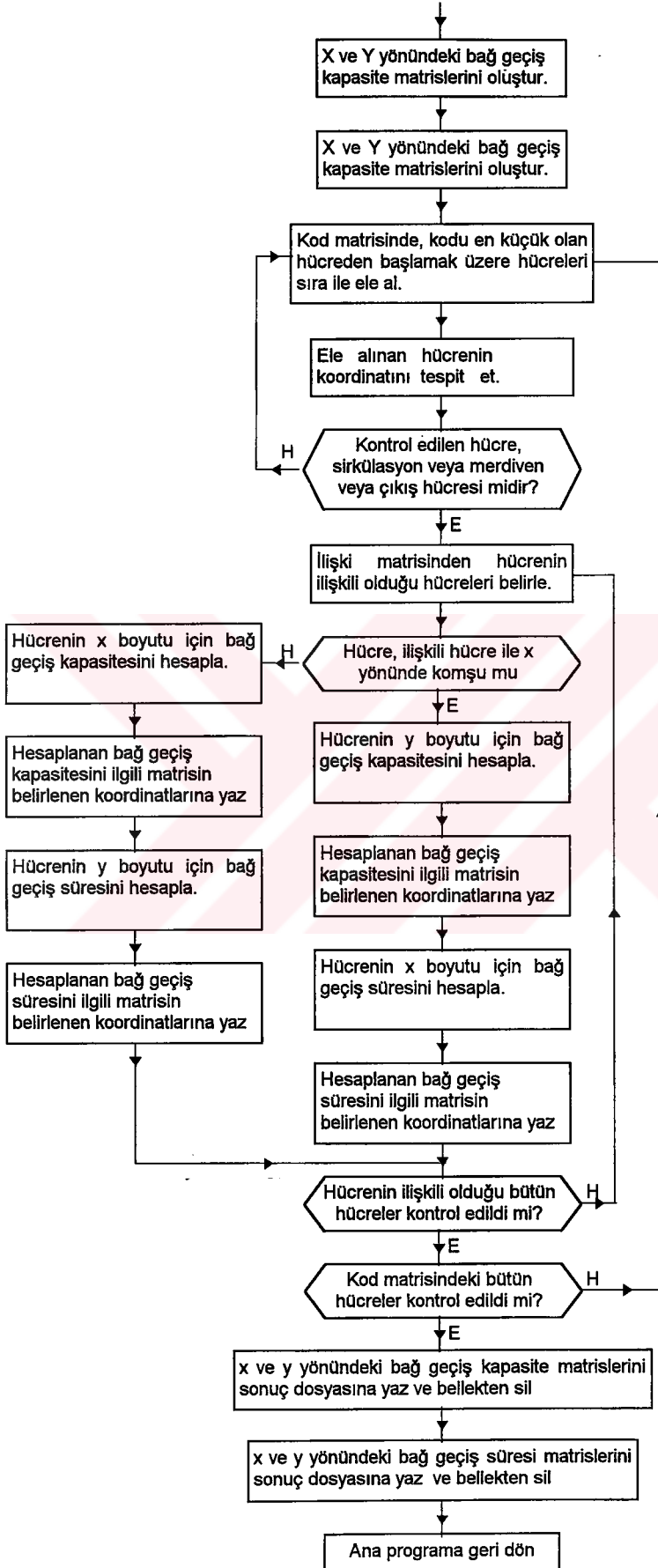
$$\text{Bağ Geçiş Kapasitesi} = \text{Hücre boyutu (m)} / \text{Yaya omuz genişliği (m)}$$

- Hücrenin hesaplanan bağ geçiş kapasitesi, belirlenen yön matrisinin aynı elemanına atanır.
- Hücrenin bağ geçiş süresi ise şu formülle hesaplanır:

$$\text{Bağ Geçiş Süresi} = \text{Hücre boyutu (m)} / \text{Adım uzunluğu (m)}$$

- Komşuluk numarası kontrolü ile bir sonraki hücreye geçilir. Komşuluk numarası toplam hücre sayısına eşit olana kadar işleme devam edilerek bütün hücrelerin ilişkili olduğu hücreler için bağ geçiş kapasiteleri ve hücrenin x ve y yönündeki bağ geçiş süreleri ile ilgili matrislere atanır.

BAGZEM alt programının akış şeması Şekil 6.4'de verilmiştir.



Şekil 6.4. BAGZEM alt programına ilişkin akış şeması

Hücreler arası bağ geçiş süreleri hesaplandıktan sonra, sirkülasyon sisteminin statik ağ modelinin zaman faktörü gözönüne alınarak analiz aşamasına veri teşkil eden dinamik ağ modeli haline dönüştürülür. Dinamik ağ modellerinde yolcuların bir hücreden diğer bir hücreye kabul edilen bir periyotluk zaman birimi içinde hareket ettikleri varsayılır.

Uzman sistemin tanımlama aşamasında bilgi tabanının kullanılarak olgu tabanının oluşturulması sürecinde elde edilen veriler şunlardır:

- İstasyonun giriş katındaki ve peron katındaki toplam hücre sayısı,
- Her hücrenin kod numarası,
- Sirkülasyon, peron, düşey sirkülasyon ve çıkış hücrelerinin maksimum kapasiteleri,
- Her sirkülasyon hücrelerine en yakın çıkış hücresi,
- Her hücrenin çıkış akımı yönünde ilişkili olduğu hücre sayısı ve bu hücrelerin kod numaraları,
- Her hücrenin ilişkili olduğu hücreler arasındaki bağ geçiş kapasiteleri,
- İlişkili hücreler arasındaki bağ geçiş süreleri.

Uzman sistemin tahmin aşamasında kullanılacak olan olgu tabanı ve bilgi tabanı böylece elde edilmiş olmaktadır.

6.2.2. Tahmin Modeli

Geliştirilen modelin bu aşamasında, istasyonun sirkülasyon sistemini temsil ettiği varsayılan hücreler arasında oluşan yaya akımı, uzman sistemin bilgi ve olgu tabanının çıkarsama mekanizması tarafından, tanımlanan kurallar çerçevesinde analiz edilmiştir. Model kapsamında bu amaçla geliştirilen alt program aşağıda açıklanmıştır.

AKIMZEM ve AKIMPER Alt Programları: Gelen yolcuların vagon kapısından başlayarak çıkış turnikelerinden geçişiyle sonlanan istasyon içindeki akımlarının analizini yapan alt programdır. Bu alt programın adımları ;

- ▷ Zemin kat planı için, plan matrisinin taranmasıyla çıkış hücreleri bulunarak koordinatları belirlenir. Belirlenen bu koordinatlara göre kod matrisinde çıkış hücrelerinin kodları okunarak ilgili diziye atanır. Peron katı planı için aynı işlem düşey sirkülasyon elemanlarının belirlenmesi için yapılır.
- ▷ Kullanıcının belirlediği ilk gelen metro hattına ve vagon sayısına göre peron katı plan matrisi taranarak vagon kapılarını temsil eden hücrelerin koordinatları belirlenir.
- ▷ Koordinatları aynı olan akım matrisinin elemanına belirlenen vagon kapıları için bilgi tabanındaki akım kapasiteleri atanır.
- ▷ Tanımlanan çıkış hücreleri dizisinden komşuluk numarası en küçük olan çıkış hücresinden başlanarak bütün hücreler sırayla ele alınır.
- ▷ Ele alınan çıkış hücresinin, çıkış yönüne karşıt yönde gelişecek akım için oluşturulan yardımcı ilişki matrisi okunarak ilişkili olduğu hücreler belirlenir.
- ▷ Belirlenen bu hücrelerin akım kapasiteleri kontrol edilir. Eğer akım kapasiteleri 0 ise (yani hücrede yolcu yok ise) ilgili diziye atanır. Dizinin elemanları tekrar ele alınıp yardımcı ilişki matrisinde ilişkili olduğu hücreler belirlenerek akım kapasiteleri kontrol edilir. Bu işlem, bütün çıkış hücreleri için aynı şekilde tekrar edilerek, akım kapasite değeri 0'dan farklı olan hücrelerin bulunmasına kadar sürer. Böylece yayanın bulunduğu ilk hücreler belirlenmiş olur (Bu hücreler peron katı için vagon kapısı hücreleri, zemin kat için düşey sirkülasyon hücreleridir).
- ▷ Yayaların bulunduğu hücrelerin belirlenmesiyle akım başlar ve periyot 1'e eşitlenir.
- ▷ İlişki matrisi kontrol edilerek belirlenen bu hücrelerin ilişkili olduğu hücreler tanımlanır.
- ▷ Hücre, mekanik merdivenin 5 hücre önünde ve mekanik merdiven ile ilişkili ilk iki hücrenin akım kapasitesinin $\frac{2}{3}$ 'ü boş ise, hücrenin komşu hücreleri mekanik merdiven yönünde ise ilişkili hücre olarak tanımlanır. Eğer mekanik merdiven ile ilişkili iki hücrenin akım kapasitesinin $\frac{2}{3}$ 'ü dolu ve hücre normal merdivene 3 hücre yakınlıkta ise, perondan çıkış için ayrılmış normal merdivenin akım kapasitesi diğer normal merdivenin akım kapasitesinden küçük veya eşit olup olmadığı kontrol edilir. Akım kapasitesi küçük veya eşit ve komşu hücre normal merdiven yönünde ise ilişkili hücre olarak tanımlanır.

- ▷ Hücre ve ilişkili olarak tanımlanan komşu hücre arasında ilgili kontrol matrisi elemanı 0 ise bu periyot için akım henüz gerçekleşmemiş olacağından geçiş kapasitesi hesaplanır.
- ▷ Geçiş kapasitesi hesaplanırken öncelikle oluşturulan süre kontrol matrisi taranır. Süre kontrol matrisinin süre değişkeni içinde bulunan periyoda, ilk hücre koordinatları hücre koordinatlarına ve son hücre koordinatları komşu hücre koordinatlarına eşit ise matrisin aynı satırındaki BagGeç değeri hücre akım değerinden çıkarılır ve komşu hücre akım değeri ile toplanır. (Süre kontrol matrisinin amacı, bağ geçiş süresi 1'den büyük olan hücreleri, ilişkili oldukları komşu hücreleri, geçiş kapasite değerlerini ve geçişin yapılacağı periyodu program belleğinde tutmaktır).
- ▷ Geçiş kapasitesi ve bu hücrelerin yeni akım kapasiteleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

IlkKap :Hücrenin akım kapasitesi,

SonKap :Komşu hücrenin akım kapasitesi,

SonKap :Komşu hücrenin maksimum kapasitesi,

BagGec :Hücreden komşu hücreye geçebilecek kişi sayısı,

GecKap :Hücreden komşu hücreye geçen kişi sayısı olmak üzere,

Eğer $IlkKap \geq BagGec$ ve $SonKap + BagGec \leq BagGec$ ise $GecKap = BagGec$,

Eğer $IlkKap \geq BagGec$ ve $BagGec \leq MakKap - SonKap$ ise $GecKap = MakKap - SonKap$,

Eğer $IlkKap < BagGec$ ve $SonKap + IlkKap \leq MakKap$ ise $GecKap = IlkKap$,

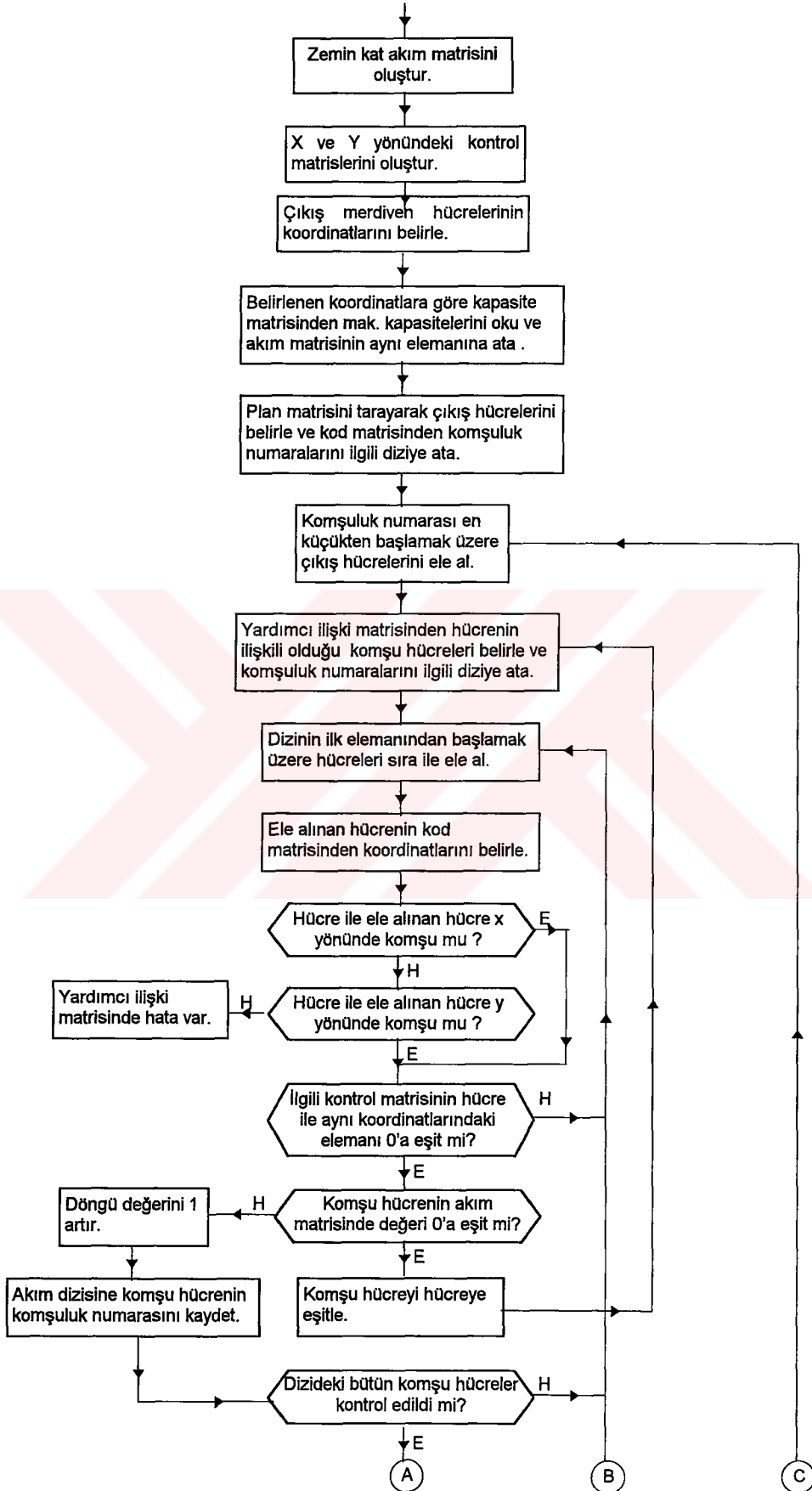
Eğer $IlkKap < BagGec$ ve $IlkKap \leq MakKap - SonKap$ ise $GecKap = MakKap - SonKap$,

