T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVALİMANI TERMİNAL KAPASİTESİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Mehmet Onur ACAR

Danışman
Prof. Dr. Mesut TIĞDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2015

© 2015 [Mehmet Onur ACAR]

TEZ ONAYI

Mehmet Onur ACAR tarafından hazırlanan **"Havalimanı Terminal Kapasitesinin Görüntü İşleme Yöntemi İle Belirlenmesi"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	**Prof. Dr. Mesut TIĞDEMİR** Süleyman Demirel Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN** İstanbul Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Yrd. Doç. Dr. Ş. Figen KALYONCUOĞLU** Süleyman Demirel Üniversitesi	.....

Enstitü Müdürü	**Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER**	.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Mehmet Onur ACAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Havalimanları	6
2.1.1. Havalimanları sınıflandırılması	7
2.2. Havalimanı Bileşenleri	10
2.2.1. Havalimanı hava tarafı bileşenleri	12
2.2.2. Havalimanı kara tarafı bileşenleri	18
2.3. Havalimanı Terminal Yapısı ve Sistemi	20
2.3.1. Giriş denetimi	28
2.3.2. Bilet kontrol noktaları	31
2.3.3. Bagaj işlemleri	37
2.3.4. Arındırılmış salon	45
2.3.5. Terminal serbest dolaşım alanları ve diğer alternatif hizmetler	48
2.3.6. Güvenlik denetimleri	52
2.3.7. Sınır denetimleri	54
2.3.8. Yolcu ile uçak arasındaki akış sistemi	58
2.3.9. Transit ve transfer işlemleri	65
2.3.10. Havalimanı yolcu ve seyahat tipleri	66
2.4. Havalimanı Kapasitesi	71
2.4.1. Teorik kapasite	75
2.4.2. Pratik kapasite	75
2.4.3. Gecikmeler	75
2.4.4. Havalimanı hava tarafı kapasitesi	78
2.4.5. Havalimanı kara tarafı kapasitesi	78
2.4.5.1. Terminalin azami verimde çalışabileceği durum	80
2.4.5.2. Hizmet düzeyi kavramı	81
2.4.5.3. Hizmet hacmi kavramı	84
2.4.5.4. Kapasite analiz aralıkları	85
2.4.5.5. Kara tarafı kapasitesi belirleme yöntemleri ve aşamaları	88
2.4.6. Terminal kapasitesi	97
2.4.6.1. Terminal kapasitesine etkiyen durumlar	99
2.4.6.2. Terminal kapasitesi hesaplanması	100
2.4.6.2.1. Terminal kapasitesi hesaplanmasında kullanılan diğer yöntemler	102
2.5. Yaya Hareketleri ve Planlamaya Etkileri	106
2.6. Kuyruk Teorisi Temelleri	115
2.6.1. Girdi süreci	116
2.6.2. Servis işleyişi	116
2.6.3. Kuyruk	117

2.6.4. Servis disiplini 119
2.6.5. Kuyruk teorisi modelleri 120
2.7. Benzetim (Simülasyon) Modelleri 124
2.8. Görüntü İşleme 131
2.8.1. Görüntü işlemede temel kavramlar 133
2.8.2. Analog ve sayısal görüntü 134
2.8.3. Görüntü işleme bileşenleri 134
2.8.3.1. Dijital görüntü tanımlamaları 135
2.8.3.2. Niteliklendirme 135
2.8.3.3. Uzaysal çözünürlük 137
2.8.3.4. İndekslenmiş görüntüler 137
2.8.3.5. Görüntü operasyonları 138
2.8.3.6. Komşuluk ilişkileri 138
2.8.3.7. Filtreleme 139
2.8.3.8. Histogram 139
2.8.3.9. Görüntünün gürültüden arındırılması 140
2.8.4. Görüntü işleme aşamaları 141
2.8.5. Görüntü işlemede kullanılan temel yöntemler 141
2.8.5.1. Görüntü işleme yöntemlerinin sınıflandırılması 142
2.8.6. Görüntü işleme algoritmaları 144
2.8.7. Görüntü işleme yazılımları ve masaüstü tabanlı uygulamaları 145
2.8.8. Sayısal görüntü işlemede Matlab kullanımı 145
2.8.8.1. Tür dönüşüm komutları 147
2.8.8.2. Uzamsal dönüşüm komutları 148
2.8.8.3. Görüntü analiz komutları 148
2.8.8.4. Doku analiz komutları 149
2.8.8.5. Aritmetik işlem komutları 150
2.8.8.6. Görüntü iyileştirme komutları 150
2.8.8.7. Doğrusal filtreleme komutları 152
2.8.8.8. Morfolojik işlemler 153
2.8.9. Kişi sayma 156
2.8.9.1. Kişi sayma yöntemleri 157
2.8.9.2. Kişi sayma çalışmaları 159
2.8.9.3. Görüntü kazanımı 162
2.8.9.4. Kare farklılaştırma (Frame differencing) 162
2.8.9.5. Arkaplan tahmini (Background estimation) 164
2.8.9.6. Arkaplan çıkarımı ve segmantasyonu 166
2.8.9.7. Gauss karışım modeli 168
2.8.9.8. Aşınma (Erosion) 169
2.8.9.9. Genleşme (Dilatation) 170
2.8.9.10. Açılış (Opening) 170
2.8.9.11. Nesne takibi 171
2.8.9.11.1. Nesne takibi için Kalman filtresi kullanılması 174
2.8.9.11.2. Model oluşturma 176
2.8.9.11.3. Tahmin ve düzeltme işlemleri 177
2.8.9.11.4. İterasyon (Döngüsel hesaplamalar) 178
2.8.9.12. Sayım (Counting) 179
3. MATERYAL VE YÖNTEM 181
3.1. Materyal 182

3.2. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı 183
3.2.1. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yerel etki alanı 184
3.2.2. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yolcu profili 185
3.2.3. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı uçuş bilgileri 186
3.2.4. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafiği 189
3.2.5. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı terminali 190
3.2.6. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yolcu anketi 198
3.3. Antalya Havalimanı 194
3.3.1. Antalya Havalimanı uluslararası etki alanı 195
3.3.2. Antalya Havalimanı yolcu profili 196
3.3.3. Antalya Havalimanı uçuş bilgileri 202
3.3.4. Antalya Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafiği 207
3.3.5. Antalya Havalimanı terminalleri 208
3.3.6. Antalya Havalimanı yolcu anketleri 219
3.4. Havalimanları Genel Değerlendirme 224
3.5. Yöntem 231
3.5.1. Hareket tabanlı çoklu nesne takibi ve sayımı 233
3.5.1.1. Sistem nesnelerinin oluşturulması 235
3.5.1.2. Takiplerin ve sayımın tanımlanması 236
3.5.1.3. Video karesi okuma 237
3.5.1.4. Nesnelerin tespiti 237
3.5.1.5. Mevcut takibin yeni yerlerinin tahmini 238
3.5.1.6. Nesnelerin hareket rotaları 238
3.5.1.7. Tespitlerin takiplere atanması 239
3.5.1.8. Atanmış takiplerin güncellenmesi 240
3.5.1.9. Atanmamış takiplerin güncellenmesi 241
3.5.1.10. Kayıp takiplerin silinmesi 241
3.5.1.11. Takip sonuçlarının görüntülenmesi 243
3.5.1.12. Özet 246
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 247
4.1. Ana ve Arkaplan Algoritmaları 248
4.2. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı Analizi 252
4.2.1. X-ray giriş denetimi analizi 274
4.2.2. Bilet kontrol bölümü analizi 305
4.2.3. Bekleme ve serbest dolaşım alanı analizi 326
4.2.4. Arındırılmış salon analizi 343
4.2.5. Apron analizi 356
4.2.6. Gelen yolcu salonu analizi 362
4.3. Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali Analizi 379
4.3.1. Bilet kontrol bölümü analizi 390
4.3.2. Bekleme ve serbest dolaşım alanı analizi 423
4.4. Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı Terminal Birimleri Hizmet Düzeyleri 444
4.4.1. Giriş denetimi hizmet düzeyleri 446
4.4.2. Bilet kontrol bölümü hizmet düzeyleri 447
4.4.3. Bekleme ve serbest dolaşım alanı hizmet düzeyleri 450
4.4.4. Arındırılmış salon hizmet düzeyleri 453
4.4.5. Gelen yolcu salonu hizmet düzeyleri 454

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 457
KAYNAKLAR 468
ÖZGEÇMİŞ 475

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVALİMANI TERMİNAL KAPASİTESİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Mehmet Onur ACAR

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mesut TIĞDEMİR

Havalimanı kara tarafı kapasitesinin en önemli belirleyicileri yolculardır. Havalimanı terminal kompleksinde yolcu faaliyetlerinin oluşturduğu talepler, nispi konfora ve rahatlığa ilişkin önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Yolcular, belirsizlik kaynaklarından biridir ve böylece yalnızca talepte değil, kapasite konusunda da dalgalanma kaynağıdır. Hizmet düzeyi, havalimanı tesisleri üzerindeki talebin dinamik niteliğini yansıtmak ve talep/kapasite özelliklerine ilişkin gerçekçi bir değerlendirme almak için kullanılır. Sınır hizmet seviyeleri göz önünde bulundurularak yapılan tasarımlar; kapasitenin, idaresi ve uzun vadeli işletme sonuçlarıyla optimal düzeyde kullanılmasını sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasında havalimanları terminal binaları, kapasiteleri ve kapasiteyi etkileyen faktörler araştırılmıştır. Büyüklüklerine göre farklı havalimanı terminal binaları incelenerek, tesislerin işleyişi ve işlevselliği analiz edilmiştir.

Yolcu terminallerinin kapasite ve hizmet düzeyleri araştırması için; giriş denetimi, bilet kontrol bölümü, bekleme ve serbest dolaşım alanları ve arındırılmış salondan oluşan kalkış tesisleri, gelen yolcu salonu ve içerisindeki bagaj teslim alma bölümü dâhil olmak üzere varış tesisleri ve apron üzerindeki yolcu faaliyetleri (sayısı, geçiş aralıkları, hızı ve hareket güzergâhı), Matlab altyapısında geliştirilen görüntü işleme yöntemi; hareket tabanlı çoklu yolcu takibi ve sayımı programı ile tespit edilmiştir.