Eğer $MakKap > SonKap$ ise $GecKap = MakKap - SonKap$,

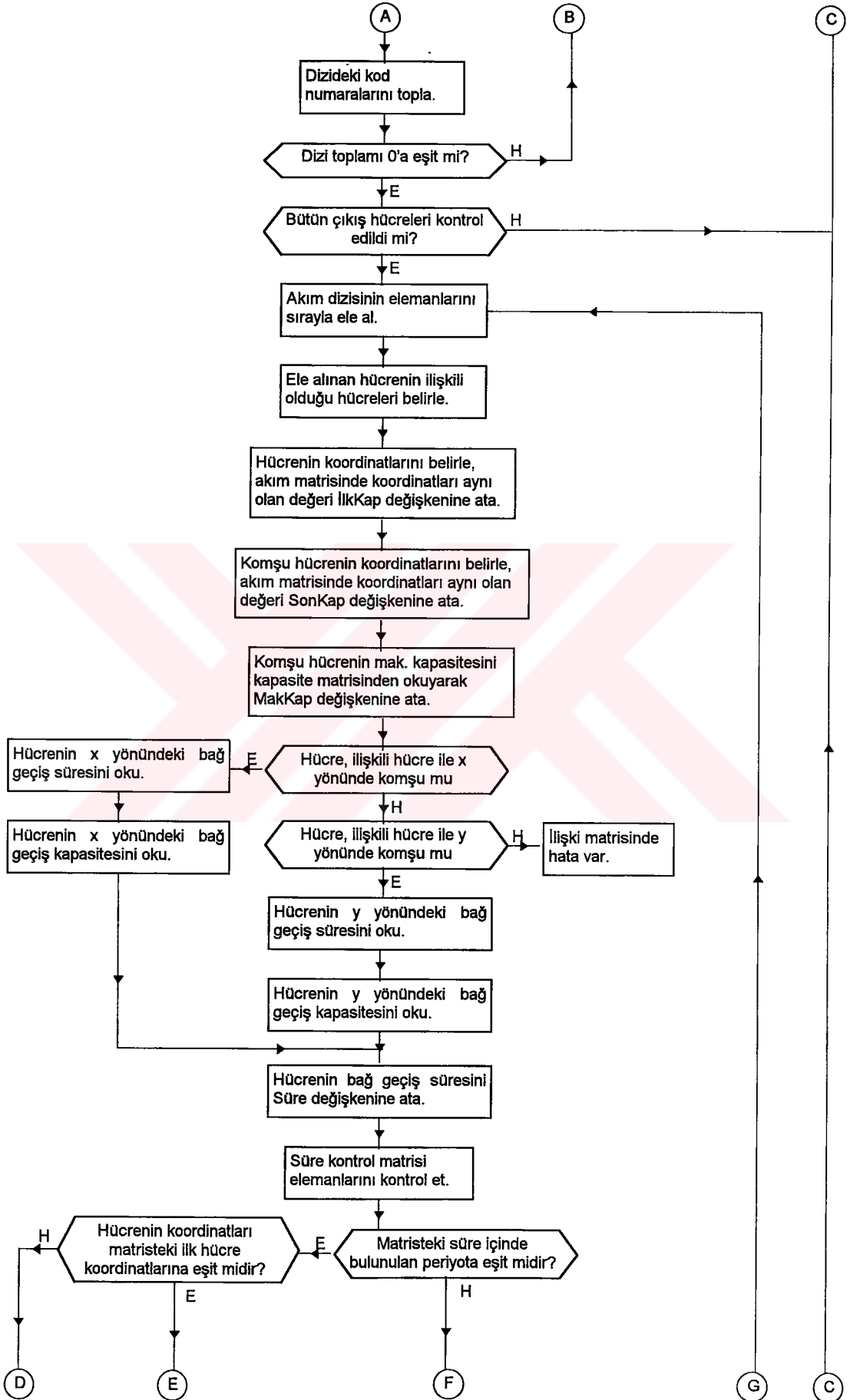
Hücrenin son kapasitesi = $IlkKap - GecKap$,

Komşu hücrenin son kapasitesi = $SonKap + GecKap$,

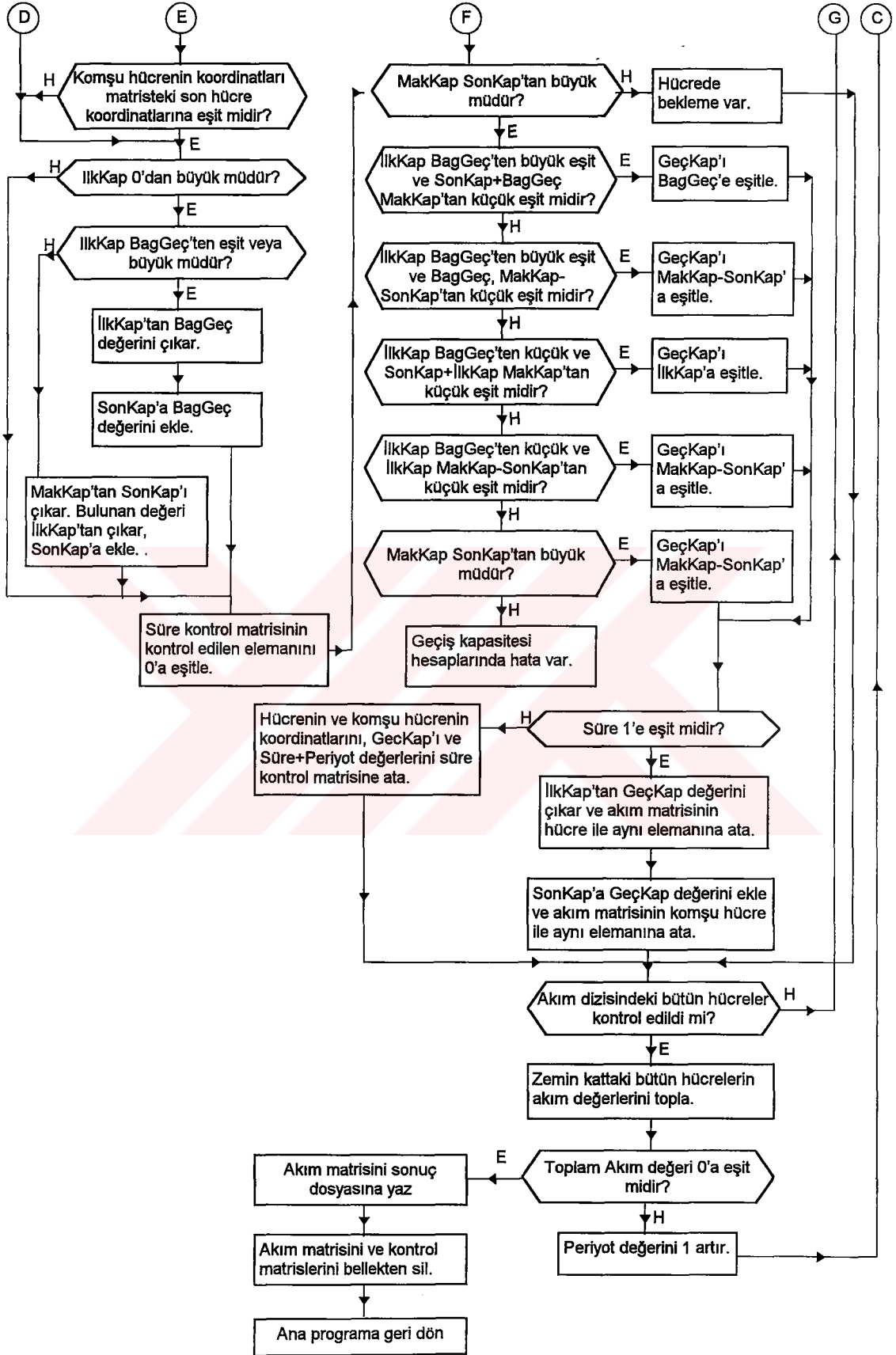
- ▷ Hücrenin bağ geçiş süresi 1'den büyük ise, hücrenin koordinatlarını ilk hücre koordinatları, komşu hücrenin koordinatlarını son hücre koordinatları, GecKap değerini bağ geçiş değeri, bağ geçiş süresi ile bulunan periyotun toplamı süre değeri olarak süre kontrol matrisine atanır.
- ▷ Hücrelerin hesaplanan son kapasiteleri akım matrisinin hücre ile aynı elemanına atanır.



Şekil 6.5. AKIMZEM alt programına ilişkin akış şeması.



Şekil 6.5. Devam.



Şekil 6.5. Devam.

- ▷ Hücre ile komşu hücre arasında bu periyot içinde akım gerçekleştiği için ilgili kontrol matrisine 1 değeri atanır.
 - ▷ Bu işlemler hücre kapasitesi 0 olmayan bütün hücreler için uygulanır.
 - ▷ Periyota bir eklenir ve kontrol matrisleri sıfırlanır.
 - ▷ Zemin kat için, dış hücreler dışındaki bütün hücrelerin, peron katı için merdiven hücreleri dışındaki bütün hücrelerin akım kapasiteleri toplanır. Toplam değer 0'a eşit olana dek işlemler devam eder.
 - ▷ Toplam değer 0'a eşit olduğu anda istasyondaki bütün yolcuların akımı gerçekleşmiş olur ve periyot değeri istasyonun boşalma süresini gösterir.
- AKIMZEM alt programının akış şeması Şekil 6.5'de verilmiştir.

Modelin tahmin aşamasında, perona gelen metro hattına, metro dizilerinin vagon sayısına ve metroların geliş aralıklarına bağlı olarak elde edilen sonuçlar şunlardır:

- İstasyonun boşalma süresince her periyot için yolcu akımını oluşturan hareketlerin izlenmesi,
- Her periyottaki hücrelerin yolcu kapasitelerinin belirlenmesi,
- Yolcuların hücrede bekleme süreleri hesaplanması,
- Sirkülasyon sisteminde darboğazları meydana getiren hücrelerin tespit edilmesi,
- İstasyonun toplam boşalma süresinin tahmin edilmesidir.

6.2.3. Değerlendirme

Modelin değerlendirme aşamasında farklı akım özelliklerine sahip olan sirkülasyon elemanlarının performansları geliştirilen uzman sistem önerisinin kural tabanı ve çıkarsama mekanizması tarafından değerlendirilmektedir.

Metro istasyonunda, incelenen sirkülasyon elemanlarından beklenen performans gereklilikleri bu elemanlara bağlı olarak aşağıda sunulmuştur:

Peronlar:

- 0.30 kişi/m² akım yoğunluğu için yolcu yürüme hızı 1.5 m/sn'dir (Tregenza, 1978, s.45-46).
- Akım yoğunluğu 0.30 kişi/m² 'den daha fazla olduğu durumlarda yolcu yürüme hızı 0.90 m/sn ile 0.60 m/sn arasında değişir. (Tregenza, 1978, s.45-46).

- Peronda her yolcu için 0.30 m² ayrılmalıdır. Peron boyutları, kullanılan vagon sayısına -vagon uzunluğuna ve peronda bulunabilecek yolcu sayısına göre gerekli olan peron alanına göre belirlenmelidir (Anon., 1987, s.3-10).

Normal Merdivenler:

- Etkin merdiven genişliğinin, ölçülen merdiven genişliğinden 0.30 m daha az olduğu kabul edilir (Melinek, Booth, 1975 ve Pauls, 1980b).
- 1.50 m ile 2.00 m arası etkin merdiven genişliği bulunan normal merdivenlerde bir basamakta bulunan kişi sayısı 2'dir (Pauls, 1980b, s.36-37).
- Merdivendeki akımın hızını etkilemeyen merdiven basamak genişliği 0.28 m ile 0.35 m arasındadır (Meritt, 1982, s. 22-26).
- Sahanlık genişliği en az 1.50 m olmalıdır (Anon., 1987, s.19-20).
- Merdiven sahanlık sayısı, her 2.50-3.00 m kat yüksekliği için bir tane olmak üzere hesaplanır (Anon., 1987, s.19-20).
- Akım yoğunluğunun 2 kişi/m² olduğu durumlarda merdivenlerdeki yolcu hızı 0.5 m/sn'dir (Pauls, 1980).
- Yolcuların merdivenleri boşaltma süreleri aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir (Pauls, 1984).

$$T = \frac{1.37}{\sqrt{(8040 * K) / W}}$$

T: akış zamanı (sn)

K: boşaltımı gerçekleştiren kişi sayısı

W: etkin merdiven genişliği.

Merdivenlerde darboğaz oluşmayacak şekilde akımın gerçekleştirilebilmesi için gereken etkin merdiven genişliği verilen formüle göre hesaplanabilir.