Havalimanı tesislerinde azami taleplerin oluştuğu zaman aralıkları belirlenmiştir. Belirlenmiş zaman aralıklarında hangi hizmet seviyesinin fiilen sağlandığı tespit edilip zamana bağlı değişimleri gösterilmiştir. Yolcuların terminal içerisindeki işgâl alanlarında, hareketlerinin yoğunlaştığı bölgeler ve hareketlerinin oluştuğu akslar belirlenmiştir. Sınır hizmet seviyesinden düşük düzeylerde yolcu hacmi ve sistemi sınır düzeyde tutan talepler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havalimanı, Terminal Binaları, Görüntü ve Video İşleme Yöntemi, Hareket Tabanlı Yaya Takibi ve Sayımı, Kapasite, Hizmet Düzeyi.

2015, 475 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF AIRPORT TERMINAL CAPACITY BY THE IMAGE PROCESSING METHOD

Mehmet Onur ACAR

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mesut TIĞDEMİR

The passengers are the most important decisive of airport landside capacity. Airport demand of the passengers for terminal complex operations, requires the adoption of measures relating to the relative comfort and convenience. Passengers are not only one of the sources of uncertainty and thus demand, is the source for surge capacity. Level of service, airport demand on the facility to reflect the dynamic nature of and demand / capacity used to get a realistic assessment of the properties. Limit services levels will be considering designs; The capacity management and will ensure optimal use of the long-term operational results.

In this M.Sc. study, airport terminal buildings, capacities and the factors affected the capacity were investigated. The terminal buildings with different scale and size were investigated. The functionality and operation of facilities were analyzed.

Research for level of service and capacity of passenger terminals; passenger activities (count, transition period, velocity and motion paths) on departures and arrivals facilities where entrance X-ray security control field, check-in, waiting and free roam fields, gate hall, baggage claim and also apron were detected by image processing method; motion-based passenger tracking and counting program which developed on Matlab.

Maximum demand time intervals were determined in airport terminal facilities. In this determined time intervals, which level of service is ensured actually and time-dependent changes were displayed. Passengers movement regions were determined where concentrated and movement axis in terminal occupation area of passengers. The passenger volume that occurs in the low of limit services and optimum demand were determined that keep the system over limit level.

Keywords: Airport, Airport Terminal Building, Image and Video Processing Method, Motion-Based Passenger Tracking and Counting, Capacity, Level Of Services.

2015, 475 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma süresince beraber çalıştığım ve vizyonuyla beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları, engin bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Tez Danışmanım Sayın Prof. Dr. Mesut TIĞDEMİR'e…

Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Ulaştırma Anabilim Dalı'ndaki tüm değerli hocalarıma…

Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı'nda yapılan çalışmalardaki yardımlarından dolayı; tüm DHMİ, havalimanı işletmesi ve havayolu firmaları personellerine…

Tez çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan okul arkadaşlarım; Ömer ERDEM ve Burak BAYAR'a…

Tezimin her aşamasında beni sabırla destekleyen ve yalnız bırakmayan sevgili nişanlım Yıldız SEMERCİ'ye…

Ayrıca beni yetiştiren ve bugünlere ulaşmamı sağlayan manevi destekçilerim, Merhum, annem Neyyir ACAR ve babam Orhan ACAR'a…

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Onur ACAR
ISPARTA, 2015

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Ulaşım modları itibariyle yurtiçi yolcu taşıma oranları -2013	1
Şekil 1.2. Havalimanları yolcu trafiği 2003-2013	2
Şekil 2.1. Havalimanı bölümleri	12
Şekil 2.2. Yolcu terminali kavramsal çözümleri	22
Şekil 2.3. Yolcu terminal binasının işlevsel ilişkileri	26
Şekil 2.4. Yolcu giriş denetimi bölgesi akışı	28
Şekil 2.5. Giriş X-ray kontrol noktası mekânı standartları	30
Şekil 2.6. Bilet kontrol noktası mekânı yerleşim şekilleri	33
Şekil 2.7. Bilet kontrol noktası mekân standartları	34
Şekil 2.8. Bilet kontrol noktası - yolcu (kişi/adet)	35
Şekil 2.9. Yolcu ve bagaj akışı diyagramı	39
Şekil 2.10. Bagaj alım bölgesi ebatları	41
Şekil 2.11. Bagaj alma akışı	42
Şekil 2.12. Yolcu sayısı/bagaj alım alanı (kişi/m^2)	43
Şekil 2.13. Gümrük denetimi	44
Şekil 2.14. Arındırılmış salon	46
Şekil 2.15. Yolcu kesişme bölgesi	48
Şekil 2.16. Yolcu sayısı / bekleme alanı (kişi/m^2)	49
Şekil 2.17. Bekleme alanları	51
Şekil 2.18. Resmi ön denetimler	55
Şekil 2.19. Denetim yetkililerinin yerleşimi	58
Şekil 2.20. Yolcu güvenlik denetimi ve ön bekleme alanı planı	58
Şekil 2.21. Hava tarafı girişleri	64
Şekil 2.22. Pik saat yolcu hesabı	73
Şekil 2.23. Yolcunun kara tarafı birimlerindeki akış diyagramı	80
Şekil 2.24. Bilet kontuarı örneğinde maksimum hizmet verilebilecek yolcu sayısı	81
Şekil 2.25. Örnek bilet kontuarında hizmet düzeyi değişimi	83
Şekil 2.26. Bilet kontuarında düşük hizmet düzeyinin gösterimi	84
Şekil 2.27. Hizmet düzeyi, hizmet hacmi ve maksimum hizmet verilebilecek yolcu sayısı arasındaki şematik ilişki	85
Şekil 2.28. Yoğun saatler için alternatif tanımlamalar	87
Şekil 2.29. Kara tarafı kapasitesi belirlenmesi, yönetimi ve planlama yöntemi	90
Şekil 2.30. Bilet kontuarı için örnek yolcu akış diyagramı	93
Şekil 2.31. Standart yaya ebatları	108
Şekil 2.32. Bir parça valizi olan yaya ebatları	108
Şekil 2.33. İki parça valizi olan yaya ebatları	109
Şekil 2.34. El arabalı yaya ebatları	109
Şekil 2.35. Saygı alanı	110
Şekil 2.36. Farklı araştırmacıların hız-yoğunluk grafiği	111
Şekil 2.37. Hız- yoğunluk-kapasite ilişkisi	111
Şekil 2.38. Genel kuyruk sistemi	115
Şekil 2.39. Kuyruk düzenleri	118
Şekil 2.40. Görüntü işleme sistem yapısının blok şeması	132

Şekil 2.41. Analog görüntünün örneklenmesi ile elde edilen sayısal görüntü ... 134
Şekil 2.42. Sayısal görüntü pikselleri ve piksel değerleri ... 135
Şekil 2.43. İkili resim (binary image) ... 136
Şekil 2.44. RGB uzayına göre renklerin oluşturulması ... 136
Şekil 2.45. Uzaysal çözünürlük ... 137
Şekil 2.46. Görüntü operasyonları ... 138
Şekil 2.47. Komşuluk ilişkileri temel örnekleme yöntemleri ... 138
Şekil 2.48. Görüntü filtreleme ... 139
Şekil 2.49. Histogram ... 139
Şekil 2.50. Histogram eşitlemesi ... 140
Şekil 2.51. Görüntüdeki bozukluklar ve giderme yöntemleri ... 140
Şekil 2.52. Görüntü işleme aşamaları ... 141
Şekil 2.53. Görüntü işleme teknikleri ... 142
Şekil 2.54. Komşu piksellerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ... 143
Şekil 2.55. Matlab arayüzü ... 146
Şekil 2.56. Matlab'da ikili resim (binary image) oluşturulması ... 148
Şekil 2.57. Matlab'da görüntü sınırlarının belirlenmesi ... 149
Şekil 2.58. Görüntüye adapthisteq ve histeq uygulanması ... 151
Şekil 2.59. Görüntüye medyan ve wiener filtresi uygulanması ... 152
Şekil 2.60. Görüntünün morfolojik işlemlerden geçirilmesi ... 154
Şekil 2.61. Görüntüye imfill komutu uygulanarak açıkların doldurulması ... 154
Şekil 2.62. Morfolojik işlemler yapılan ikili resme uygulanan maske çeşitleri ... 155
Şekil 2.63. Kişi sayma algoritması ... 162
Şekil 2.64. Arkaplan tahmini algoritması ... 166
Şekil 2.65. Arkaplan çıkarımı ve segmantasyonu ... 167
Şekil 2.66. Her pikselin yoğunluk değeri varsayımı için Gauss dağılımı ... 168
Şekil 2.67. İkili görüntüye aşındırma fiziksel operasyonu uygulanması ... 170
Şekil 2.68. İkili görüntüye genleşme fiziksel operasyonu uygulanması ... 170
Şekil 2.69. Segmantasyon işlem aşamaları ... 171
Şekil 2.70. Bitişik pikseller için iki bağlantı kuralı ... 172
Şekil 2.71. Blob analizi ile takip işlemi yapılması ... 173
Şekil 2.72. Kalman filtresi ile hareket tahmini ... 175
Şekil 2.73. Döngüsel hesaplamalar ... 178
Şekil 2.74. Sanal bir hat üzerinde sayım örneği ... 180
Şekil 3.1. IATA tarafından tanımlanmış master planı ... 181
Şekil 3.2. Süleyman Demirel Havalimanı uydu görüntüsü ... 183
Şekil 3.3. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası ... 183
Şekil 3.4. Süleyman Demirel Havalimanı uçak temizlik ve bakım hangarı ... 184
Şekil 3.5. Süleyman Demirel Havalimanı yolcu orjini (Temmuz, 2014) ... 185
Şekil 3.6. Süleyman Demirel Havalimanı yolcu profili (Temmuz, 2014) ... 185
Şekil 3.7. Süleyman Demirel Havalimanı iç hat yolcu sayısı ... 186
Şekil 3.8. Süleyman Demirel Havalimanı dış hat yolcu sayısı ... 187
Şekil 3.9. Süleyman Demirel Havalimanı iç ve dış hat toplam yolcu sayısı ... 188
Şekil 3.10. Süleyman Demirel Havalimanı ay yoğunlukları ... 188
Şekil 3.11. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası plan şeması ... 191
Şekil 3.12. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası iç mekânı ... 192
Şekil 3.13. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası bekleme salonu 192

Şekil 3.14. Süleyman Demirel Havalimanı yolcu şikâyetleri 193
Şekil 3.15. Antalya Havalimanı uydu görüntüsü 194
Şekil 3.16. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminal binası 195
Şekil 3.17. Antalya Havalimanı gelen yolcuların milliyetlerine göre dağılımı 196
Şekil 3.18. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali yolcu profili 197
Şekil 3.19. Antalya Havalimanı iç hatlar yolcu seyahat amaçları (Ağustos, 2014) 197
Şekil 3.20. Antalya Havalimanı iç hatlar yolcu seyahat biçimleri (Ağustos, 2014) 198
Şekil 3.21. Antalya Havalimanı iç hatlar yolcu seyahat sıklıkları (Ağustos, 2014) 199
Şekil 3.22. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu profili (Ağustos, 2014) 200
Şekil 3.23. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu seyahat amaçları (Ağustos, 2014) 200
Şekil 3.24. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu seyahat sıklıkları (Ağustos, 2014) 201
Şekil 3.25. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu seyahat biçimleri (Ağustos, 2014) 201
Şekil 3.26. Antalya Havalimanı iç hat yolcu sayısı 202
Şekil 3.27. Antalya Havalimanı dış hat yolcu sayısı 203
Şekil 3.28. Antalya Havalimanı iç ve dış hatlar toplam yolcu sayısı 204
Şekil 3.29. Antalya Havalimanı yolcu dağılımları 204
Şekil 3.30. Antalya Havalimanı iç hatlar ay yoğunlukları 205
Şekil 3.31. Antalya Havalimanı dış hatlar ay yoğunlukları 206
Şekil 3.32. Antalya Havalimanı ay yoğunlukları 206
Şekil 3.33. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali 209
Şekil 3.34. Antalya Havalimanı terminal lokasyonu 210
Şekil 3.35. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu planı 212
Şekil 3.36. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali, 2. kat arındırılmış salon planı 213
Şekil 3.37. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali, zemin kat gelen yolcu salonu planı 213
Şekil 3.38. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu planı 213
Şekil 3.39. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, 2. kat arındırılmış salon planı 214
Şekil 3.40. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, 1. kat gelen yolcu salonu, pasaport kontrol 214
Şekil 3.41. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, zemin kat gelen yolcu salonu, bagaj alım yeri 214
Şekil 3.42. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu planı 215
Şekil 3.43. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu, servis kapısı alanı 215
Şekil 3.44. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, asma kat giden yolcu salonu planı 216

Şekil 3.45. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, 1. kat giden yolcu salonu planı 216
Şekil 3.46. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, 2. kat giden yolcu arındırılmış salon planı 217
Şekil 3.47. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, zemin kat gelen yolcu salonu, bagaj teslim yeri 217
Şekil 3.48. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, 1. kat gelen yolcu salonu, pasaport kontrol 218
Şekil 3.49. Antalya Havalimanı iç hatlar terminal binası iç mekânı 218
Şekil 3.50. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giriş denetim bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014) 219
Şekil 3.51. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu arındırılmış salon derecelendirilmesi (Ağustos, 2014) 219
Şekil 3.52. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali gelen yolcu bagaj alma bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014) 220
Şekil 3.53. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali giriş denetim bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014) 221
Şekil 3.54. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali arındırılmış salon derecelendirilmesi (Ağustos, 2014) 222
Şekil 3.55. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali gelen yolcu bagaj alma bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014) 222
Şekil 3.56. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali pasaport denetim bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014) 223
Şekil 3.57. Antalya Havalimanı gelen yolcu salonu yolcu sayımı 243
Şekil 3.58. Yolcu sayımı arkaplan çıkarımı 243
Şekil 3.59. Hareket rotalarının çizlmesi 245
Şekil 4.1. Arkaplan çıkarımı algoritması 248
Şekil 4.2. Sistemin ana algoritması 249
Şekil 4.3. Süleyman Demirel Havalimanı terminali planu ölçüleri ve alanları 255
Şekil 4.4. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu planı 256
Şekil 4.5. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu eski hâli 258
Şekil 4.6. Süleyman Demirel Havalimanı şerit bariyersiz bilet kontrol bölümü 259
Şekil 4.7. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu eski oturma düzeni 260
Şekil 4.8. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonunda eski oturma düzenine göre serbest dolaşım ve kuyruk oluşumunun kısıtlanması 260
Şekil 4.9. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu mevcut oturma düzeni 261
Şekil 4.10. Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu 264
Şekil 4.11. Süleyman Demirel Havalimanı terminali giden yolcu salonu mevcut oturma düzeni ve kuyruk oluşum yerleri 266
Şekil 4.12. Bilet kontrol bölümü düzeni ve ölçüleri 267
Şekil 4.13. Uçuş günlerine göre yolcuları görsel sayımı ile program sayımı 270
Şekil 4.14. Uçuş nolarına göre giriş denetiminde yapılan sayımlar 271
Şekil 4.15. Uçuş nolarına göre bilet kontrol noktasında yapılan sayımlar 272
Şekil 4.16. Uçuş nolarına göre bekleme alanında yapılan sayımlar 272

Şekil 4.17. Uçuş nolarına göre apronda yapılan sayımlar 273
Şekil 4.18. Uçuş nolarına göre gelen yolcu salonunda yapılan sayımlar 274
Şekil 4.19. Giriş denetimi 1 nolu çekim açısı 275
Şekil 4.20. Giriş denetimi 2 nolu çekim açısı 276
Şekil 4.21. Süleyman Demirel Havalimanı giriş denetimi 278
Şekil 4.22. Yolcuların giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren birleşik grafik 279
Şekil 4.23. Yolcuların 23.07.2014 tarihli 1 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik 282
Şekil 4.24. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014) 283
Şekil 4.25. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014) 284
Şekil 4.26. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014) 284
Şekil 4.27. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014) 285
Şekil 4.28. Yolcuların 24.07.2014 tarihli 2 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik 287
Şekil 4.29. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (24.07.2014) 288
Şekil 4.30. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (24.07.2014) 289
Şekil 4.31. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014) 289
Şekil 4.32. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (24.07.2014) 290
Şekil 4.33. Yolcuların 25.07.2014 tarihli 3 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik 292
Şekil 4.34. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014) 293
Şekil 4.35. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014) 294
Şekil 4.36. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014) 294
Şekil 4.37. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014) 295
Şekil 4.38. Yolcuların 26.07.2014 tarihli 4 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik 297
Şekil 4.39. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014) 298
Şekil 4.40. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014) 299
Şekil 4.41. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014) 299
Şekil 4.42. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014) 300
Şekil 4.43. Giriş denetimi yolcu sayıları, işlem süreleri ve bagaj sayıları 302

Şekil 4.44. Yolcu gruplarının bagaj sayılarına göre işlem sürelerinin ortalamaları 304
Şekil 4.45. Bilet kontrol bölümü çekim açıları 306
Şekil 4.46. Süleyman Demirel Havalimanı bilet kontrol bölümü şerit bariyerleri 307
Şekil 4.47. Bilet kontrol bölümü kuyruk oluşumu 307
Şekil 4.45. Yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren birleşik grafik 309
Şekil 4.49. Yolcuların 23.07.2014 tarihli 1 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik 312
Şekil 4.50. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (23.07.2014) 313
Şekil 4.51. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (23.07.2014) 313
Şekil 4.52. Bilet kontrol bölümü 9 dk'lık yolcu geliş aralıkları (23.07.2014) 314
Şekil 4.53. Yolcuların 24.07.2014 tarihli 2 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik 315
Şekil 4.54. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (24.07.2014) 316
Şekil 4.55. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (24.07.2014) 317
Şekil 4.56. Bilet kontrol bölümü 9 dk'lık yolcu geliş aralıkları (24.07.2014) 317
Şekil 4.57. Yolcuların 25.07.2014 tarihli 3 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik 319
Şekil 4.58. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (25.07.2014) 320
Şekil 4.59. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (25.07.2014) 321
Şekil 4.60. Bilet kontrol bölümü 9 dk'lık yolcu geliş aralıkları (25.07.2014) 321
Şekil 4.61. Yolcuların 26.07.2014 tarihli 4 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik 323
Şekil 4.62. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (26.07.2014) 324
Şekil 4.63. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (26.07.2014) 325
Şekil 4.64. Bekleme alanı çekim açıları 327
Şekil 4.65. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu bekleme ve serbest dolaşım alanları 328
Şekil 4.66. Giden yolcu salonu bilet kontrol bölümüne doğru yolcu hareket aksları 330
Şekil 4.67. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (23.07.2014) 331
Şekil 4.68. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları (Çekim açısı 2) 332
Şekil 4.69. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (24.07.2014) 332

Şekil 4.70. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları ve harekete başlangıç noktaları (Çekim açısı 2, 3 boyutlu görünüm) 333
Şekil 4.71. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (25.07.2014) 334
Şekil 4.72. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları ve harekete başlangıç noktaları (Çekim açısı 1) 334
Şekil 4.73. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (26.07.2014) 335
Şekil 4.74. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanı üzerinde tercih ettikleri hareket aksları (Çekim açısı 1) 337
Şekil 4.75. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (23.07.2014) 338
Şekil 4.76. Bagajlı yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları 338
Şekil 4.77. Bekleme alanındaki yolcuların harekete başlama noktaları..... 339
Şekil 4.78. Bagajlı ve bagajsız yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları..... 340
Şekil 4.79. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (24.07.2014) 340
Şekil 4.80. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (25.07.2014) 341
Şekil 4.81. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (26.07.2014) 341
Şekil 4.82. Serbest ve bagajlı yolcuların ortalama hızlarının kıyaslanması.. 342
Şekil 4.83. 2 nolu kapı kuyruğu çekim açısı..... 344
Şekil 4.84. İç ve dış hat arındırılmış salonlarının plan şeması..... 345
Şekil 4.85. 2 nolu arındırılmış salon kapısı yolcu kuyruğu 346
Şekil 4.86. 2 nolu arındırılmış salon mekân yetersizliği..... 347
Şekil 4.87. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri birleşik grafik..... 348
Şekil 4.88. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (23.07.2014) 349
Şekil 4.89. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (24.07.2014) 351
Şekil 4.90. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (25.07.2014) 352
Şekil 4.91. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (26.07.2014) 354
Şekil 4.92. 2 nolu kapı, yolcu verileri 355
Şekil 4.93. Apron bölgesi kamera çekim açısı 1 356
Şekil 4.94. Apron bölgesi kamera çekim açısı 2 356
Şekil 4.95. Yolcuların apron üzerindeki hareket aksları (Çekim açısı 1) 357
Şekil 4.96. Yolcuların apron üzerinde geçiş aralıklarını gösteren birleşik grafik 358
Şekil 4.97. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (23.07.2014) 359
Şekil 4.98. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (24.07.2014) 359