Mekanik Merdivenler:

- Etkin merdiven genişliği 90 cm ile 120 cm arasındadır (Tregenza, 1976, 59-60).
- Başlangıç ve sonlarda 0.50 m/sn hızdaki mekanik merdivenlerde 2, 0.90 m/sn hızdaki mekanik merdivenlerde 3 basamak genişliğinde sahanlık ayrılmalıdır (Anon., 1987, s. 19-20).
- Basamak genişliği 0.40 m olmalıdır (Meritt, 1982, s. 22-11).
- Mekanik merdivenlerdeki yolcu kapasitesi aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Anon, 1987).

$$M = ((Q \cdot V) / T) \cdot 3600$$

Q= Kişi/basamak

T= Merdiven bantının hızı (m/sn)

M= Yolcu kapasitesi

Yolcu kapasitesinin artırılması için mevcut mekanik merdivenin hızının artırılması (en fazla 0.90 m/sn) gereklidir veya etkin merdiven genişliği daha fazla olan bir mekanik merdiven seçilmelidir.

Giriş-Çıkış Holü:

- Giriş-çıkış holünde akım yoğunluğu, akım hızı ve akım oranı ile ilgili kriterler peronda kullanılan kriterler ile aynıdır.
- Çıkış turnikelerinin önündeki hücrelerde akımı gerçekleştiremeyen yolcuların oluşturacağı doğrusal bir hat şeklindeki kuyruk uzunluğunu aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Stiliz, 1969).

$$y = 0.41x - 0.014$$

x: kuyruktaki yaya sayısı,

y: kuyruk uzunluğu (m).

Çıkış turnikleri ile düşey sirkülasyon elemanları arasındaki alan, verilen kuyruk uzunluğu formülüne göre değerlendirilir.

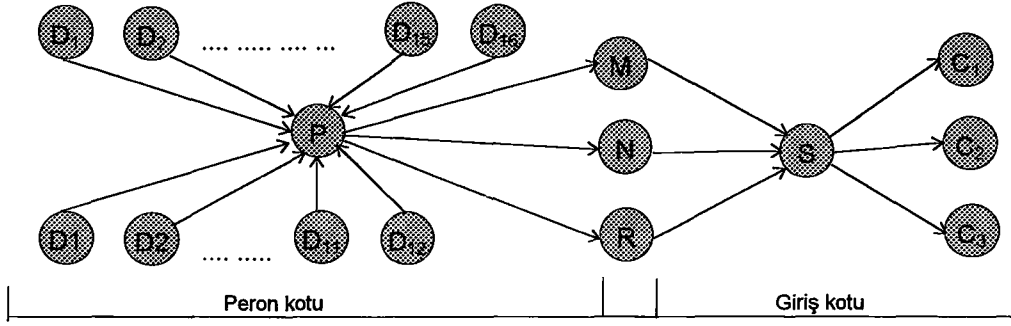
Çıkış Turnikeleri:

- Bir çıkış turnikesinden bir dakikada geçen yolcu sayısı 40-45 yolcu olarak kabul edilir (Anon., 1987, s.17-19).
- Çıkış turnikelerinin sayısı, istasyonun yolcu kapasitesine ve gerekli boşalma süresine göre belirlenir.

6.3. Modelin Uygulanması

Geliştirilen kuramsal modelle elde edilen sonuçların geçerliliğinin tespit edilmesi amacıyla model, Aksaray Hafif Metro İstasyonu verilerine uygulanmıştır. İstasyonun genel özellikleri ve yapılan alan çalışmasının ayrıntıları Bölüm 5.2'de anlatılmıştır.

Aksaray Hafif Metro İstasyonu'nun boşalma sürecinde kullanılan ağ şeması en basit bir biçimde Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Aksaray Hafif Metro İstasyonu genel boşaltım ağı.

Modelin bilgi tabanını oluşturan, istasyonun zemin katı ve peron katı ile ilgili veriler şöyledir:

- JPS :58 Peron katını tanımlayan PERMAT matrisinin sütun sayısı,
 IPS :11 Peron katını tanımlayan PERMAT matrisinin satır sayısı,
 JZS : 8 Zemin katını tanımlayan ZEMMAT matrisinin sütun sayısı,
 IZS :15 Zemin katını tanımlayan ZEMMAT matrisinin satır sayısı,
 BPX [JPS], BPY [IPS] Peron katının x ve y yönündeki hücre boyutlarını gösteren diziler,
 BZX [JZS], BZY [IZS] Zemin katın x ve y yönündeki hücre boyutlarını gösteren diziler,

Tablo 6.1. Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat plan matrisi.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	O	O	O	D	D	O	O	O
2	O	O	O	O	G	O	O	O
3	O	S	S	S	S	O	O	O
4	T	S	S	S	S	O	O	O
5	T	S	S	S	S	S	G	O
6	A	S	S	S	S	S	G	O
7	M	S	S	S	S	S	G	D
8	B	S	S	S	S	S	G	D
9	N	S	S	S	S	S	G	D
10	A	S	S	S	S	S	G	D
11	R	S	S	S	S	S	G	D
12	R	S	S	S	S	S	C	D
13	O	S	S	S	S	S	C	D
14	O	O	S	S	S	S	C	D
15	O	O	O	O	O	O	O	D

0	0	0	87	83	0	0	0	0
0	0	0	0	78	0	0	0	0
0	88	84	79	73	0	0	0	0
89	85	80	74	68	0	0	0	0
86	81	75	69	63	57	50	0	0
82	76	70	64	58	51	43	36	0
77	71	65	59	52	44	37	29	0
72	66	60	53	45	38	30	23	0
67	61	54	46	39	31	24	17	0
62	55	47	40	32	25	18	12	0
56	48	41	33	26	19	13	8	0
49	42	34	27	20	14	9	5	0
0	35	28	21	15	10	6	2	0
0	0	22	16	11	7	4	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3

- T : Perona iniş yönündeki mekanik merdiven,
 M : Perona iniş yönündeki normal merdiven,
 N : Perondan çıkış yönündeki normal merdiven,
 R : Perondan çıkış yönündeki mekanik merdiven,
 A : Mekanik merdiven korkuluk,
 B : Normal merdiven korkuluk,
 G : Giriş turnikeleri,
 C : Çıkış turnikeleri,
 S : Sirkülasyon alanı
 D : İstasyon dışı ve
 O : Yolcuların sirkülasyon alanı olarak kullanmadıkları alanlar.

Şekil 6.7. Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat kod matrisi.

Tanımlama aşamasında, istasyonda yolcuların kullandıkları yatay ve düşey sirkülasyon elemanları (vagon kapıları, peron, düşey sirkülasyon elemanları, sirkülasyon holü, çıkış turnikeleri) tanımlanarak tanım matrisleri oluşturulmuştur. Aksaray Hafif Metro İstasyonu'nun zemin katı için oluşturulan plan matrisi Tablo 6.1'de, peron katı için oluşturulan matris ise Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

Aktif tanımlama aşamasında, Bölüm 6.2.1.1.'de açıklanan esaslar doğrultusunda istasyonla ilgili elde edilen veriler şöyle sıralanabilir:

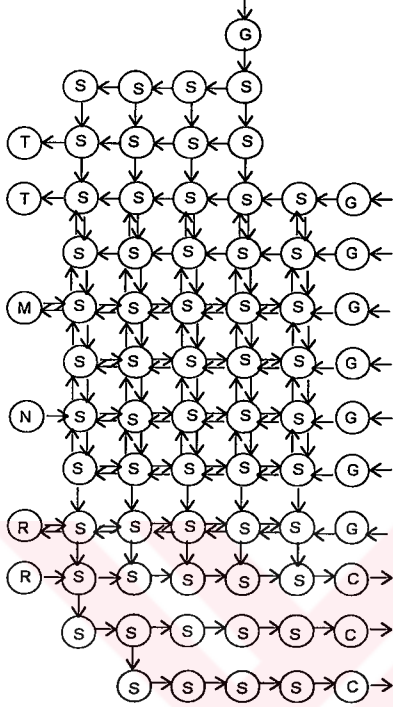
PERMAT_K[IPS]^ .K[JPS]	:Peron katı kod matrisi,
ZEMMAT_K[IZS]^ .K[JZS]	:Zemin kat kod matrisi,
PERMAT_B[IPS]^ .B[JPS]	:Peron katı kapasite matrisi,
ZEMMAT_B[IZS]^ .B[JZS]	:Zemin kat kapasite matrisi,
PERMAT_IL[IPS]^ .IL[JPS]	:Peron katı kapasite matrisi,
ZEMMAT_IL[IZS]^ .IL[JZS]	:Zemin kat kapasite matrisi,
PERMAT_BX[IPS]^ .BX[JPS]	:Peron katı x yönünde bağ geçiş kapasite matrisi,
PERMAT_BY[IPS]^ .BY[JPS]	:Peron katı y yönünde bağ geçiş kapasite matrisi,
ZEMMAT_BX[IZS]^ .BX[JZS]	:Zemin katı x yönünde bağ geçiş kapasite matrisi,
ZEMMAT_BY[IZS]^ .BY[JZS]	:Zemin katı y yönünde bağ geçiş kapasite matrisi,
PERMAT_SX[IPS]^ .SX[JPS]	:Peron katı x yönünde bağ geçiş süresi matrisi,
PERMAT_SY[IPS]^ .SY[JPS]	:Peron katı y yönünde bağ geçiş süresi matrisi,
ZEMMAT_SX[IZS]^ .SX[JZS]	:Zemin katı x yönünde bağ geçiş süresi matrisi,
ZEMMAT_SY[IZS]^ .SY[JZS]	:Zemin katı y yönünde bağ geçiş süresi matrisi,

Zemin kat ve peron katı planlarını temsil eden hücrelerin komşuluk numaralarının hesaplanarak kod matrisleri oluşturulmuştur. Şekil 6.7'de zemin kat için oluşturulan kod matrisi, Şekil 6.8'de peron katı için oluşturulan kod matrisi gösterilmiştir. Hücrelerin alabileceği maksimum kapasiteyi hesaplamak üzere geliştirilen KapZem ve KapPer alt programlarının Aksaray Hafif Metro İstasyonu verilerine uygulanması ile elde edilen kapasite matrislerine örnek olarak zemin kat planını temsil eden hücrelerin kapasite matrisi Şekil 6.9'da verilmiştir.

0	0	0	250	250	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	9	7	38	2	0	0	0
35	2	1	6	1	0	0	0
35	2	2	12	1	9	0	0
0	1	1	2	1	1	0	250
78	3	3	17	1	11	0	250
0	1	1	2	1	2	0	250
78	3	3	17	1	11	0	250
0	1	1	2	1	1	0	250
35	2	2	12	1	8	0	250
35	2	1	6	1	5	1	250
0	6	5	26	2	18	4	250
0	0	4	21	1	14	3	250
0	0	0	0	0	0	0	250

Şekil 6.9. Aksaray Hafif Metro İstasyonu'na ait zemin kat kapasite matrisi.

İstasyonda oluşan akım sırasında hücreler arasındaki ilişkileri belirlemek üzere zemin kat ve peron katı için statik ağ akım modelleri oluşturulmuştur. Şekil 6.10.'da örnek olarak zemin kat için oluşturulan statik ağ akım modeli verilmiştir.



Şekil 6.10. Zemin kat için oluşturulan statik ağ akım modeli.

Bölüm 6.2.1.1.'de anlatılan esaslar doğrultusunda oluşturulan Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat ilişki matrisi Şekil 6.11'de gösterilmiştir. Matriste bulunan koyu renkli rakamlar ilişkilendirilecek hücreyi, diğerleri ise çıkış akımı yönünde hücrenin ilişkisi olan komşu hücreleri temsil etmektedir. Aynı ilişki matrisi, peron katı için de oluşturulmuştur.

1 0000	21 161500	41 343300	61 555400	81 75000
2 0000	22 16000	42 353400	62 0000	82 0000
3 0000	23 0000	43 0000	63 57000	83 0000
4 0000	24 0000	44 38000	64 58000	84 79000
5 0000	25 19000	45 393800	65 605900	85 80000
6 2000	26 201900	46 403900	66 616000	86 0000
7 4000	27 212000	47 414000	67 61000	87 0000
8 0000	28 222100	48 424100	68 0000	88 84000
9 5000	29 0000	49 42000	69 63000	89 0000
10 7600	30 0000	50 0000	70 64000	
11 7000	31 25000	51 0000	71 666500	
12 0000	32 262500	52 454400	72 0000	
13 0000	33 272600	53 464500	73 0000	
14 10900	34 282700	54 474600	74 68000	
15 111000	35 28000	55 484700	75 69000	
16 11000	36 0000	56 48000	76 70000	
17 0000	37 0000	57 0000	77 71000	
18 0000	38 31000	58 51000	78 0000	
19 14000	39 323100	59 535200	79 73000	
20 151400	40 333200	60 545300	80 74000	

Şekil 6.11. Aksaray Hafif Metro İstasyonu'na ait zemin kat ilişki matrisi.

Analiz bölümüne veri teşkil etmek üzere, dinamik ağ akım modelini geliştirmek için hücreler arasında bağ geçiş kapasiteleri ve bağ geçiş süreleri hesaplanarak ilgili matrisler oluşturulmuştur. Hücrelerin akım yönünde ilişkili olduğu komşu hücreler x veya y yönünde olabileceğinden dolayı, bağ geçiş kapasite ve bağ geçiş süre matrisleri x ve y yönü için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Aksaray İstasyonu zemin kat için elde edilen x yönündeki bağ geçiş kapasite matrisi, Şekil 6.12.a'da, y yönündeki bağ geçiş kapasite matrisi Şekil 6.12.b'de gösterilmiştir.

0000000	00000000
0000000	00000000
0666000	00000000
0111000	00000000
0222200	00000000
0111100	00000000
2333300	01161400
0111100	01161400
2333300	01161400
0111100	01161400
1222200	01161400
1111111	01161400
0444443	00161400
0033333	00000000
0000000	

a)

b)

Şekil 6.12.a) Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı x yönünde bağ geçiş kapasite matrisi
b) Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı y yönünde bağ geçiş kapasite matrisi

Şekil 6.13.a.'da ise hücrelerin x yönünde bağ geçiş sürelerini, Şekil 6.13.b.'de hücrelerin y yönünde bağ geçiş sürelerini tanımlayan matrisler gösterilmiştir.

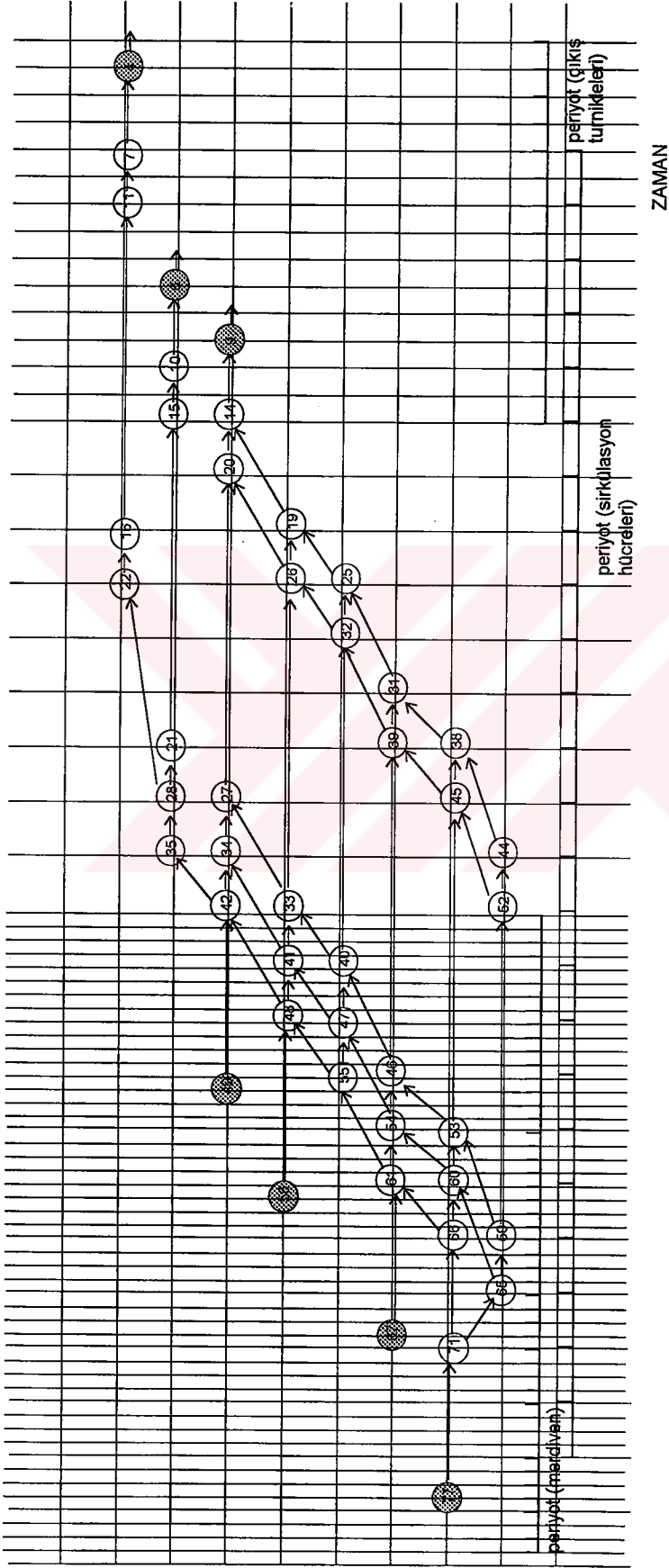
00000000	00000000
00000000	00000000
01151000	05555000
01151000	01111000
01151300	01111100
01151300	01111100
01151300	02222200
01151300	01111100
01151300	02222200
01151300	01111100
01151300	01111100
01151330	01111100
01151330	03333300
00151330	00222200
00000000	00000000

a)

b)

Şekil 6.13. a) Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı x yönünde bağ geçiş süre matrisi,
b) Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin katı y yönünde bağ geçiş süre matrisi.

Aktif tanımlama aşamasında elde edilen veriler ile zaman faktörü gözönüne alınarak statik ağ modelleri dinamik ağ modeli haline dönüştürülmüştür. Şekil 6.14'de zemin kat için oluşturulan dinamik ağ modeli görülmektedir. Koyu renkli hücreler zemin katta akımın başladığı düşey sirkülasyon elemanlarını ve akımın sonlandığı çıkış turnike elemanların temsil eden hücrelerdir. Dinamik ağ modeli, hücrelerin hesaplanan bağ geçiş sürelerine göre oluşturulmuştur.



Şekil 6.14. Aksaray Haff Metro İstasyonu zemin kat dinamik ağ modeli.

Yapılan uygulamada uzman sistemin kural tabanına ve çıkarsama mekanizmasına veri olarak kabul edilen alan çalışmasından elde edilen bilgiler, incelenen sirkülasyon elemanlarına göre aşağıda sunulmuştur:

Peronlar:

- Peronlarda her yolcu için ayrılan minimum alan 0.27 m^2 'dir.
- Doruk saatlerde peronda bulunabilecek yolcu sayısı (yapılan alan çalışmalarıdaki sayım sonuçlarına göre) ortalama 600 kişidir.
- Peronda bulunabilecek maksimum yolcu sayısı izdiham durumunda 1459 yolcudur. İstasyona gelen dört vagonlu metro dizisinin tamamıyla dolu olması durumunda gelen yolcu sayısı 1216, giden yolcu sayısı 243'tür (doruk saatlerde, giden yolcu sayısının gelen yolcu sayısının % 20'si olduğu kabul edilerek).
- Metro ile istasyona gelen yolcuların istasyondaki ortalama yürüme hızları 0.80 m/sn 'dir. Bir periyot süresi, bir adım uzunluğundaki süre olarak kabul edildiğinden dolayı bağ geçiş sürelerinin hesaplanmasında kullanılan bir periyotluk zaman dilimi, 0.50 saniye olarak belirlenmiştir.

Normal Merdivenler:

- Etkin merdiven genişliği, 1.27 m 'dir.
- Sahanlık genişliği 1.51 m ve sahanlık sayısı 3'tür.
- Basamak genişliği 0.31 m 'dir.
- Bir yolcunun normal merdiveni çıkış süresi 27 saniyedir.

Mekanik Merdivenler:

- Etkin merdiven genişliği, 1.20 m 'dir.
- Mekanik merdivenin hızı 0.75 m/sn 'dir.
- Basamak genişliği 0.40 m 'dir.

Giriş-Çıkış Holü:

- Giriş-çıkış holünde akım hızı ve akım oranı ile ilgili veriler peronda kullanılan veriler ile aynıdır.
- Her yolcu için ayrılan minimum alan 0.27 m^2 'dir.

Çıkış Turnikeleri:

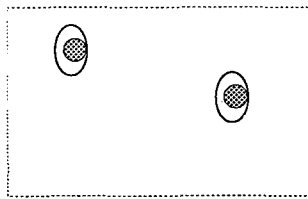
- Bir yolcunun çıkış turnikesinden ortalama geçiş süresi 150 saniyedir (3 periyot).

Tanımlama aşamasında tahmin modelinin kullanacağı bütün verilere ait bilgi ve olgu tabanları oluşturulmuştur. Tahmin modeli, yolcu hareketlerinin benzetimini yaparak akımı gerçekleştirir ve yolcuların istasyonu boşaltma süresini hesaplar.

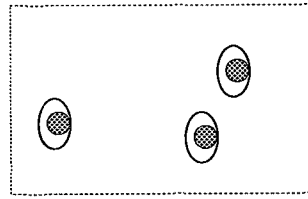
Aksaray Hafif Metro İstasyonu için yapılan uygulamada, program 3 vagon dizili Esenler ve Yenibosna hatları için çalıştırılmıştır. Esenler hattından gelen 433 yolcu istasyonu 366 periyotta (183 saniyede), Yenibosna hattından gelen 330 yolcu 289 periyotta (145 saniyede) boşaltmaktadır. Programın oluşturduğu akım matrisleri Ek B'de gösterilmiştir.

6.4. Uygulama Sonuçlarının Yorumlanması

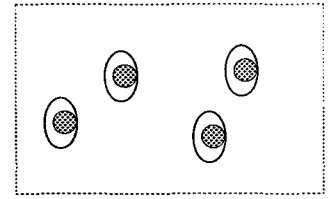
Modelin uygulamasından elde edilen sonuçlar, Bölüm 2.2.2'de açıklanan Fruin'in "Servis Düzey" lerine göre yorumlanmıştır. Şekil 6.15 'de yürüme yolları için akım yoğunluklarına göre kabul edilen Servis Düzeyleri tanımlamaları gösterilmiştir. Yoğunluğun, 0.3 kişi/ m^2 'den az olduğu akım yoğunluklarında yolcular kendi yürüme hızlarını seçebilir ve birbirlerini geçebilirler. Bu akım yoğunluğu Servis Düzeyi A akım şartlarına uymaktadır. Servis Düzeyi E'de akım yoğunluğu 2.5 kişi/ m^2 'den fazladır ve akım aralıklı olarak durmaktadır. Bu servis düzeyinde yolcular kendi hızlarının altında, akımın hızı ile yürümek zorundadırlar. Akım yoğunluğunun 3 kişi/ m^2 'den fazla olduğu Servis Düzeyi F, bütün sirkülasyon elemanları için istenilmeyen bir durumdur. Akım tamamen bozularak sık sık durmaktadır ve çift yönlü akımlarda karşı yöndeki akım için ciddi zorluklar mevcuttur.



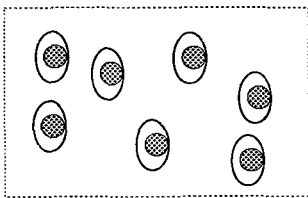
Servis Düzeyi A



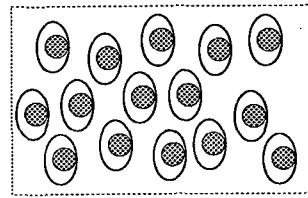
Servis Düzeyi B



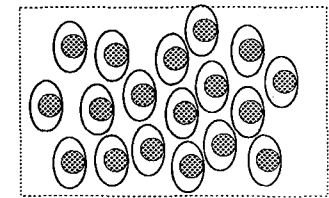
Servis Düzeyi C



Servis Düzeyi D



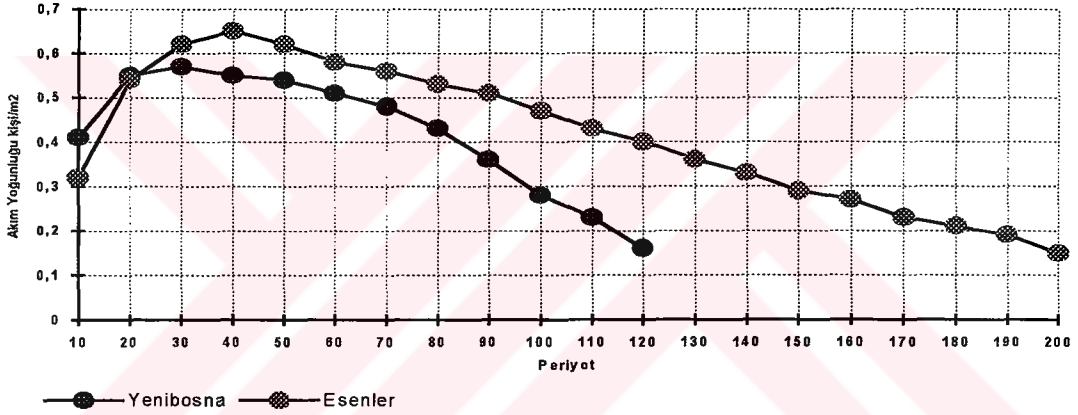
Servis Düzeyi E



Servis Düzeyi F

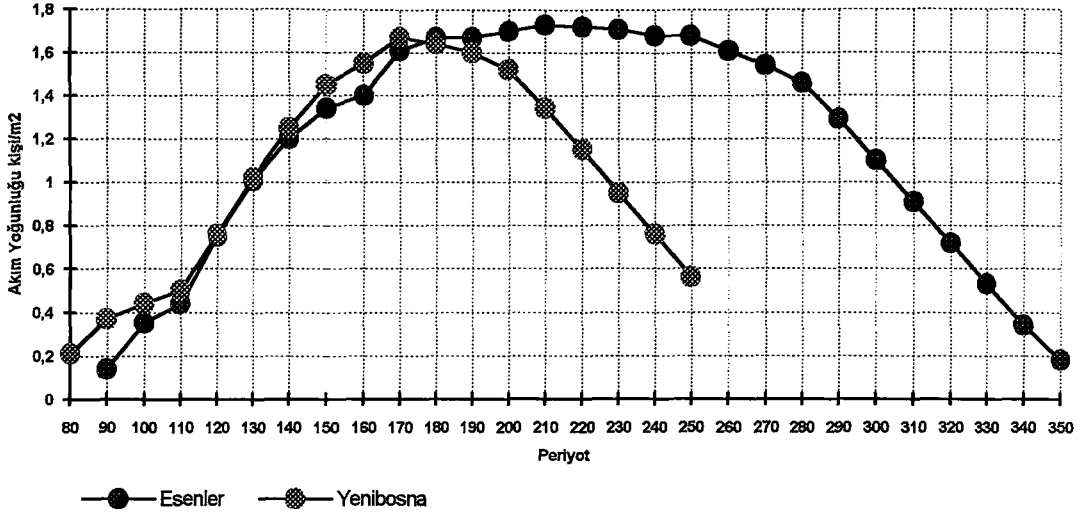
Şekil 6.15. Yürüme yollarında servis düzeyi tanımlamaları (Cunningham, Cullen, 1985, s.150).

Geliştirilen modelden elde edilen akım matrislerine göre her periyottaki peron ve zemin kattaki akım yoğunlukları Şekil 6.16 ve Şekil 6.17’de gösterilmiştir. Akım yoğunlukları, peron katı ve zemin kat için yolcuların kullanabilecekleri bütün alana göre hesaplanmıştır. İstasyona Esenler hattından gelen yolcuların, 39. periyotta mekanik merdivene, 55. periyotta normal merdivene, Yenibosna hattından gelen yolcuların ise 27. periyotta mekanik merdivene 110. periyotta normal merdivene ulaştıkları saptanmıştır. Mekanik merdivenin geçiş süresi 44 periyot (22 saniye), normal merdivenin geçiş süresi 54 periyot (27 saniye) olarak tespit edildiği için, Esenler hattında 83. periyotta, Yenibosna hattında 71. periyotta yolcular zemin kotuna çıkmışlardır.