Şekil 4.99. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (25.07.2014) 360
Şekil 4.100. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (26.07.2014) 361
Şekil 4.101. Gelen yolcu salonu çekim açısı 1, bagaj alım bölümü 363
Şekil 4.102. Gelen yolcu salonu çekim açısı 2, transit geçiş koridoru 364
Şekil 4.103. Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu planı..... 366
Şekil 4.104. Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu hareket aksları 367
Şekil 4.105. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların hareket aksları..... 368
Şekil 4.106. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların hareket rotaları (3 boyutlu, tepeden görünüm) 368
Şekil 4.107. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları birleşik grafik 370
Şekil 4.108. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (23.07.2014) 370
Şekil 4.109. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (24.07.2014) 371
Şekil 4.110. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (25.07.2014) 372
Şekil 4.111. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (26.07.2014) 373
Şekil 4.112. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları birleşik grafiği 374
Şekil 4.113. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (23.07.2014) 375
Şekil 4.114. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (24.07.2014) 375
Şekil 4.115. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (25.07.2014) 376
Şekil 4.116. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (26.07.2014) 377
Şekil 4.117. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali zemin kat planı..... 381
Şekil 4.118. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonu 382
Şekil 4.119. Uçuş nolarına göre bilet kontrol bölümündeki yolcuların program sayımı ile görsel sayımı 385
Şekil 4.120. Zaman dilimlerine göre bekleme alanındaki yolcuların program sayımı ile görsel sayımı 387
Şekil 4.121. Birbirlerine yakın hâlde hareket eden yolcuların sayımı 388
Şekil 4.122. Giden yolcu salonu 1 nolu çekim açısı 389
Şekil 4.123. Giden yolcu salonu 2 nolu çekim açısı 389
Şekil 4.124. Bilet kontrol bölümü düzeni ve ölçüleri..... 391
Şekil 4.125. Bilet kontrol bölümü en uzun kuyruk oluşumu (23.08.2014) .. 392
Şekil 4.126. Yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları, birleşik grafik 393
Şekil 4.127. THY ve Anadolu Jet firmalarına ait uçuşların yolcu geliş grafikleri 397
Şekil 4.128. TK2413 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları..... 399

Şekil 4.129. TK2923 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 400
Şekil 4.130. TK2415 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 401
Şekil 4.131. TK7027 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 403
Şekil 4.132. TK2433 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 404
Şekil 4.133. TK7029 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 406
Şekil 4.134. TK2925 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 407
Şekil 4.135. TK2417 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 409
Şekil 4.136. TK2933 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 410
Şekil 4.137. TK2419 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 412
Şekil 4.138. TK7031 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 413
Şekil 4.139. Atlasjet firmasına ait uçuşların yolcu geliş grafikleri 416
Şekil 4.140. KK2013 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 417
Şekil 4.141. KK4013 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 419
Şekil 4.142. KK4015 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 420
Şekil 4.143. KK015 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları 421
Şekil 4.144. Check-in bariyerleri ile kotuklar arasında kalan hareket koridoru 424
Şekil 4.145. I. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları 425
Şekil 4.146. I. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları 426
Şekil 4.147. II. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları 427
Şekil 4.148. II. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları 427
Şekil 4.149. III. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları 428
Şekil 4.150. III. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları 429
Şekil 4.151. IV. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları 430
Şekil 4.152. IV. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları 430
Şekil 4.153. V. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları 431
Şekil 4.154. V. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları 432
Şekil 4.155. VI. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları 432
Şekil 4.156. VI. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları 433

Şekil 4.157. Bekleme ve serbest dolaşım alanındaki bagajlı ve bagajsız yolcuların hareket hızları ortalamalarının kıyaslanması 436
Şekil 4.158. Yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareket rotaları (Çekim açısı 2)..... 439
Şekil 4.159. Yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki birleşik hareket aksları (VI. zaman dilimi, çekim açısı 2, 3 boyutlu görünüm) 440
Şekil 4.160. VI. zaman dilimi, I. periyot yolcu hareket rotaları..... 441
Şekil 4.161. VI. zaman dilimi, II. periyot yolcu hareket rotaları 442
Şekil 4.162. VI. zaman dilimi, III. periyot yolcu hareket rotaları..... 442
Şekil 4.163. Yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareket rotaları (Çekim açısı 1) 443
Şekil 4.164. Frontal tip yolcu kabul eden bilet kontrol bölümü ebatları (SHGM, 2010) 448
Şekil 4.165. Serbest dolaşım alanı uçuş sayısına göre hizmet seviyesi değişimleri 452
Şekil 4.166. Bagaj teslim alma sistemi (SHGM, 2010) 455

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Uluslararası havacılık kuruluşları	7
Çizelge 2.2. ICAO havalimanları referans kodları	8
Çizelge 2.3. ABD havalimanları sınıflandırılması	8
Çizelge 2.4. AB havalimanları sınıflandırılması	9
Çizelge 2.5. SGHM havalimanları sınıflandırılması	10
Çizelge 2.6. ICAO standart pist genişlikleri	16
Çizelge 2.7. ICAO standartları taksi yolu genişlikleri	17
Çizelge 2.8. Taksi yolu ve pist ayrım standartları	18
Çizelge 2.9. Terminal binası mekân ilişkileri	27
Çizelge 2.10. Arındırılmış salon mekân ihtiyaçları	47
Çizelge 2.11. 1985-1990 yılları arasında 15 dakikadan daha fazla uçuş gecikmelerinin nedenleri	76
Çizelge 2.12. 1987-1990 yılları arasında uçuşun her bir safhasındaki ortalama gecikme	77
Çizelge 2.13. Havaalanı yolcu terminalleri için hizmet standartlarının seviyesi, buradaki oranlar (m^2/kişi)	101
Çizelge 2.14. Terminal giden yolcu bölümünde kapasiteyi etkileyen faktörler	103
Çizelge 2.15. Terminal gelen yolcu bölümünde kapasiteyi etkileyen faktörler	104
Çizelge 2.16. Hız–yoğunluk ilişkisi çalışmaları	112
Çizelge 2.17. Hız–yoğunluk çalışmaları	113
Çizelge 2.18. Yaş gruplarına göre hız dağılımı	114
Çizelge 2.19. Araştırmacıların hizmet düzeyi standartları (m^2/yaya)	114
Çizelge 2.20. Simülasyon modelleri karşılaştırması	126
Çizelge 2.21. Doğrusal filtreleme komutları	152
Çizelge 2.22. Kişi sayma sistemleri üreten firmalardan bazıları	157
Çizelge 2.23. Tahmin ve düzeltme denklemleri	177
Çizelge 3.1. Süleyman Demirel Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafiği	189
Çizelge 3.2. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası genel özellikleri	190
Çizelge 3.3. Antalya Havalimanı pik gün, pik saat saat yolcu trafiği	207
Çizelge 3.4. Antalya Havalimanı iç hatlar terminal binası genel özellikleri	211
Çizelge 3.5. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminal binası genel özellikleri	211
Çizelge 3.6. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminal binası genel özellikleri	212
Çizelge 3.7. Süleyman Demirel Havalimanı "A" sertifikası kriterleri	227
Çizelge 3.8. Antalya Havalimanı "A" sertifikası kriterleri	229
Çizelge 3.9. SGHM'nün sertifikalandırdığı havalimanları	230
Çizelge 4.1. Antalya Havalimanı ve Süleyman Demirel Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafikleri	251
Çizelge 4.2. Süleyman Demirel Havalimanı inceleme zamanları ve uçuş bilgileri	252
Çizelge 4.3. Süleyman Demirel Havalimanı 23.07.2014 - 26.07.2014 tarihleri arası uçuş programı	253

Çizelge 4.4. Giden yolcu salonu doluluk oranları 262
Çizelge 4.5. Gelen yolcu salonu doluluk oranları 265
Çizelge 4.6. Terminal içindeki birimlerde günlere göre sayılan yolcular ve sayım süreleri 268
Çizelge 4.7. Giriş denetimi yolcu geçiş aralıkları ve yolcu/süre (sn) oranı 280
Çizelge 4.8. 2 nolu uçuşun yolcu sayısı baz alınarak oluşturulmuş yolcu geçiş aralıkları ve yolcu/ süre (sn) oranı 281
Çizelge 4.9. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (23.07.2014) 286
Çizelge 4.10. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (24.07.2014) 291
Çizelge 4.11. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (25.07.2014) 296
Çizelge 4.12. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (26.07.2014) 301
Çizelge 4.13. Bilet kontrol bölümü azami kuyruk uzunlukları (23.07.2014-26.07.2014) 308
Çizelge 4.14. Bilet kontrol bölümü yolcu geliş aralıkları ve yolcu/süre (sn) oranı 310
Çizelge 4.15. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (23.07.2014) 314
Çizelge 4.16. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (24.07.2014) 318
Çizelge 4.17. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (25.07.2014) 322
Çizelge 4.18. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (26.07.2014) 325
Çizelge 4.19. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların ortalama hızları ve toplam yolcu sayıları 336
Çizelge 4.20. Bagajlı yolcuların ortalama hızları ve yolcu sayıları 342
Çizelge 4.21. 2 nolu kapı, yolcu verileri 353
Çizelge 4.22. Apron yolcu geçiş aralıkları, ortalama süreleri ve yolcu sayısı 361
Çizelge 4.23. Gelen yolcu salonu bagajlı ve bagajsız yolcu yüzdeleri 369
Çizelge 4.24. Gelen yolcu salonu, bagajlı yolcu geçiş aralıkları ve yolcu/süre oranı 373
Çizelge 4.25. Gelen yolcu salonu, bagajsız yolcuların geçiş aralıkları ve yolcu/süre oranı 377
Çizelge 4.26. Antalya Havalimanı inceleme zamanları ve uçuş programı 380
Çizelge 4.27. Bilet kontrol bölümünde sayılan yolcular ve toplam sayım süreleri 384
Çizelge 4.28. Bekleme ve sebest dolaşım alanındaki yolcu sayımları ve süreleri 386
Çizelge 4.29. Bilet kontrol bölümü en uzun kuyruk oluşumu (23.08.2014) 392
Çizelge 4.30. Bilet kontrol bölümü yolcu geliş aralıkları ve yolcu/süre (sn) oranı 394
Çizelge 4.31. KK4015 uçuşu yolcu sayısı baz alınarak oluşturulmuş, yolcu geliş aralıkları ve yolcu/süre oranı 396
Çizelge 4.32. THY ve Anadolu Jet firmalarına ait uçuşların bilet kontrol bölümü, yolcu geliş aralıkları ortalamaları ve yolcu/süre (sn) oranı 414