Şekil 6.16. Aksaray Hafif Metro İstasyonu peron kat sirkülasyon hücrelerindeki akım yoğunluğu.

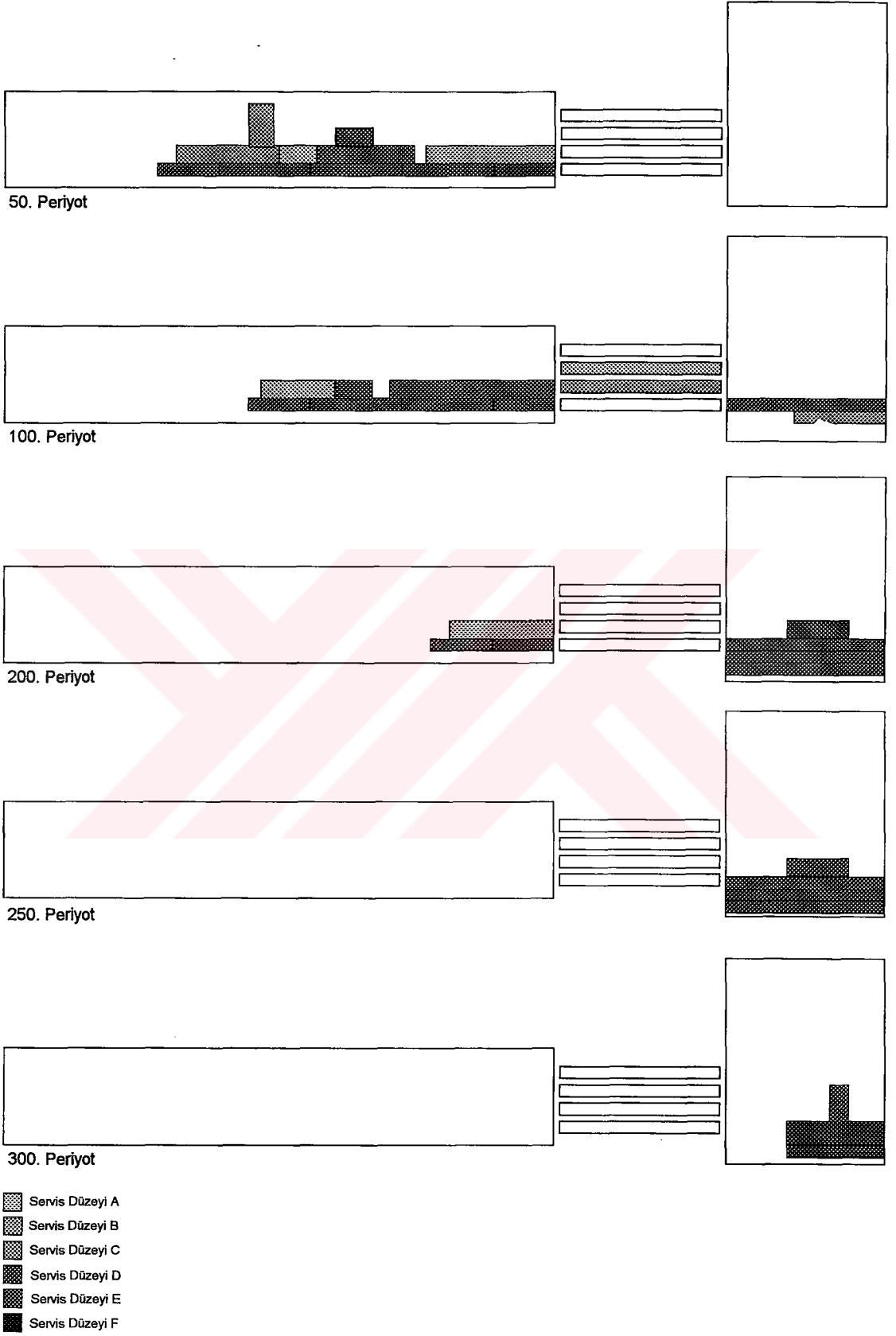
Şekil 6.16’daki grafik, uygulama yapılan her iki hat için peron katındaki akım yoğunluklarını göstermektedir. Akım yoğunluklarının en fazla olduğu periyot Yenibosna hattı için 40. periyot, Esenler hattı için 30. periyottur. Bu periyotlardaki servis düzeyleri Fruin’in Servis Düzeyi C akım şartlarına uymaktadır.



Şekil 6.17. Aksaray Hafif Metro İstasyonu zemin kat sirkülasyon hücrelerindeki akım yoğunluğu.

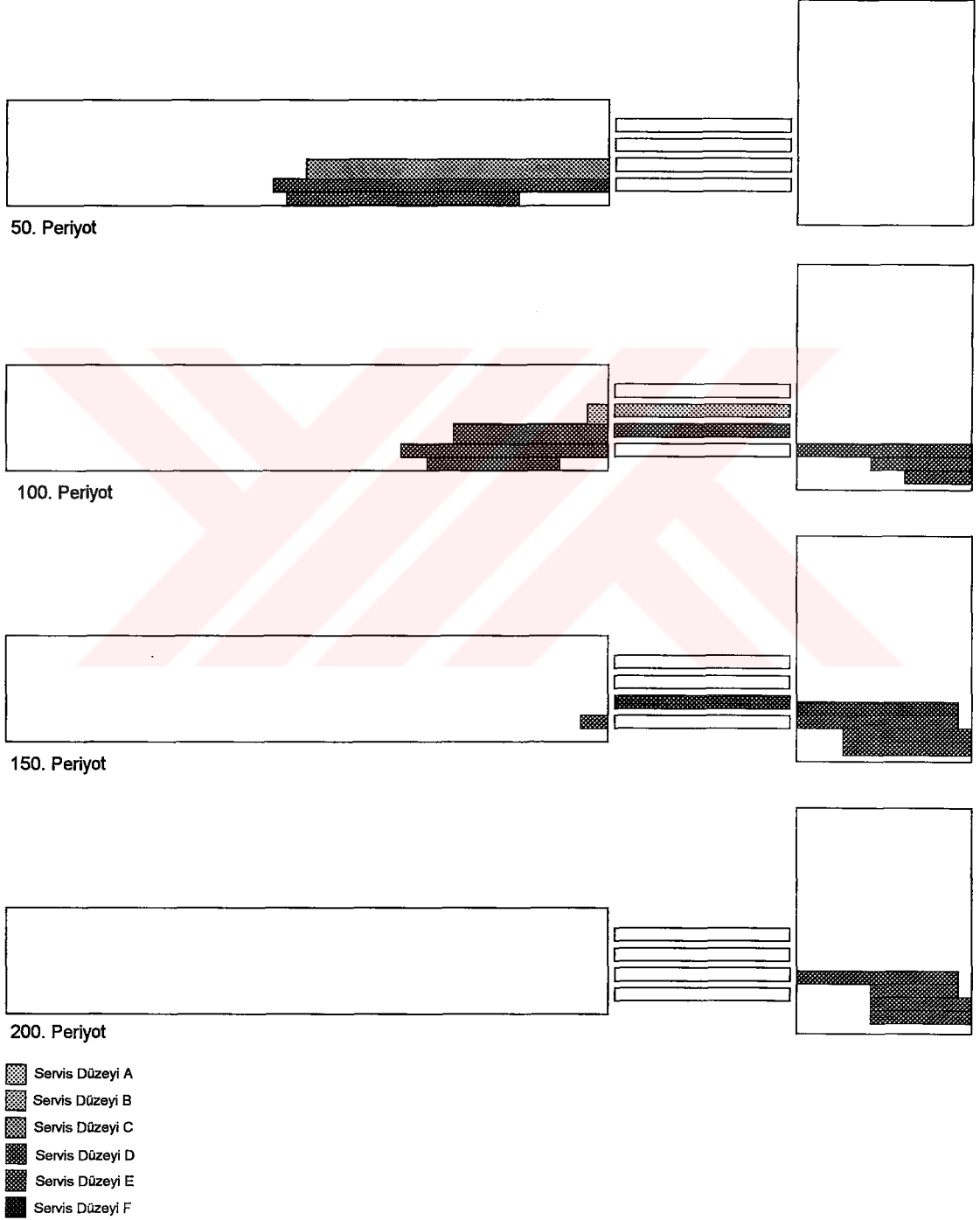
Şekil 6.17'deki grafik, uygulaması yapılan her iki hat için zemin katındaki akım yoğunluklarını göstermektedir. Zemin kattaki en fazla yoğunluk Esenler hattı için 210. periyotta, Yenibosna hattı için 170. periyotta oluşmaktadır. Zemin katta bu periyotlardaki akım, Fruin'in Servis Düzeyi C akım şartlarına uymaktadır. Grafikte 110-120. periyotlar arasında görülen akım yoğunluğundaki hızlı artış, normal merdiveni kullanan yolcuların zemin kotuna ulaşmasından kaynaklanmaktadır.

Peron katı ve zemin kat için her periyot için gösterilen akım yoğunlukları yolcuların kullanabilecekleri bütün alan dikkate alınarak hesaplanmıştır. Ancak, yolcuların istasyonu boşaltımı sırasında kendi bulundukları noktadan amaçlarına uygun en yakın rotayı izleyip ayrılan alanın belirli bölümlerini kullanmaktadırlar. Bu nedenle, yolcuların kullandıkları alanlardaki akım yoğunlukları ve Servis Düzeyleri değişmektedir. Şekil 6.18.'de Esenler hattı için, Şekil 6.19'da Yenibosna hattı için yapılan uygulamadan belirli periyotlar seçilerek yolcuların kullandıkları alanlar ve akım yoğunluklarına bağlı olarak Servis Düzeyleri şematik planlar üzerinde gösterilmiştir. Düşey sirkülasyon elemanlarından normal merdivenlerdeki akım yoğunlukları da şematik planlar üzerine işlenmiştir. Mekanik merdivenlerdeki akım yoğunluklarına bağlı olarak Servis Düzeyi tanımlamaları yapılmadığı için mekanik merdivenlerdeki akım yoğunlukları gözönüne alınmamıştır.



Şekil 6.18. Esenler hattından istasyona gelen yolcuların istasyonda oluşturdukları Servis Düzeyleri.

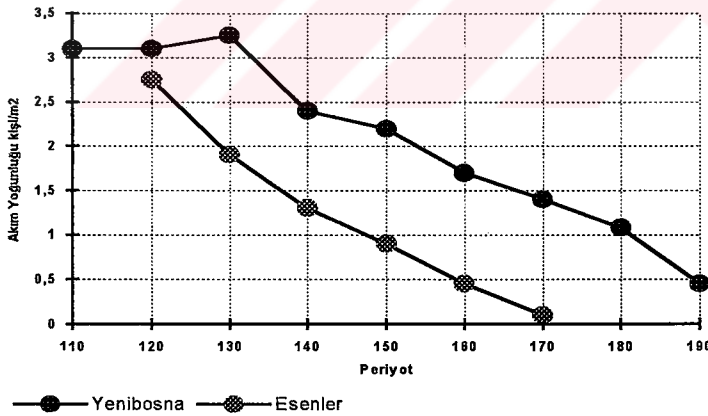
Şekil 6.18 ve Şekil 6.19'da görüldüğü gibi, peron katında akımın yoğun olduğu bölgeler mekanik merdivenin önündeki bölümlerdir. Bu bölümlerde genellikle Servis Düzeyi E akım şartlarına uyan akım yoğunluğu görülmektedir. Peron katında herhangi bir periyotta Servis Düzeyi F'e karşılık gelen akım yoğunluğu oluşmamaktadır.



Şekil 6.19. Yenibosna hattından istasyona gelen yolcuların istasyonda oluşturdukları Servis Düzeyleri.

Zemin katta Yenibosna hattından gelen yolcular için 150. periyotta normal merdiven önündeki hücrelerde Servis Düzeyi F akım şartlarına uyan akım yoğunluğu görülmektedir. Zemin kattaki en fazla akım yoğunluğu, genellikle çıkış turnikeleri ile mekanik merdiven arasındaki alanlarda oluşmaktadır. Bu akım yoğunluğu Servis Düzeyi E akım şartlarına uymaktadır. Esenler hattından istasyona gelen yolcuların boşaltımı sürecinde, 300. periyotta çıkış turnikelerinin önünde Servis Düzeyi F akım şartlarına uyan akım yoğunluğu olduğu görülmektedir.

Yapılan uygulamalarda, açıklanan merdiven tercih kabulleri ile Esenler hattından gelen 433 yolcunun 339'u mekanik merdiveni, 84'ü çıkış için ayrılan normal merdiveni, 7'si iniş için ayrılan normal merdiveni; Yenibosna hattından gelen 335 yolcunun ise 194'ü mekanik merdiveni, 120'si çıkış için ayrılan normal merdiveni, 6'sı iniş için ayrılan normal merdiveni kullanmışlardır. Hatlara göre değişen mekanik merdiveni ve normal merdiveni kullanan yolcu sayıları, öncelikle tercih edilen mekanik merdivenin gelen metro hattına yakınlığı veya uzaklığı ile açıklanmaktadır.



Şekil 6.20. Aksaray Hafif Metro İstasyonu normal merdivenlerdeki akım yoğunluğu.

Şekil 6.20.'de periyotlara göre çıkış yönüne ayrılmış normal merdivenlerdeki akım yoğunlukları gösterilmiştir. Yoğunluğun en fazla periyotlar Esenler hattı için 120. periyottur. Bu periyotta akım yoğunluğu 2.75 kişi/m^2 'dir ve Servis Düzeyi E akım şartlarına uygundur. Yenibosna hattı için 130. periyotta normal merdivenin kapasitesinin tümüyle dolu olduğu 3.25 kişi/m^2 'lik akım yoğunluğu Servis Düzeyi F'e karşılık gelir. Normal merdivenlerdeki akım yoğunluğunun 2 kişi/m^2 olduğu Esenler

hattı için 130. periyot, Yenibosna hattı için 150-160. periyotlar arası akım hızı 0.5 m/sn olarak kabul edilmektedir. Akım yoğunluğu 2 kişi/m² 'den fazla olduğu periyotlarda akım hızı düşmektedir.

Esenler hattından gelen 433 yolcu için yapılan uygulamada, mekanik merdiven önündeki hücrelerde 200-257. periyotlar arasında darboğaz oluşarak, mekanik merdivendeki akımın engellendiği görülmüştür. Yenibosna hattından gelen 330 yolcu için yapılan uygulamada ise, normal merdiveni kullanan yolcuların sayısı daha fazla olduğu için, darboğaz normal merdiven önündeki hücrelerde oluşmuştur. Darboğazların oluşma nedenleri, düşey sirkülasyon elemanları ile çıkış turnikeleri arasındaki alanın yolcu sayısına göre yetersiz kalması ve çıkış turnikelerinin sayısının az olması ile açıklanabilir.

İstanbul Hafif Metro sisteminde, sistem metro sefer aralıklarının 2,5 dakikaya kadar düşmesine izin vermektedir. Bir sonraki metro dizisinin 2,5 dakika sonra gelebileceği düşünülerek, istasyonun 150 saniyede boşaltılması, istenen performans değeridir. Gelen 4 vagonlu metro dizisinin bütünüyle dolu olduğu izdiham durumunda (gelen yolcu sayısı 1216) Aksaray Hafif Metro İstasyonu'nun sirkülasyon sisteminin yeterli olmadığı görülmüş; ancak bilgisayar kapasitesi yeterli olmadığı için program izdiham şartları için uygulanamamıştır. Daha kapsamlı bir bilgisayar sistemiyle elde edilecek sonuçlarla, istasyonun iyileştirilmesi için gerekli veriler sağlanabilecektir.

6.5. Modelin Kullanım Alanları ve Öneriler

Geliştirilen model, tek seviyeli orta peron tipli kapalı metro istasyonlarında yolcuların istasyonu boşaltma süresinin tahminini yaparak olası çözümlerin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Model, ayrıca istasyona gelen yolcuların sirkülasyon sistemi içindeki hareketlerini analiz ederek istasyonun boşaltımı sırasında sistemdeki darboğazları belirleyebilmektedir.

Geliştirilen uzman sistem önerisinde, alan çalışmalarından elde edilerek kural tabanına ve çıkarsama mekanizmasına veri olarak girilen istasyonun sirkülasyon sistemi ile ilgili bilgilerin (merdivenin sahanlık boyu, adedi ve basamak genişliği gibi) kullanıcıya sorularak veya kullanıcının onayı alınarak tanımlanması mümkündür.

Modelin algoritmasında yapılacak eklemeler ile istasyona en az 30 saniye ara ile gelen iki hattaki yolcular için istasyon boşaltım süresi hesaplanabilir. Böylece model, istasyonda oluşabilecek en yoğun yolcu akımı ile ilgili verileri belirleyebilir.

Geliştirilen uzman sistem önerisinde, gelen yolcular öncelikle mekanik merdivenlere yönlendirilmiştir. Mekanik merdivenin önündeki hücrelerin kapasitelerinin $2/3$ 'ünün dolu olması durumunda yolcuların normal merdivenler (çıkış ve iniş yönündeki) arasında tercih yaptıkları varsayılmıştır. Öncelik, çıkış için ayrılan normal merdivene tanınarak, bu merdivendeki yolcu sayısının diğer normal merdivendeki yolcu sayısına eşit veya büyük olması durumunda yolcuların diğer normal merdiveni kullandıkları kabul edilmiştir. Yolcuların, normal merdiven tercihlerini henüz merdivene ulaşmadan önce merdiven önündeki kalabalığı görerek yapacakları varsayılabilir. Akım alt programının algoritmasında böyle bir değişiklik yapmak mümkündür.

Metro istasyonlarında gelen ve giden yolcu olmak üzere çift yönlü akım oluşmaktadır. Doruk saatlerde, bir yöndeki akım diğer yöndeki akımı önemli ölçüde etkilemektedir. Geliştirilen model, böyle bir kabulle sadece istasyona gelen yolcuların akımlarını analiz etmektedir. Modelden giden ve gelen yolcuların akımlarını birlikte analiz ederek çift yönlü akımla ilgili veriler elde etmek için mevcut algoritmaya giden yolcuların akım özelliklerine ait eklemeler yapılmalıdır.

Bu öneriler dikkate alınarak geliştirilen uzman sistem modelinin algoritmasında yapılacak değişiklikler ve eklemeler ile tek seviyeli orta peronlu kapalı metro istasyonlarındaki sirkülasyon sistemlerine ve yolcu akımlarına ait daha kapsamlı sonuçlar almak mümkün olacaktır.

BÖLÜM 7

SONUÇ

Kent içi kitle taşımasında yüksek kapasiteye sahip metro sistemlerinin ülkemizde kullanılmaya başlanması son yıllarda gündeme gelmiştir. Metro istasyonlarındaki mekanların ve ekipmanların tasarımları ve mevcut istasyonların değerlendirilmesi için gerekli olan veriler henüz Türkiye koşulları için oluşturulmamıştır. Tez kapsamında geliştirilen model ile kapalı metro istasyon tasarımları için gerekli olan veriler sağlanmaya çalışılmıştır.

Oluşturulan model ile, ülkemizde uygulanmaya yeni geçilen metro sistemlerine gerekli olan tasarım verilerinin belirlenerek, metro istasyonlarından istenen performansların sağlanması amaçlanmıştır. Yolcuların izdihama yol açmayacak şekilde istasyonları boşaltmaları metro istasyon tasarımlarından beklenen önemli bir özelliktir. Bu nedenle, tez kapsamında kapalı metro istasyonlarının sirkülasyon sistemleri incelenerek analiz edilmiş ve bu sistemi kullanan yolcu davranışları gözlenmiştir.

Bu amaçla, Aksaray Hafif Metro İstasyonu'nda yapılan alan çalışmasında yolcu hareketlerinin özellikleri incelenmiş ve elde edilen veriler tez kapsamında oluşturulan modele uygulanmıştır.

Geliştirilen değerlendirme amaçlı model ile, istasyonlardaki yolcu hareketlerinin benzetimi yapılmış, gelen yolcuların vagon kapılarından çıkış turnikelerine olan hareket örüntüleri belirlenerek istasyonların sirkülasyon açısından performansları değerlendirilmiş ve sistemdeki darboğazlar tespit edilmiştir. Yolcu çıkışlarının en yoğun olduğu durumlarda, yolcuların istasyonu boşaltma süresi tahmin edilerek maksimum yolcu kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır.

Hazırlanan model, kapalı metro istasyonlarının tek seviyeli orta peronlu tipi için geliştirilmiştir. Modelde geliştirilen bilgi tabanına diğer tip metro istasyonları ile ilgili bilgi tabanlarının eklenmesiyle performanslarının ölçülmesi mümkün olacaktır.

Modelin geliştirildiği bilgisayar donanımının kapasitesinin düşük olması nedeniyle model sadece istasyona gelen tek hatta ait yolcu sürkülasyonu için uygulanabilmiştir. Bu uygulamada, istasyonda bir hafta süreyle belirlenen doruk saatlerde yapılan yolcu sayımlarının ortalaması modele veri olarak girilmiştir. İstasyona gelen vagonların tümüyle dolu olabileceği en yoğun yolcu kapasitesinin varolduğu izdiham durumu için model çalıştırılmamıştır. Daha kapsamlı bir bilgisayar sisteminde modelden bu tür sonuçların alınması mümkündür.

Orta peronlu istasyonlarda gelen ve giden yolcuların aynı peronu kullanmalarından dolayı istasyondaki yaya hareketleri çift yönlü yaya akımı karakteristikleri göstermekle birlikte istasyonların konumlarına göre, sabah ve akşam doruk saatlerde yolcu akışı tek yön için yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle, istasyonun boşaltım süresi tahmininde yolcuların çıkış yönüne doğru olan akımları analiz edilmiştir. Geliştirilen uzman sistem önerisi, ileriye dönük çalışmalarda çift yönlü akım koşullarının söz konusu olacağı bir algoritmanın eklenmesiyle daha kapsamlı bir yapıya dönüştürülebilecek esnekliğe sahiptir.

KAYNAKLAR

- Anon, (1995), İstanbul Ulaşım Sanayii ve Ticaret A.Ş. rapor ve istatistikleri, İstanbul.
- Anon., (1987), Hafif Metro/LRTS I. Aşama İstasyonları, s.1-43
- Anon., (1987), Hafif Metro/LRTS I. Aşama İstasyonları Mimari Çevre Düzenlemesi.
- Bandemer, H., Gottwald, S., (1995), Fuzzy Sets Logic Methods, John Wiley & Sons, England.
- Bielawski, L., Lewand, R., Intelligent Systems Design, John Wiley & Sons, New York.
- Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi, (1986), Gelişim Yayınları A.Ş., Cilt 13.
- Çağdaş, G., (1986), Binalarda Boşalma Sürecinin Analizi ve Benzetimi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çağdaş, G., Ökten, F., (1995), "An Expert System for Cost Evaluation in Preliminary Design Phase", Bull. Tech. Univ. İstanbul, vol: 48, s. 507-524.
- Çağdaş, G., Sağlamer, G., (1995), "A Simulation Model to Predict the Emptying of a Building", Architectural Science Review, vol. 38, no:1.
- Carrara, G., Kalay, Y.E., Novembri, G., (1994), "Knowledge-Based Computational Support For Architectural Design", Knowledge-Based Computer-Aided Architectural Design, Ed. Gianfranco Calay, Yehuda E. Kalay, Elsevier Science B.V. s.147-201.
- Carrara, G., Novembri, G., (1985), "Constraint-Bounded Design Search", Computer-Aided Architectural Design Futures, Ed. Alan Pipes, Butterworths, s.146-158.
- Çelik, Z., (1996), 19. Yüzyılda Osmanlı Başkenti Değişen İstanbul, Tarih Vakfı Yurt yayınları, İstanbul, Şubat.
- Coyne, R.D., Rosenman, M.A., Radford, A.D., Balachandran, M., Gero, J.S., (1990), Knowledge Based Design Systems, Addison-Wesley, U.S.A.
- Cunningham, P:P., Cullen, D.A., (1993), "Pedestrian Flow Data Collection and Analysis", Proceedings Institute Civil Engineering Transportation, vol.100 February, s.59-69.

- Flemming, U., Mahdavi, A., (1993), "Simultaneous Form Generation and Performance Evaluation: A "Two-Way" Inference Approach", CAAD Futures '93, Ed. Ulrich Fleming, S.Van Wyk, Elsevier Science Publishers B.V., s. 161- 173.
- Fruin, J.J., (1971), Pedestrian Planning and Design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc. New York.
- Cunningham, P.P., Cullen, D.A., (1993), "Pedestrian Flow Data Collection and Analysis", Proceedings Institute Civil Engineering Transportation, vol.100 February, s.59-69' dan alınmıştır.
- Fruin, J.J., (1971), Pedestrian Planning and Design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc. New York.
- Çağdaş, G., (1986), Binalarda Boşalma Sürecinin Analizi ve Benzetimi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul'dan alınmıştır.
- Gay, C.M., Fawcett, C.DV., Guinness, W., "Vertical Transportation-Elevators", "Moving Stairways", Mechanical ant Electrical Equipment for Buildings, Ed. John Wiley & Sons, U.S.A.
- Helbing, D., (1991), "A Mathematical Model For the Behavior of Pedestrians", Behavioral Science, vol: 36, s. 299-310.
- Hunt, D.V., (1986), Artificial Intelligence and Expert Systems Sourcebook, Chapman&Hall, U.S.A.
- Kutlu, K., Yayla, N., Gerçek, H., (1988), İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Metrosu, İstanbul.
- Kılınçaslan, T., Kılınçaslan, İ., (1992), "Raylı Taşıt Sistemleri ve İstanbul Ulaşımında Gelişmeler", İstanbul 2. Kentiçi Ulaşım Kongresi, T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, s.38-49.
- Lovas, G.G., (1994), "Modeling and Simulation of Pedestrian Traffic Flow", Transportation Research-B, vol. 28B, no:6, s.429-443.
- March, L., (1976), "The Logic of Design and Question of Value", The Architecture of Form, Ed. L. March, Cambridge, Cambridge University Press, s.1-40.
- Mazzochi, G., Locatelli, M., Morandi, R., (1992), "Buildings as Artificial Reality Objects", Computers in Architecture Tools for Design, Ed. Francois Penz, Longman.
- McCullough, J., (1991), Knowledge Based Systems in Architecture, Byggforskningradet, Swedish Council for Building Research.
- Melinek, S.J., Booth, S., (1975), "An Analysis of Evacuation Times and the Movement of Crowds in Buildings", Building Research Establishment, Dept. of the Environment, Hertfordshire.