Çizelge 4.33. Atlasjet firmasına ait uçuşların bilet kontrol bölümü, yolcu geliş aralıkları ortalamaları ve yolcu/süre (sn) oranı..... 422
Çizelge 4.34. Bekleme ve serbest dolaşım alanında, belirlenmiş zaman aralıklarına göre bagajlı ve bagajsız yolcular..... 425
Çizelge 4.35. Bagajlı ve bagajsız yolcuların bekleme alanı içindeki ortalama hızları ve toplam yolcu sayıları..... 434
Çizelge 4.36. Bilet kontrol bölümü uçuşlara göre yolcu/süre oranları ile bagajlı yolcuların ortalama hızları kıyası..... 435
Çizelge 4.37. IATA hizmet düzeyi, statik kapasite standartları (m^2/yolcu) . 444
Çizelge 4.38. Süleyman Demirel Havalimanı giriş denetimi hizmet düzeyleri..... 446
Çizelge 4.39. Tek kuyruk bilet kontrol bölümü için hizmet seviyesi alan standartları (m^2/işgal eden kişi)..... 447
Çizelge 4.40. Süleyman Demirel Havalimanı bilet kontrol bölümü hizmet düzeyleri..... 448
Çizelge 4.41. Antalya Havalimanı bilet kontrol bölümü hizmet seviyeleri ... 449
Çizelge 4.42. Hizmet seviyesi "C" için alan ve hız..... 450
Çizelge 4.43. Süleyman Demirel Havalimanı bekleme ve serbest dolaşım alanı hizmet seviyeleri..... 451
Çizelge 4.44. Antalya Havalimanı bekleme ve serbest dolaşım alanı hizmet seviyeleri..... 452
Çizelge 4.45. Bekleme odalarında hizmet seviyesi..... 453
Çizelge 4.46. 2 nolu arındırılmış salon girişi hizmet düzeyleri..... 453
Çizelge 4.47. 2 nolu arındırılmış salon azami işgal oranları ve hizmet seviyeleri..... 454
Çizelge 4.48. Bagaj teslim alma ünitesi için hizmet seviyesi (Geri alma ve periferal alanı)..... 455
Çizelge 4.49. Bagaj alım yeri hizmet düzeyleri..... 456
Çizelge 4.50. Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı, terminal birimleri hizmet seviyeleri..... 456

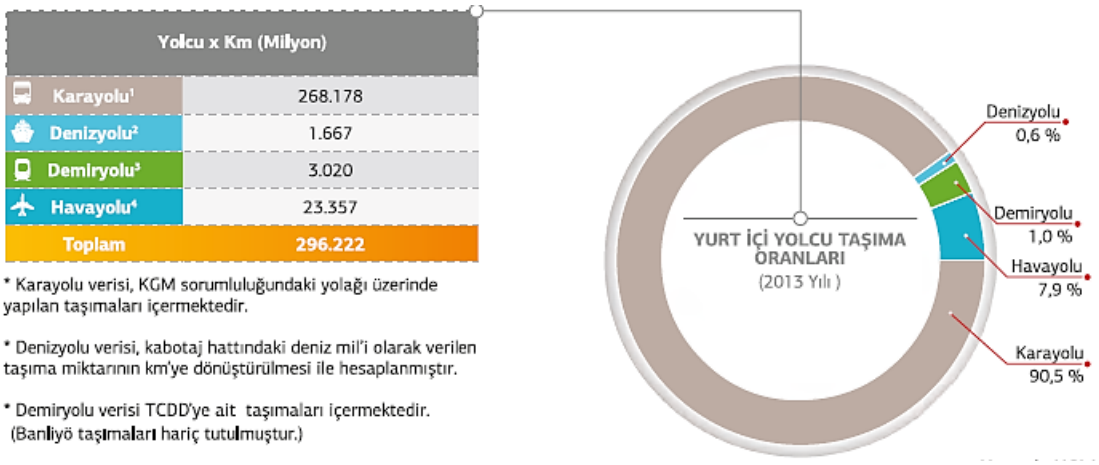
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACAP	Yolcu Akış Analizi Modeli
ACI	Uluslararası Havalimanları Konseyi
ALSIM	Havalimanı Kara Tarafı Simülasyon Modeli
ANCAT	Hava Ulaşım Zararlarını Azaltma Uzman Grubu
ATAG	Hava Taşımacılığı Eylem Grubu
BAA	Britanya Havayolları Yıllığı
CAEP	Havacılık Çevre Koruma Komitesi
CAST	Yolcu Terminali Simülasyon Programı
CUTE	Ortak Kullanım Terminal Ekipmanı
DEA	Veri Zarflama Analizi
DHMİ	Devlet Hava Meydanları İşletmeciliği
DHL	Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EASA	Avrupa Uçuş Eminyeti Ajansı
ECAC	Avrupa Sivil Havacılık Konferansı
ENCOM	Çevre Komitesi
FAA	Federal Havacılık Dairesi
GASP	Genel Faaliyet Simülasyon Programı
GPSS	Genel Amaçlı Simülasyon Sistemi
IATA	Uluslararası Hava Taşımacılğı Birliği
ICAO	Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
JAA	Avrupa Havacılık Otoriteler Birliği
RGB	Kırmızı, Yeşil, Mavi Renk Uzayı
OJEU	Official Journal of the European Union
SHGM	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SLAM	İleri Seviye Simülasyon Programı
TRBNRC	Transportation Research Board National Research Council
USHT	Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı

1. GİRİŞ

Küreselleşme ile birlikte dünyadaki ticaret hacminin hızla artması, ulaşım sektörünü bugün dünya ekonomisinin en önemli aktörlerinden biri hâline getirmiştir. Buna paralel olarak havacılık sektörü de hızla gelişmekte, uluslararası bütünleşmede büyük rol oynamakta, hatta öncülük etmektedir. Küresel ölçekte yaşanan tüm bu gelişmeler, Türkiye'de de sektörün hızla büyümesini beraberinde getirmiş ve hava ulaşımı, ekonomik büyümede artarak önem kazanan ulaşım modlarından biri haline gelmiştir.

Şekil 1.1'de ulaşım modları itibariyle 2013 yılı yurt içi yolcu taşıma oranları gösterilmiştir.



Yolcu x Km (Milyon)	
Karayolu[1]	268.178
Denizyolu[2]	1.667
Demiryolu[3]	3.020
Havayolu[4]	23.357
Toplam	296.222

* Karayolu verisi, KGM sorumluluğundaki yolağı üzerinde yapılan taşımaları içermektedir.

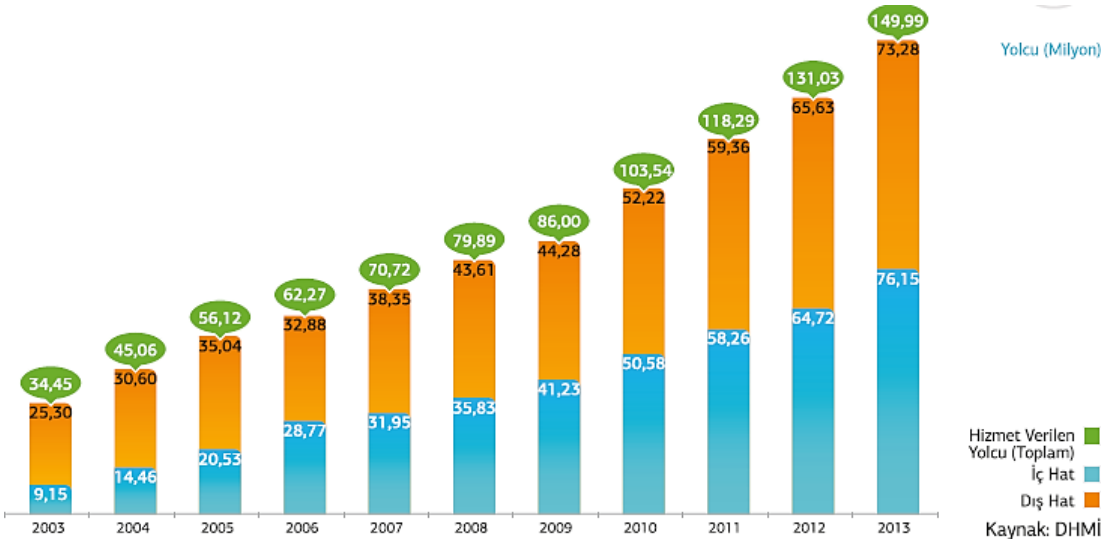
* Denizyolu verisi, kabotaj hattındaki deniz mil'i olarak verilen taşıma miktarının km'ye dönüştürülmesi ile hesaplanmıştır.

* Demiryolu verisi TCDD'ye ait taşımaları içermektedir. (Banliyö taşımaları hariç tutulmuştur.)

Şekil 1.1. Ulaşım modları itibariyle yurtiçi yolcu taşıma oranları -2013 (Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2003-2013 İstatistik Yıllığı)

2013 yılı itibariyle havayolu taşımacılığı 7.9% oranı ile yurtiçi yolcu taşımacılığında karayolu yolcu taşımacılığından sonra ikinci sırada yer almaktadır.

Hava ulaşımının geliştirilmesi, sanayinin büyümesini, uluslararası ticaretin genişlemesini ve insanların daha hızlı ve kolay seyahat etmesini sağlamaktadır. 2014 yılsonu itibariyle tarifeli uçuş yapan havalimanı sayısı 53'dür. Havayolu işletmeleri koltuk kapasitesi son 10 yılda 141% oranında artmıştır. Bununla birlikte son 10 yıldaki havalimanları yolcu trafiği Şekil 1.2'de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.2. Havalimanları yolcu trafiği 2003-2013 (DHMİ, 2014)

2014 yılsonu itibariyle havalimanları toplam yolcu trafiği 166 milyona ulaşmıştır. Son 11 yılda havalimanları toplam yolcu trafiğinde yaklaşık 80% oranında artış gerçekleşmiştir. 2003 yılında başlatılan Bölgesel Havacılık Projesi ile çapraz uçuşların canlandırılması sonucunda gerek taşınan yolcu sayısında gerekse uçuş sayısında önemli artışlar gerçekleşmiştir. Son 11 yıldaki yolcu hacmindeki büyüme dikkate alındığında, önümüzdeki 10 yılda oluşabilecek yolcu taleplerini karşılanabilmesi, günümüzde havacılık sektörüne yapılan yatırımların gerekliliğini gözler önüne sermektedir.

2014 yılı ulaştırma yatırımları sektörel dağılımına bakıldığında, sivil havacılık yatırımları 10.2 milyar TL ile 5% düzeyinde, karayolu ve demiryolu yatırımlarından sonra 3. sırada yer almaktadır.

Havacılık sektörü yatırımlarında en önemli aktör, şüphesiz havalimanları yatırımlarıdır. Önümüzdeki yıllarda artacak yolcu taleplerinin karşılanması, havalimanlarında yapılacak nitelikli yatırımlarla mümkün olabilecektir. Teknolojik altyapı sistemleriyle beraber havalimanları tesislerine yapılacak yatırımlar oluşacak talep/kapasite dengesinin en verimli şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

Ülkemizde terminal tasarımı ve hizmet seviyesi, güncel bir konudur fakat kapasite konusu genellikle ihmâl edilmektedir. Havalimanı kapasitesi ve analizi hususunda IATA (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği) uluslararası görevi düzeyde üstlenmiştir. Ülkemizde bu görevi tam anlamıyla üstlenen bir kurum bulunmadığından dolayı, terminallerde kapasite sorunu oluşmakta ve terminal tesisleri düzenli işleyememektedir.

Terminal tasarımının en önemli belirleyicileri yolculardır. Maalesef, terminaller her zaman yolcu tutumlarını ve kullanıcı ihtiyaçlarını dikkate alacak şekilde tasarlanmamıştır. Çoğunlukla temel estetik yaklaşımları temsil eden terminal yapıları tercih edilerek, gerekli kapasiteye sahip olmayan ve kullanıcılarına düşük hizmet seviyelerini tecrübe ettiren, talebi karşılayabilmek adına pahalı alt sistemler karmaşıklığına sebep olunmaktadır.

Son yıllarda görüntü işleme teknolojilerinin gelişmesiyle beraber yolcu hareketleri analizi, birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle insan orjinli sektörlerde, yaya davranış analizi büyük önem kazanmaktadır. Özellikle havalimanı gibi yerlerde insanların mekânlar arasındaki hareketleri, tasarım kriterlerinin belirlenmesinde etkin rol almaktadır. Bu sebeple terminal birimlerinde oluşan yolcu hareketlerinin oluşturduğu taleplerin ve bu taleplere karşılık mekânın hizmet seviyelerinin belirlenebilmesi için Matlab altyapısında, hareket tabanlı çoklu yolcu takibi ve sayımı programı geliştirilmiştir. Geliştirilen program aracılığıyla, terminal mekânlarında programın formatına uygun şekilde alınan kaynak videolar ile yolcuların sayısı, hareket güzergâhları, hareket hızları vb. hareket karakteristikleri belirlenebilmektedir. Elde edilen veriler kapasite analizinde kullanılarak, terminal tesislerinin hizmet düzeyleri belirlenebilmektedir.

Çalışmada, terminal fonksiyonlarının incelenerek sorunlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Mevcut talepler doğrultusunda terminal birimlerinin hizmet düzeyleri belirlenmiştir. Hizmet düzeylerinin sınır durumlarına göre terminal fonksiyonlarının sorunlarına çözüm bulmak amaçlanmıştır. DHMİ (Devlet Havalimanları Meydanları İşletmeciliği) ile yapılan görüşmeler ve alınan izinler

doğrultusunda farklı ölçekteki iki havalimanı olan Isparta Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı'nda yapılan analizler için gerekli uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda giriş denetiminden başlayarak; bilet kontrol bölümü, bekleme ve serbest dolaşım alanı, arındırılmış salon ve girişi, gelen yolcu salonu ve apron bölümlerinde yolcu faaliyetleri incelenerek, yolcu sayımı, geçiş aralıkları, hareket hızları gibi gerekli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanı ve bilet kontrol alanlarında hareket aksları belirlenmiştir.

Antalya Havalimanı'nda alınan izinler doğrultusunda bilet kontrol bölümü ve serbest dolaşım alanlarında belirli saatler aralığında çalışmalar gerçekleştirilebilmiştir.

Yapılan uygulamaların yanısıra yolcuların terminal fonksiyonları ile ilgili memnuniyet düzeylerinin belirlenmesi amacıyla anketler yapılmıştır.

Birinci bölümünde çalışmanın bütünü ile ilgili genel bilgiler verilmiş, havalimanlarında kapasiteye etken durumlardan bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, kaynak bilgisi verilmiştir. Havalimanı kısımları, bölümlerin her birinin kapasitelerini etkileyen faktörler anlatılmıştır. Yolcu terminalindeki yolcu işlemleri ve bagaj işlemleri anlatılmıştır. Terminal kapasitesi hesaplama yöntemleri ve havaalanı kara tarafı kapasitesi ve hizmet düzeyi hakkında ayrıntılar verilmiştir. Havaalanı kapasite yetersizliğine karşı alınabilecek çözüm önerileri anlatılmıştır. Yaya hareketlerinin planlamaya etkileri ve kuyruk teorisi temelleri açıklanmıştır. Programın altyapısını oluşturan görüntü işleme temel kavramları ve bileşenleri anlatılmıştır. Uygulamaların esasını teşkil eden kişi sayma uygulamasının altyapısı açıklanarak kullanılan fonksiyonlar detaylandırılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, kullanılan materyal ve yöntemler anlatılmıştır. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı'nın genel bilgileri verilmiştir. Güncel istatistikler ve mevcut durumları analiz edilmiştir. Materyal kısmının sonunda iki havalimanının mevcut durumlarının genel değerlendirilmesi yapılmıştır. Yöntem bölümünde, havalimanı yolcu kapasitesi belirleme ve kapasite analizine veri teşkil eden; sayım, yolcu güzergâh analizi ve yolcu hareket hızları gibi değerleri tespit etmede kullanılacak yöntemler açıklanmıştır. Bu yöntemlerin çalışma biçimleri, kullanılma şekilleri vb. gibi hususlarda anlatımlar yapılmıştır. Program kaynak kodlarının açıklanması bu bölümde gerçekleşmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, araştırma bulguları ve tartışma verilmiştir. Sayımların nasıl yapıldığı, havalimanlarının analizi ve hareket tabanlı çoklu yolcu takibi ve sayımı algoritmaları hakkında bilgiler verilmiştir. İlgili havalimanlarında hareket tabanlı çoklu yolcu takibi ve sayımı programı kullanılarak terminal birimlerinin en yoğun dakika talepleri tespit edilip, mevcut talepler doğrultusunda hizmet düzeyleri belirlenmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde, sonuç ve öneriler verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kaynak özetlerinin birinci kısmında havalimanı birimleri ve kapasitesi hakkında bilgiler verilmiştir. Havalimanı yolcu terminalinde yapılan işlemler; yolcu işlemleri ve bagaj işlemleri olarak sınıflandırılabilinir. Bu işlemlerin kapasiteyi nasıl etkileyebildiği incelenmiştir.

2.1. Havalimanları

Havaalanı; yolcu ve uçak trafiğinin düzenlenmesi için gerekli binaları, uçakları uçuşa hazırlamak için gerekli altyapıları kapsayan ve uçakların iniş ve kalkışını sağlamak için özel şekilde düzenlenmiş alandır. Bir diğer tanımla, karada ya da suda, içerisindeki bina, tesis ve donanımlar ile birlikte, uçakların iniş, kalkış ve yer hareketlerini yaparken kullanabilmeleri amacı ile belirlenmiş sahalardır. Aynı zamanda demiryolu ve karayolu gibi yer taşımacılığı ile havayolu taşımacılığı arasında değişimin yaşandığı yerlerdir.

Havalimanları dünyadaki en ilgi çekici yapılarındandır. Özellikle dış hatlara izin veren havalimanları, yolcular için ülkenin ilk izlenimi niteliğindedir. Böyle hassas öneme sahip yapıların ciddi şekilde planlanması gerekmektedir.

Havalimanları bulunduğu lokasyona ulaşım sistemiyle başlayan ve hava taşıtının pistten ayrılmasına kadar devam eden karmaşık sistemler bütünüdür. Bu sebeble bünyesinde birçok karmaşık fonksiyonel yapıyı ihtiva etmektedir. Bu sistemlerin oluşturduğu karmaşıklıkları ortadan kaldırabilmek için birçok uluslararası kurum belirli standartlar oluşturmuşlardır.

Havalimanları bu standartlar dikkate alınarak planlanır. Bu standartları belirleyen kurumlar başlıca IATA, FAA, ICAO, EUROCONTROL ve ACI'dır. Bu kurumlar sivil havacılık sistemlerine yön vermektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Uluslararası havacılık kuruluşları (Durmaz, 2008)

KURUMLAR	İŞLEVLERİ
ICAO –Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (1944)	Sivil havacılığın her sahasına ilişkin uluslararası standart ve kurallar belirler ve uygulanmasını sağlar
FAA –Federal Havacılık Dairesi (1958)	ABD'de sivil havacılık faaliyetlerine bağlı olarak çevre ve insan sağlığını koruyacak yasalar düzenler ve politikalar belirler. NASA ve CEAP ile müşterek çalışır
CAEP –Havacılık Çevre Koruma Komitesi (1983)	ICAO'nun çevre faaliyetlerini yürütmektedir.
IATA –Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (1945)	Havacılık işlemleri arasında işbirliği sağlar, ticari ve siyasal sorunlara çözüm üretir
ACI –Uluslararası Havalimaları Konseyi (1991)	Üye havalimanları, hükümetler, havayolları arasında işbirliği sağlar, havalimanları yönetimlerini profesyonelleştirir
ATAG –Hava Taşımacılığı Eylem Grubu (1990)	Hava taşımacılığında altyapı yatırımlarını çevre konusunu dikkate alarak düzenler
EASA –Avrupa Uçuş Emniyet Ajansı (2002)	AB içinde sivil havacılık kurallarını düzenler, AB ülkelerinin standartlarını tek çatı altında toplar
JAA –Avrupa Havacılık Otoriteler Birliği (1970)	Avrupa'da yüksek rekabet ortamı oluşturur, sürdürülebilir emniyet standartları belirler
ECAC –Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (1955)	Emniyetli, verimli, sürüdürülebilir Avrupa ulaşım sisteminin gelişmesini sağlar
ANCAT –Hava Ulaşım Zararlarını Azaltma Uzman Grubu (1974)	Çevre faaliyetlerini yürütür. ICAO'nun dünya çapındaki faaliyetlerini bölgesel yapar
ENCOM –Çevre komitesi (2005)	Havacılık çevre stratejilerini geliştirir

Bu kurumların belirlediği standartlar dâhilinde kabuller yapılarak planlamalar oluşturulur.

2.1.1. Havalimanları sınıflandırılması

Havacılığın yeni ve ilkel olduğu 1920'lerde havayolu taşımacılığı zenginlere yönelikti. Fakat koşullar birinci sınıftan çok uzaktı. Havacılık teknolojilerinin

gelişmesi ve pervaneli uçakların yerini Jumbo jetlerin almasıyla birlikte havaalanlarının hava ve kara tarafı bileşenlerinin bu teknolojilere paralel bir şekilde gelişmesi gerekti. Bu sebeplerle Dünya'daki havalimanlarının çeşitli parametreler ile sınıflandırılmaya başlanması bu yenilikle ile gerçekleşmiştir. Dünya'daki farklı havaalanları değişik faktörler ile birbirinden ayrılır. ICAO'nun Annex -14 ile müşterek yapmış olduğu çalışmanın özeti Çizelge 2.2' de verilmiştir.