- Merrit, F.S., (1982), Building Design and Construction Handbook, McGraw-Hill Book Company, U.S.A.
- Mudaly, S.S., (1980), "Automatic Measurement of Pedestrian Flow Characteristics within Buildings", Architectural Science Review, vol.23, no:3, s.68-73.
- Nichols, F., Canete, I., Tuladhar, S., (1992), "Designing for Pedestrians: A CAD-Network Analysis Approach", Principles of Computer Aided Design: Evaluating and Predicting Design Performans, Ed. Yehuda Kalay, John Wiley & Sons, NewYork.
- Ökten, F., (1994), Ön Tasarım Aşamasında Maliyet Değerlendirme Amaçlı Bir Uzman Sistem, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Oxman, R., Oxman, R., (1990), "The Computability of Architectural Knowledge", The Electronic Design Studio, Ed. M. McCullough, W. J. Mitchell, P. Purcell, The MIT Press, Cambridge, MA, USA, s.171-186.
- Pauls, J., (1980a), "Building Evacuation: Research Findings and Recommendations", Fires and Human Behaviour, Ed. Canter, D., John Wiley & Sons, U.S.A.
- Pauls, J., (1980b), "Effective-Width Model for Evacuation Flow in Buildings", Engineering Applications of Fire Technology Workshop, Ed. Nelson, H.E., Maryland, s.215-232.
- Pauls, J., (1984), "The Movement of People in Buildings and Design Solutions for Means of Egress", Fire Technology, vol.20, no:1, s. 27-48.
- Rosenman, M.A., Balachandran, M., Gero, J.S., (1989), "Prototype-Based Expert Systems", Expert Systems In Engineering, Architecture and Construction, Proceedings of the Australasian Conference on Expert Systems in Engineering, Architecture and Construction Sydney,
- Sağlamer, G. (1989), Mimari Planlama Bilgisi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Bina Bilgisi IV Ders Notları.
- Sağlamer, G., (1982), Mimari Tasarımda Çözümün Tanımı ve Nesnel Olarak Değerlendirilmesi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Schmitt, G., (1988), Microcomputer Aided Design For Architects and Designers, Australia, Ed. John S. Gero and Fay Sudweeks.
- Smith, J.G., (1991), "State-Dependent Queueing Models in Emergency Evacuation Networks", Transportation Research-B, vol. 25B, no:6, s.373-389.
- Stahl, F.I., (1982), "BFIREs II: A Behavior Based Computer Simulation of Emergency Egress During Fires", Fire Technology, vol.18, no:1, s. 49-65.

- Stilitz, I.B., (1969), "The Role of Static Pedestrian Groups in Crowded Spaces", Ergonomics, vol.12, no: 6, s. 821-839.
- Timmermans, H., Van Der Hagen, X., Borgers, A., (1992), "Transportation Systems, Retail Environments and Pedestrian Trip Chaining Behaviour: Modelling Issues and Applications", Transportation Research-B, vol. 26B, no:1, s.45-59.
- Tregenza, P., (1976), The Design of Interior Circulation, Fletcher&Son Ltd., London.
- Tregenza, P., (1978), "Movement of People in Buildings-Some Recent Studies", Architectural Science Review, vol.21, no:1-2, s.44-47.
- Ural, A., Saltık, H., (1989), "Şehirçi Taşımacılığı ve Hafif Raylı Taşımacılık Sistemi", Toplu Taşımada Elektrik Sempozyumu, İstanbul.
- Wiesel, A., Becker, R., (1996), 'CAD Model for Performance Evalution", Building and Environment, Vol:31, no: 4, s.345-361.
- Yalçın, A., (1994), İstanbul Metrosu Yapımında 1992-1993 Dönemi Çalışmaları, İstanbul.
- Yan, M., (1993), "Representing Design Knowledge As a Network of Function, Behaviour and Structure", Design Studies, vol: 14, no: 3, s. 314-329.

EK A

Tarih : 11.03.1996				Vagon No : 1			
Gün : Pazartesi				Kapı No : 1			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15	8.17 ³⁰	8	26	8.13	8.15	3	47
8.18	8.20	8	35	8.22	8.23	5	45
8.24 ³⁰	8.25 ³⁰	2	35	8.30	8.31 ³⁰	7	41
8.27	8.28	6	41	8.42	8.43 ³⁰	7	36
8.32 ³⁰	8.35 ³⁰	15	31				
8.39 ³⁰	**	-	51				
8.44 ³⁰	8.46 ³⁰	1	38				

Tarih : 11.03.1996				Vagon No : 2			
Gün : Pazartesi				Kapı No : 2			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15	8.17 ³⁰	6	19	8.13	8.15	3	42
8.18	8.20	4	15	8.22	8.23	5	48
8.24 ³⁰	8.25 ³⁰	2	18	8.30	8.31 ³⁰	7	34
8.27	8.28	2	38	8.42	8.43 ³⁰	7	16
8.32 ³⁰	8.35 ³⁰	2	21				
8.39 ³⁰	**	-	34				
8.44 ³⁰	8.46 ³⁰	6	48				

Tarih : 11.03.1996				Vagon No : 3			
Gün : Pazartesi				Kapı No : 3			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15	8.17 ³⁰	3	21	8.13	8.15	4	34
8.18	8.20	3	10	8.22	8.23	3	30
8.24 ³⁰	8.25 ³⁰	0	10	8.30	8.31 ³⁰	2	27
8.27	8.28	5	24	8.42	8.43 ³⁰	5	6
8.32 ³⁰	8.35 ³⁰	2	11				
8.39 ³⁰	**	-	22				
8.44 ³⁰	8.46 ³⁰	3	25				

EK A DEVAM

Tarih : 18.03.1996				Vagon No : 4			
Gün : Pazartesi				Kapı No : 4			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15	8.18			8.20 ³⁰	8.22	4	17
8.24	8.24 ³⁰			8.32	8.33 ³⁰	2	10
8.27	8.28			8.38	8.40 ³⁰		
8.35	8.36 ³⁰			8.43 ³⁰	8.47		
8.40 ³⁰	8.46	0	4				

Tarih : 11.03.1996				Vagon No : 1			
Gün : Pazartesi				Kapı No : 1			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18	18.25 ³⁰	50	18	18.22	18.30	35	15
18.29	18.35 ³⁰	32	21	18.33	18.40 ³⁰	42	18
18.39	18.46 ³⁰	36	10	18.44	18.51 ³⁰	53	17
18.48	18.55 ³⁰	39	10				

Tarih : 11.03.1996				Vagon No : 2			
Gün : Pazartesi				Kapı No : 2			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18	18.25 ³⁰	18	3	18.22	18.30	23	8
18.29	18.35 ³⁰	26	4	18.33	18.40 ³⁰	25	2
18.39	18.46 ³⁰	24	1	18.44	18.51 ³⁰	24	0
18.48	18.55 ³⁰	25	4				

Tarih : 11.03.1996				Vagon No : 3			
Gün : Pazartesi				Kapı No : 3			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18	18.25 ³⁰	16	7	18.22	18.30	21	4
18.29	18.35 ³⁰	24	7	18.33	18.40 ³⁰	24	5
18.39	18.46 ³⁰	16	5	18.44	18.51 ³⁰	13	2
18.48	18.55 ³⁰	18	9				

EK A DEVAM

Tarih : 12.03.1996				Vagon No : 1			
Gün : Salı				Kapı No : 2			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.16 ³⁰	8.18	5	46	8.13	8.14	4	61
8.21 ³⁰	8.23 ³⁰	2	38	8.19	8.21	2	20
8.25	8.26 ³⁰	4	49	8.28	8.29 ³⁰	6	27
8.30	8.34 ³⁰	12	40	8.33	8.40	12	24
8.36	8.45 ³⁰	11	35	8.43	**	-	43
				8.45	**	-	48

Tarih : 12.03.1996				Vagon No : 2			
Gün : Salı				Kapı No : 3			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.16 ³⁰	8.18	4	18	8.13	8.14	4	50
8.21 ³⁰	8.23 ³⁰	0	20	8.19	8.21	6	22
8.25	8.26 ³⁰	4	42	8.28	8.29 ³⁰	3	17
8.30	8.34 ³⁰	1	33	8.33	8.40	2	15
8.36	8.45 ³⁰	3	36	8.43	**	-	20
				8.45	**	-	45

Tarih : 12.03.1996				Vagon No : 3			
Gün : Salı				Kapı No : 4			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.16 ³⁰	8.18	11	10	8.13	8.14	6	25
8.21 ³⁰	8.23 ³⁰	1	9	8.19	8.21	3	6
8.25	8.26 ³⁰	0	25	8.28	8.29 ³⁰	8	15
8.30	8.34 ³⁰	1	6	8.33	8.40	9	9
8.36	8.45 ³⁰	5	19	8.43	**	-	13
				8.45	**	-	29

EK A DEVAM

Tarih : 12.03.1996				Vagon No : 4			
Gün : Salı				Kapı No : 1			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.16 ³⁰	8.18			8.13	8.14	3	24
8.21 ³⁰	8.23 ³⁰			8.19	8.21		
8.25	8.26 ³⁰	4	22	8.28	8.29 ³⁰		
8.30	8.34 ³⁰			8.33	8.40		
8.36	8.45 ³⁰	5	23	8.43	**		
				8.45	**		21

Tarih : 12.03.1996				Vagon No : 1			
Gün : Salı				Kapı No : 2			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.20	18.25	34	12	18.22 ³⁰	18.30	38	5
18.29 ³⁰	18.35 ³⁰	43	16	18.32	18.40 ³⁰	40	8
18.40	18.46	35	11	18.42 ³⁰	18.50	44	8
18.50 ³⁰	18.56	40	12				

Tarih : 12.03.1996				Vagon No : 2			
Gün : Salı				Kapı No : 3			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.20	18.25	16	5	18.22 ³⁰	18.30	21	9
18.29 ³⁰	18.35 ³⁰	18	6	18.32	18.40 ³⁰	22	2
18.40	18.46	14	5	18.42 ³⁰	18.50	13	5
18.50 ³⁰	18.56	21	8				

Tarih : 12.03.1996				Vagon No : 3			
Gün : Salı				Kapı No : 4			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.20	18.25	12	4	18.22 ³⁰	18.30	5	1
18.29 ³⁰	18.35 ³⁰	13	5	18.32	18.40 ³⁰	10	6
18.40	18.46	19	0	18.42 ³⁰	18.50	10	5
18.50 ³⁰	18.56	12	3				

EK A DEVAM

Tarih	: 13.03.1996						
Gün	: Çarşamba					Vagon No	: 1
Zaman	: Sabah					Kapı No	: 3
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17	6	24	8.19 ³⁰	8.20 ³⁰	3	47
8.22	8.23 ³⁰	4	32	8.30	8.31	2	44
8.25	8.27	7	36	8.43	8.44	6	46
8.33	8.35	6	33				
8.40 ³⁰	**	-	53				

Tarih	: 13.03.1996						
Gün	: Çarşamba					Vagon No	: 2
Zaman	: Sabah					Kapı No	: 4
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17	1	12	8.19 ³⁰	8.20 ³⁰	5	48
8.22	8.23 ³⁰	3	14	8.30	8.31	8	45
8.25	8.27	1	15	8.43	8.44	10	48
8.33	8.35	2	24				
8.40 ³⁰	**	-	33				

Tarih	: 13.03.1996						
Gün	: Çarşamba					Vagon No	: 3
Zaman	: Sabah					Kapı No	: 1
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17	4	24	8.19 ³⁰	8.20 ³⁰	4	41
8.22	8.23 ³⁰	3	14	8.30	8.31	5	39
8.25	8.27	2	31	8.43	8.44	10	38
8.33	8.35	2	19				
8.40 ³⁰	**	-	33				

EK A DEVAM

Tarih : 13.03.1996				Vagon No : 4			
Gün : Çarşamba				Kapi No : 2			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17			8.19 ³⁰	8.20 ³⁰	0	18
8.22	8.23 ³⁰			8.30	8.31	3	21
8.25	8.27			8.43	8.44	10	16
8.33	8.35						
8.40 ³⁰	**						

Tarih : 20.03.1996				Vagon No : 1			
Gün : Çarşamba				Kapi No : 3			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18 ³⁰	18.25	37	15	18.22 ³⁰	18.30	26	9
18.28 ³⁰	18.35	30	10	18.31 ³⁰	18.40	41	6
18.37 ³⁰	18.45	38	11	18.42	18.50	28	9
18.51	18.55 ³⁰	34	10				

Tarih : 20.03.1996				Vagon No : 2			
Gün : Çarşamba				Kapi No : 4			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18 ³⁰	18.25	18	3	18.22 ³⁰	18.30	13	4
18.28 ³⁰	18.35	18	2	18.31 ³⁰	18.40	18	4
18.37 ³⁰	18.45	18	3	18.42	18.50	18	1
18.51	18.55 ³⁰	23	9				

Tarih : 20.03.1996				Vagon No : 3			
Gün : Çarşamba				Kapi No : 1			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18 ³⁰	18.25	40	6	18.22 ³⁰	18.30	34	6
18.28 ³⁰	18.35	33	12	18.31 ³⁰	18.40	36	10
18.37 ³⁰	18.45	35	4	18.42	18.50	32	4
18.51	18.55 ³⁰	27	11				

EK A DEVAM

Tarih : 14.03.1996				Vagon No : 1			
Gün : Perşembe				Kapı No : 4			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17	4	20	8.20	8.21	4	55
8.22	8.23 ³⁰	1	35	8.29 ³⁰	8.30	6	44
8.26	8.27 ³⁰	6	32	8.40	8.42	2	41
8.32	8.34	6	24				
8.37	**	-	32				
8.43 ³⁰	**	4	36				

Tarih : 14.03.1996				Vagon No : 2			
Gün : Perşembe				Kapı No : 1			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17	4	26	8.20	8.21	5	53
8.22	8.23 ³⁰	5	28	8.29 ³⁰	8.30	5	45
8.26	8.27 ³⁰	8	40	8.40	8.42	9	48
8.32	8.34	5	28				
8.37	**	-	41				
8.43 ³⁰	**	5	35				

Tarih : 14.03.1996				Vagon No : 3			
Gün : Perşembe				Kapı No : 2			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Variş Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17	1	14	8.20	8.21	3	34
8.22	8.23 ³⁰	2	9	8.29 ³⁰	8.30	4	31
8.26	8.27 ³⁰	2	14	8.40	8.42	7	24
8.32	8.34	2	16				
8.37	**	-	15				
8.43 ³⁰	**	1	20				

EK A DEVAM

Tarih : 14.03.1996				Vagon No : 4			
Gün : Perşembe				Kapı No : 3			
Zaman : Sabah							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.15 ³⁰	8.17			8.20	8.21	7	19
8.22	8.23 ³⁰			8.29 ³⁰	8.30	2	17
8.26	8.27 ³⁰			8.40	8.42	9	10
8.32	8.34						
8.37	**						
8.43 ³⁰	**						