Çizelge 2.2. ICAO havalimaları referans kodları (ICAO, 2004)

Kod No	Kod Harfi	Hava Aracı Pist Referans Uzunlığu (metre)	Kanat Genişliği (metre)	Tekerlek Dış Kenarları Arasındaki Mesafe (metre)
1	A	<800 m	<15 m	<4,5 m
2	B	800 -1200 m	15 -24 m	4,5-6 m
3	C	1200 -1800 m	24 -36 m	6-9 m
4	D	>1800 m	36 -52 m	9-14 m
n/a	E		52 -65 m	9-14 m
n/a	F		65 -80 m	14-16 m

Çizelge 2.2' de mevcut pist uzunluğu, havalimanının kullanılması beklenen en büyük uçağın kanat genişliği ve tekerlek dış kenar arasındaki mesafe, referans kodu ve kod no ise havalimanı meydanı ile onu kullanacak uçaklar arasındaki bağıntıyı kurmak için kullanılır (ICAO, 2004).

FAA (1982), ABD havacılık sektöründe kullanılmak üzere Çizelge 2.3' te gösterilen standartları hazırlamıştır.

Çizelge 2.3. ABD havalimanları sınıflandırılması (FAA, 1982)

Yolcu Sayısı (yıllık)	Havalimanı Türü
<2500	Genel havacılık havalimanları
500.000-1.000.000	Ticari hizmet veren havalimaları
>1.000.000	Birincil (primary) havalimanları

ABD'de belirlenmiş standartlar bulunurken, AB ülkelerinde standart sınıflandırma yoktur ancak, Avrupa Parlementosu Komisyonunun 01.08.2003 tarihli raporuna göre, yolcuların odak oluşturduğu havalimanlarını Çizelge 2.4' te kategorize edilmiştir.

Çizelge 2.4. AB havalimanları sınıflandırılması (OJEU, 2003)

Yolcu Sayısı (yıllık)	Havalimanı Türü
<15.000	Kategori 0
15.000 -150.000	Kategori 1
150.000 -1.500.00	Kategori 2
>1.500.000	Kategori 3

AB havalimanları sınıflandırma yöntemleri ile ABD havalimanları sınıflandırma yöntemleri farklı olduğundan bu iki sınıflandırma birbirinden farklı düşünülmelidir.

Türkiye'de havalimanları sınıflandırılması Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nce yayımlanan "Hava Alanı Yapım, İşletim ve Sertifikalandırma Yönetmeliği" SHY14-a'da havaalanlarını sınıflandırılarak 3 kategoride neleri kapsadığı belirtilmiştir.

Küçük havalimanı, Çizelge 2.2'de kod numarası 1, 2 ve kod harfi A,B,C olarak belirlenen uçak referans baz uzunluğu 1200 m'den küçük olan havalimanıdır. (DLH, 2007)

Orta büyüklükteki havalimanı, Çizelge 2.2'de kod numarası 3 olan, kod harfi A,B,C,D olarak tariflenen, uçak referans baz uzunluğu 1200 ile 1800 m arasında olan havalimanıdır. (DLH, 2007)

Büyük hava alanı, Çizelge 2.2'de kod numarası 4 olan, kod harfi C,D,E,F olarak tariflenen, uçak referans baz uzunluğu 1800 m'den büyük olan hava alanıdır.

Havalimanı trafik kapasitesine göre apron ve taksi yollarını içeren büyük hava alanları, orta ve büyük gövdeli uçakların değişik hava koşullarında aletli (IFR) iniş ve kalkış yapabilecekleri, ICAO tarafından yayımlanan EK-2, 3, 9, 10, 11, 14, 15 ile 17'nin ve bunlara ilişkin yayımlanan dokümanların son şeklinde belirtilen tüm standart ve tavsiyelere uygun iç ve dış hat trafiğine müsait alt ve üst yapı kriterleri ile hava alanının seçilmiş kategorisine göre aydınlatma, sinyalizasyon ve uçuş güvenliği gibi elektronik ve seyrüsefer sistemlerine sahip ve bulunduğu

yerleşim bölgesinin gelişimine göre büyüme potansiyeli olan hava alanıdır. (DLH, 2007)

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün 21.10.2006 tarihli Havalimanı Terminal İşletmeciliği raporunda terminal binalarıyla birlikte havalimanı sınıflandırması yapılmıştır. Bu sınıflandırma yıllık yolcu kapasitesi temel alınarak oluşturulmuş ve Çizelge 2.5' te gruplandırılmıştır.

Çizelge 2.5. SGHM havalimanları sınıflandırılması (SGHM,2006)

Yıllık Terminal Yolcu Kapasitesi	**Grubu**
>3.000.000	A
<3.000.000	B
Sivil –askeri müşterek kullanılan yolcu terminalleri ve sivil tesisler ihtiva eden	C
Ulaştırma Bakanlığı tarafından özel amaçlar için işletilen	D

Sınıflandırma yapılmasına rağmen IATA, ICAO, FAA gibi teşkilatların belirlediği standartlar referans alınarak tasarım, planlama ve kapasite analizi yapılmaktadır.

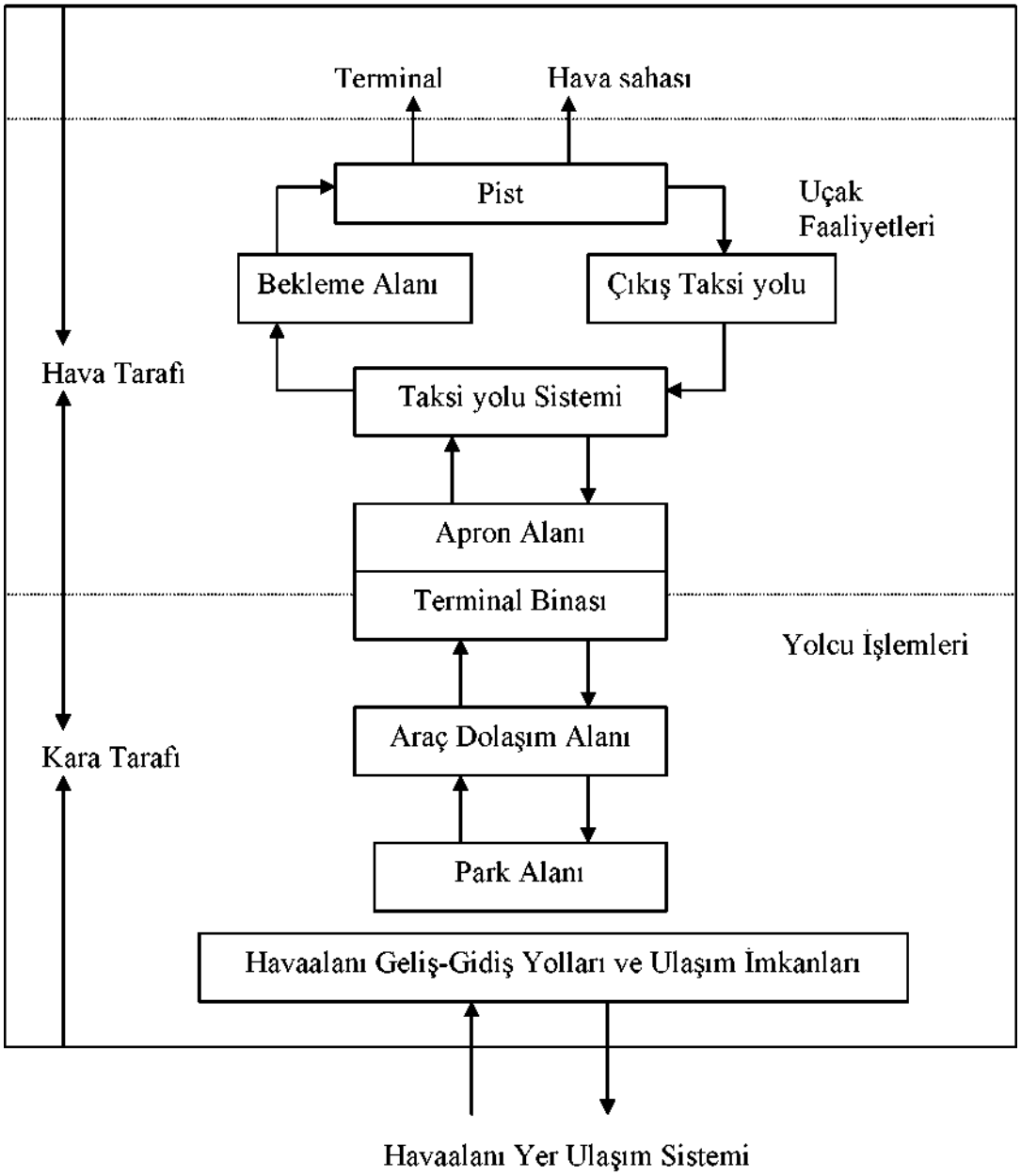
2.2. Havalimanı Bileşenleri

Havalimanı; yolcu ve uçak trafiğinin düzenlenmesi için gerekli binalar, uçaklar uçuşa hazırlamak için gerekli altyapıları kapsayan ve uçakların iniş ve kalkışlarını sağlamak için özel şekilde düzenlenmiş alandır. Bir diğer tanımla, karada ya da suda, içerisindeki bina, tesis ve donanımlar ile birlikte, uçakların iniş, kalkış ve yer hareketlerini yaparken kullanabilmeleri amacı ile belirlenmiş sahalardır. Aynı zamanda demiryolu ve karayolu gibi yer taşımacılığı ile havayolu taşımacılığı arasında değişimin yaşandığı yerlerdir (Kıyıldı, 2005).