Tarih : 14.03.1996				Vagon No : 1			
Gün : Perşembe				Kapı No : 4			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.17 ³⁰	18.25 ³⁰	25	9	18.23	18.30	24	8
18.28 ³⁰	18.35	27	5	18.32	18.40 ³⁰	27	2
18.38	18.45 ³⁰	24	10	18.41 ³⁰	18.51	24	7
18.49 ³⁰	18.55	30	13				

Tarih : 14.03.1996				Vagon No : 2			
Gün : Perşembe				Kapı No : 1			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.17 ³⁰	18.25 ³⁰	36	12	18.23	18.30	24	13
18.28 ³⁰	18.35	37	6	18.32	18.40 ³⁰	32	8
18.38	18.45 ³⁰	36	11	18.41 ³⁰	18.51	40	7
18.49 ³⁰	18.55	36	10				

Tarih : 14.03.1996				Vagon No : 3			
Gün : Perşembe				Kapı No : 2			
Zaman : Akşam							
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.17 ³⁰	18.25 ³⁰	24	4	18.23	18.30	20	7
18.28 ³⁰	18.35	28	7	18.32	18.40 ³⁰	13	3
18.38	18.45 ³⁰	25	2	18.41 ³⁰	18.51	18	2
18.49 ³⁰	18.55	23	5				

EK A DEVAM

Tarih : 15.03.1996

Gün : Cuma

Zaman : Sabah

Vagon No : 1

Kapı No : 1

YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.14	8.16 ³⁰	12	36	8.15	8.20	26	37
8.18 ³⁰	8.23	36	55	8.22	8.27 ³⁰	32	41
8.34	8.35 ³⁰	6	53	8.32	8.33	7	51
8.44	8.46	3	34	8.38 ³⁰	**	-	54
				8.32	8.33	11	49

Tarih	: 15.03.1996			Vagon No	: 2		
Gün	: Cuma			Kapı No	: 2		
Zaman	: Sabah						
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.14	8.16 ³⁰	4	12	8.15	8.20	3	27
8.18 ³⁰	8.23	3	32	8.22	8.27 ³⁰	4	16
8.34	8.35 ³⁰	2	45	8.32	8.33	2	65
8.44	8.46	4	12	8.38 ³⁰	**	-	31
				8.32	8.33	5	50

Tarih	: 15.03.1996			Vagon No	: 3		
Gün	: Cuma			Kapı No	: 3		
Zaman	: Sabah						
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.14	8.16 ³⁰	1	14	8.15	8.20	0	23
8.18 ³⁰	8.23	1	22	8.22	8.27 ³⁰	0	13
8.34	8.35 ³⁰	3	30	8.32	8.33	5	53
8.44	8.46	5	13	8.38 ³⁰	**	-	21
				8.32	8.33	5	30

EK A DEVAM

Tarih	: 15.03.1996						
Gün	: Cuma					Vagon No	: 4
Zaman	: Sabah					Kapı No	: 4
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
8.14	8.16 ³⁰			8.15	8.20	2	9
8.18 ³⁰	8.23			8.22	8.27 ³⁰		
8.34	8.35 ³⁰			8.32	8.33	8	12
8.44	8.46			8.38 ³⁰	**	-	
				8.32	8.33	6	9

Tarih	: 22.03.1996						
Gün	: Cuma					Vagon No	: 1
Zaman	: Akşam					Kapı No	: 1
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18 ³⁰	18.25	47	24	18.22 ³⁰	18.30	57	15
18.30	18.35	44	18	18.32	18.39	43	14
18.38	18.46	48	20	18.43 ³⁰	18.50	45	15
18.50	18.55	38	25				

Tarih	: 22.03.1996						
Gün	: Cuma					Vagon No	: 2
Zaman	: Akşam					Kapı No	: 2
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18 ³⁰	18.25	24	4	18.22 ³⁰	18.30	29	5
18.30	18.35	37	5	18.32	18.39	25	3
18.38	18.46	43	5	18.43 ³⁰	18.50	36	8
18.50	18.55	37	2				

Tarih	: 22.03.1996						
Gün	: Cuma					Vagon No	: 3
Zaman	: Akşam					Kapı No	: 3
YENİBOSNA-BAKIRKÖY				ESENLER			
Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)	Varış Saati	Kalkış Saati	GidenYolcu (Kişi)	GelenYolcu (Kişi)
18.18 ³⁰	18.25	22	5	18.22 ³⁰	18.30	24	3
18.30	18.35	15	16	18.32	18.39	25	3
18.38	18.46	28	3	18.43 ³⁰	18.50	19	6
18.50	18.55	35	10				

EK B DEVAM

PERIYOT :190

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 17 0 11 0 0 0
 0 0 0 2 1 1 0 0 0
 35 1 2 12 1 8 0 0 0
 35 2 1 6 1 5 1 18
 0 1 2 26 2 18 2 80
 0 0 1 20 0 14 1 48
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :229

PERIYOT :200

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 14 1 11 0 0 0
 0 0 0 2 0 1 0 0 0
 36 2 2 12 0 8 0 0 0
 35 2 1 6 1 5 1 20
 0 1 5 26 1 18 3 88
 0 0 2 21 1 14 2 53
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :234

PERIYOT :210

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 12 1 11 0 0 0
 0 0 0 1 1 1 0 0 0
 35 1 2 12 0 8 0 0 0
 35 2 1 6 0 5 1 22
 0 3 5 26 1 18 4 98
 0 0 4 21 1 14 3 58
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :235

PERIYOT :220

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 7 1 11 0 0 0
 0 0 0 2 1 1 0 0 0
 35 2 2 12 1 8 0 0 0
 34 2 1 6 1 5 1 24
 0 6 5 26 2 18 2 108
 0 0 2 21 1 14 3 64
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :233

PERIYOT :230

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 6 1 11 0 0 0
 0 0 0 2 0 1 0 0 0
 30 2 2 12 1 8 0 0 0
 24 2 1 6 1 5 1 26
 0 5 5 26 2 18 4 118
 0 0 4 21 0 14 2 71
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :217

PERIYOT :240

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 4 1 11 0 0 0
 0 0 0 2 1 1 0 0 0
 26 2 2 12 1 8 0 0 0
 14 2 1 6 1 5 1 28
 0 5 5 26 2 18 2 128
 0 0 4 21 0 14 2 76
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :200

PERIYOT :250

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 3 1 11 0 0 0
 0 0 0 1 1 1 0 0 0
 22 1 2 12 1 8 0 0 0
 4 1 1 6 1 5 1 30
 0 5 5 26 2 18 4 134
 0 0 4 21 1 14 3 82
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :186

PERIYOT :260

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 1 1 11 0 0 0
 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 17 1 2 12 1 8 0 0 0
 0 1 1 6 1 5 1 32
 0 5 5 26 2 18 4 142
 0 0 4 21 0 13 2 88
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :170

PERIYOT :270

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 1 11 0 0 0
 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 7 1 2 12 0 8 0 0 0
 0 1 1 6 1 5 1 34
 0 0 5 26 2 18 4 150
 0 0 4 21 1 14 1 94
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :154

PERIYOT :280

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 9 0 0 0
 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 0 0 0 12 1 8 0 0 0
 0 0 1 6 1 5 1 36
 0 0 5 26 2 18 4 158
 0 0 2 21 1 12 3 99
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :139

PERIYOT :290

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 8 0 0 0
 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 0 0 0 4 1 8 0 0 0
 0 0 0 6 0 4 1 38
 0 0 2 26 2 18 4 166
 0 0 0 21 0 14 3 105
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :123

PERIYOT :300

0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 7 0 0 0
 0 0 0 0 0 1 0 0 0
 0 0 0 0 0 8 0 0 0
 0 0 0 3 0 5 1 40
 0 0 0 20 0 18 4 176
 0 0 0 21 1 14 2 111
 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :105

EK B DEVAM

PERIYOT :310

0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 4 0 0
0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 0 3 0 0
0 0 0 1 0 5 1 42
0 0 0 15 0 18 4 186
0 0 0 18 0 14 3 117
0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :87

PERIYOT :320

0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 2 0 0
0 0 0 0 0 5 1 44
0 0 0 14 2 18 4 196
0 0 0 7 0 13 3 123
0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :69

PERIYOT :330

0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 1 46
0 0 0 6 2 17 4 206
0 0 0 3 1 14 2 129
0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :51

PERIYOT :340

0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 0 48
0 0 0 1 2 16 4 216
0 0 0 0 1 5 3 135
0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :33

PERIYOT :350

0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 0 49
0 0 0 0 0 5 3 224
0 0 0 0 0 6 3 141
0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :18

PERIYOT :360

0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 2 0 231
0 0 0 0 0 2 1 146
0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :5

PERIYOT :366

0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 50
0 0 0 0 0 0 0 233
0 0 0 0 0 0 0 149
0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :0

EK B DEVAM

Esenler Hattı Peron Katı Akım Matrisi

PERİYOT :1

```

00000000000006700024028000240004500002603500047045000440035000042000000
000000000000021000202000200020000202000202000200200002000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

```

TOPLAM AKIM :433

PERİYOT :10

```

00000000000000200060100006000350000802000032035000260017000024000000
0000000000000020006062006020300006250005030006206000062000000
0000000000000322106543205310311004541304330204328400045000000
00000000000000000000101000100000001000001000001000001000000100000
0000000000000220002020002000220002003100422002002000020000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

```

TOPLAM AKIM :433

PERİYOT :20

```

00000000000000000000000000000000250000002000150230006000000040000000
000000000000000000000000100000300000043005033006103000061000000
000000000000000000000065244013214000062453260210522925405610000
00000000000000001000000000100100001010101010101010011000110000
000000000000001010121114110212000121223161310120323201310000
000000000000000000101010110110000100110011000100110001100000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
0000000000000010110101010100010000100100021001100110001100000
0000000000000011140141120122012200140040041004122220001400000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

```

TOPLAM AKIM :433

PERİYOT :30

```

000000000000000000000000000000001500000000000011000000000000000000
0000000000000000000000000000000030000000000403200000000000000000
0000000000000000000000000000000021031100000005352310012101110320000
00000000000000000000000000000000110000010000000102000101110111010000
0000000000000000000000000000000030200021000000245152214211323224502000
000000000000000000000000000000001002000001100000002010100010001100100000
000000000000000000000000000000001023201231400010122032103210212302302000
0000000000000000000000000000000011001000100100010002010100010110100100000
00000000000000000000000000000000032610502106336166336403514212023135227268371022600
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

```

TOPLAM AKIM :433

PERİYOT :40

```

00000000000000000000000000000000500000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000030000000000002100000000000000000
0000000000000000000000000000000012000000000003231000000000000000
0000000000000000000000000000000010000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000012000000000063214000010000301400
000000000000000000000000000000001000000000010101100000000001000
000000000000000000000000000000001400315420300003142208110322523601000
00000000000000000000000000000000110100110100010020100111101101101000
0000000000000000000000000000000010126157321247634761271452234618634105796720231584
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

```

TOPLAM AKIM :429

EK B DEVAM

PERİYOT :110

[illegible]

PERİYOT :120

[illegible]

PERİYOT :130

[illegible]

PERİYOT :140

[illegible]

PERİYOT :150

[illegible]

PERİYOT :160

[illegible]

EK B DEVAM

PERİYOT :230

[illegible]

PERİYOT :240

[illegible]

PERİYOT :250

[illegible]

DOI: 10.1002/anie.200500155

EK B DEVAM

PERIYOT :180

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
26 3 1 17 0 10 0 0
0 1 1 2 1 1 0 0
0 0 0 9 1 8 0 0
0 0 0 6 1 5 0 19
0 0 0 26 1 18 4 81
0 0 1 21 1 14 3 48
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :182

PERIYOT :190

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
11 3 3 17 1 11 0 0
0 0 1 2 0 1 0 0
0 0 1 8 0 8 0 0
0 0 0 6 0 5 0 21
0 0 0 26 0 18 2 92
0 0 0 21 1 14 3 54
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :163

PERIYOT :200

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 3 17 1 9 0 0
0 1 1 1 1 1 0 0
0 0 0 5 1 8 0 0
0 0 0 2 1 5 0 23
0 0 0 26 2 18 3 101
0 0 0 21 1 14 2 61
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :145

PERIYOT :210

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 14 0 11 0 0
0 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 1 1 8 0 0
0 0 0 3 1 5 0 25
0 0 0 21 2 18 3 111
0 0 0 19 1 14 3 66
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :128

PERIYOT :220

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 6 1 11 0 0
0 0 0 2 1 1 0 0
0 0 0 2 1 8 0 0
0 0 0 1 1 5 0 27
0 0 0 22 2 18 3 121
0 0 0 8 0 14 3 72
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :110

PERIYOT :230

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 1 11 0 0
0 0 0 2 0 1 0 0
0 0 0 0 0 7 0 0
0 0 0 4 0 5 0 29
0 0 0 13 2 18 3 131
0 0 0 6 1 14 2 79
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :91

PERIYOT :240

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 7 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 7 0 0
0 0 0 1 0 5 0 31
0 0 0 10 2 18 3 141
0 0 0 4 1 14 1 85
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :73

PERIYOT :250

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 2 0 0
0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 2 0 0
0 0 0 0 0 5 0 33
0 0 0 3 0 18 3 151
0 0 0 6 0 14 0 92
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :54

PERIYOT :260

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 4 0 12 3 161
0 0 0 1 0 14 3 96
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :38

PERIYOT :270

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 0 4 2 170
0 0 0 0 0 13 3 101
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :23

PERIYOT :280

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :7

PERIYOT :289

0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0

TOPLAM AKIM :0

[illegible]

[illegible]

ÖZGEÇMİŞ

A.Gülay Pektaş, 3 Ekim 1971'de İstanbul'da doğdu. 1988 yılında Fatih Ticaret Lisesi'nden ikincilikle mezun oldu. 1989 yılında İ. T. Ü. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde başladığı lisans öğrenimini, 1992-1993 yaz döneminde altıncı olarak tamamladı. Aynı yıl İ.T.Ü. Yabancı Diller İngilizce Hazırlık Bölümüne başladı, Eylül 1994'de İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bina Bilgisi programında yüksek lisans çalışmalarına devam etti.