Havalimanları planlamaları, iki ayrı ana dalda projelendirilmektedir. Bu proje konularından birisi "Altyapı Proje Hizmetleri", diğeri ise "Üstyapı Proje Hizmetleri"dir. Altyapı Proje Hizmetleri, Yer Seçimi işleminden başlayarak, tüm havaalanı sahasını kapsayan arazinin her türlü zemin ıslah tedbirlerine ilişkin teknik uygulama projeleri ile PAT Sahalarının (Pist, Apron, Taksirut) tasarım,

kaplama, koruma ve gelişim projelerinin tamamını kapsayan proje uygulamalarını içerir. Havaalanı Altyapı Proje Hizmetleri, Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu'nun (ICAO) yayınlamış olduğu Havaalanı Yapım Standartları ile ilgili Annex -14 kural ve kalite standartlarına uygun olarak tasarlanma zorunluluğundadır. Örneğin bir havaalanının pisti ile ilgili projeler hazırlanırken, baz olarak alınan referans uçağın performans limitleri altında kalmamak kaydıyla, pist uzunluğu, genişliği, LCN değerine göre pistin min. Kaplama Kalınlık ve En Kesitleri, Sürat Taksirutu bağlantı noktaları, dönüş yarıçapları, bekleme alanları, Paralel Pist ve Paralel Taksirut aks mesafeleri ve daha birçok önemli tasarım kriterlerinin hepsi, belli standartlara uymak zorundadır. Aynı şekilde Pist, Taksirut ve Apron aydınlatma ve yaklaşma ışıkları gibi elektrik altyapı projelerinin de, benzer standartlar ve kurallar dâhilinde tasarlanma mecburiyeti vardır.

Bir havalimanının başlıca bileşenleri; uçakla taşınan yolcu ve kargo işlemlerinin yapıldığı terminal ve diğer binalarla birlikte, apron, taksi yolu gibi tesisler ve bir ya da birden fazla pistten oluşmaktadır. Başlıca havaalanı bölümleri Şekil 2.1' de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.1. Havalimanı bölümleri (Kıyıldı, 2005)

2.2.1. Havalimanı hava tarafı bileşenleri

Hava tarafı tesisleri; pist, taksi yolu, apron ve kapılardan oluşmaktadır. Havaalanı hava tarafı kapasitesi, bu alanlarda güvenli bir biçimde gerçekleşen uçak hareket sayısıdır. Ayrıca bu alanlara kurulan ışıklandırma, seyrüsefer yardımcıları, radar gibi ekipmanlar da önemlidir (Wells, 2000). Hava tarafı birimleri arasındaki akışların sorunsuz şekilde ilerlemesi gerekmektedir. Aksi hâlde gecikmeler veya iptaller söz konusu olabilmektedir.

Apron: Bir havalimanında uçakların park pozisyonlarını alıp, yolcu indir-bindirme ve yakıt ikmal işlemlerini gerçekleştirdiği terminal binaları ile ilişkili yapılardır. Uçakların bu işlemleri asgari sürede gerçekleştirebilmeleri için apronlar belirli kriterlerlere göre tasarlanır (DHL, 2007).

- Günümüzde ve gelecekte ihtiyaç duyulacak uçak park yeri sayısı
- Günümüzde ve gelecekteki uçak tipleri
- Uçak boyutları ve manevra kabiliyetleri
- Terminalin şekli ve gelişmeler için uygun çevre araziler de dâhil olmak üzere uçak park düzenleri
- Uçakların diğer uçaklar, binalar ve diğer sabit cisimlerle arasında bulunması gereken minimum mesafe
- Uçağın park yerine yerleştirilmesi ile ilgili bilgiler
- Uçaklar için yer hizmeti ihtiyaçları

Belirtilen parametreler belirlendiği takdirde apron planlaması yapılabilir. Apronlar terminal kompleksi ile ilişkili oldukları için, optimum bir çözüm elde edilebilmesi amacıyla terminal binalarıyla bağlantılı olarak planlanmalıdırlar. master planda apronların yerleşimi ile ilgili göz önünde bulundurulması gereken esaslar aşağıda verilmiştir:

- Pistler ve uçak park yerleri arasında, yakıt, zaman ve bakım konularında tasarruf sağlamak amacıyla asgari taksi mesafesi olmalıdır.
- Programlı uçuşların zamanında gerçekleşmesini sağlamak ve gereksiz rötarları engellemek için uçak hareketleri mümkün olduğunca serbest olmalıdır.
- Gelecekteki genişlemeler ve teknoloji yenilikleri için yeterli alan ayrılmalıdır.
- Her apron tesisi bütün havaalanı için azami verimlilik, işletim güvenliği ve kullanıcı rahatlığı sağlanmalıdır.
- Apron ve çevresinde motor blastı, gürültü ve hava kirliliği gibi olumsuz etkiler engellenmelidir.

Apronlar fonksiyonlarına göre; yolcu terminali apronu, kargo terminali apronu, bakım terminali apronu ve park apronu olarak sınıflandırılır (DHL, 2007). Bunlar dışında havalimanının genel havacılık uçakları tarafından da kullanılmasının amaçlandığı durumlarda, ayrı bir aprona ve diğer ilgili tesislere sahip bir genel havacılık terminalinin oluşturulması gerekli olabilir. Bununla birlikte, genel havacılık terminalinin ve ona ait apronun, tarifeli uçak işletimleriyle olası çakışmaların asgariye indirgenebileceği bir yerleşime sahip olması gerekmektedir.

Yolcu terminal apronu, uçakların yolcuları indirmek için park ettikleri yer olarak tanımlanır.

Park apronu, uçakların havaalanında 6 ila 8 saat gibi uzun süreler beklemelerini ya da geceyi havalimanında geçirmelerini gerektiren durumlarda, bir park apronu inşa edilmektedir. Park apronları yolcu terminallerine uzak olduklarından uzak apron olarak tanımlanır (DHL, 2007).

Bakım terminali apronu, güvenli ve zamanında gerçekleşen işletimler için uçak bakımı önemli bir uçuş öncesi faaliyetidir. Uçak bakımı sıklıkla aşağıdaki düzende sınıflandırılmaktadır:

- Hat bakımı
- Gövde bakımı
- Güç kaynağı bakımı
- Parçaların bakımı

Bakım işlemleri gece boyunca da sürdürülebileceği için, bakım terminali alanını yolcu terminal apronuna bitişik durumda olan park apronuna yakın bir mekâna yerleştirmek tercih sebebidir. Bununla birlikte, yolcu ve bakım terminallerinin apronları da dâhil olmak üzere, gelecekteki olası genişlemeler için yeterli alan ayrılmasına özen gösterilmelidir. Bakım terminal apronlarının, yolcu apronlarından mümkün olan en uzak mesafede yerleştirilmeleri genellikle tavsiye edilmektedir.

Kargo apronu, kargo miktarının durumuna göre yolculuk mesafesini minimize etmek amacıyla yolcu terminali apronuna yakın bir alana yerleştirilmelidir.

Apron tasarımında uçak türü, kaplama cinsi ve eğiminin önceden belirlenmesi önemlidir (ICAO, 1991).

Bir yolcu terminalinde ihtiyaç duyulan uçak park yeri sayısı (2.1) ile hesaplanabilir (DHL, 2007).

$$\boldsymbol{S = \sum \left(\frac{T_i}{60} * N_i \right) + \alpha} \qquad (2.1)$$

Burada;
S : Uçak yeri sayısı
T_i : Uçağın kapıda durma süresi
N_i : Pik saatte gelen uçak sayısı
α : Ekstra uçak yeri (istenmesi hâlinde)

Apron planlamasında ve terminal binası ile ilişkili yerleşimlerinde farklı şemalar sözkonusudur. ICAO Annex -14'te belirtilen standartlar dikkate alınarak düzenlenmelidir (ICAO, 1999).

Havalimanlarının büyüklük sınıfına göre yolcuların uçağa ikmâlleri değişik şekillerde olabilir. Küçük ölçekli havalimanlarında zemin kattan uçağa geçişler sağlanabilirken, büyük ölçekli havalimanlarında bu geçişler yolcu yükleme köprüleri veya farklı asansör sistemleri ile sağlanabilmektedir.

Acil durumlarda iniş–kalkış yapabilecek helikopterlerin uçakların apronundan farklı olarak bir helikopter apronu kullanması gerekmektedir. Bu apron yolcu terminaline mümkün olan en kısa mesafede konuşlanmalıdır.

Pistler: Pistler dokümanı, havaalanı planlaması için gerekli olan pist uzunluğunu etkileyen parametrelerin açıklamaları ile uçakların pist uzunluklarının hesaplanmasında kullanılan nomogramları içerir. Uzun vadeli gereksinimleri

karşılayacak pistlerin oluşumu için yeterli alanın sağlanması gerekir. Bu nedenle, günümüzdeki ve gelecekteki kritik uçakların performans özellikleri önemlidir. Yakın gelecek için planlanan uçakların benzer menzil uzunluklarında işletilmesinde, mevcut büyük sivil uçakların kullandığından daha uzun pistlere ihtiyacı olmaması durumunda bile, daha uzun direkt uçuş ihtimali ve mevcut büyük uçakların ikincil güzergâhlara aktarılması sebebiyle oluşacak pist uzatımı ve gelişimi ihtiyaçları olasılığı göz önüne alınmalıdır (ICAO, 1999).

Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO) standartlarına göre pist genişlikleri ve uzunlukları Çizelge 2.6' belirtilmiştir.

Çizelge 2.6. ICAO standart pist genişlikleri (ICAO, 1995)

Kod No	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**Şerit Saha Genişliği (metre)**
1a	18	18	30	-	-	150
2a	23	23	30	-	-	150
3	30	30	30	45	-	300
4	-	-	45	45	45	300

Pist uzunluğunu etkileyen bazı etmenler (Ashfort ve Wright, 1992):

- Pistin tasarlanacağı bölge sıcaklığı
- Pistin tasarlanacağı yerdeki hâkim rüzgâr durumu
- Pist eğimi
- Havalimanı yerleşim rakımı

Sıcaklık; pisti malzeme yönünden etkilediği, rüzgâr durumu; uçağın ön tarafını ve/veya arkasını etkilediği, pist eğimi; pist uzunluğunu etkilediği, rakım ise yüksek yerlerdeki havalimanları uzun piste ihtiyaç duyduğundan dolayı söz konusu faktörler önceden analiz edilip, analiz verileri doğrultusunda tasarım yapılmalıdır (Erkan, 2012).

Taksi yolları: Pist ile terminal arasında, park apronu ile terminal arasında yani hava tarafı bölümlenmesinde yapılar ile apron arasında kalan uçakların yer erişimini sağlayan havalimanaı elemanıdır (Erkan, 2012). ICAO (1991) ve USHT (1987) taksi yolları için belirli standartlar getirmiştir:

- Pilot ve kuleye zorluk çıkarmayacak şekilde tasarlanmalı
- Taksi yol eksenlerinin ekseriyetle doğrusal olarak tasarlanması, dönüş gereken yerlerde maksimum manevra yarıçapları seçilmesi
- Taksi yolu ve pist kesişmelerinden mümkün olduğunca kaçınılması
- Emniyet personeli tarafından kolayca kontrol edilebilir olması
- Yer hizmet araçlarının mümkün olduğunca taksi yollarına girmemesi
- Taksi yolu sisteminin her bölgesinin kule tarafından görülebilir olmasıdır.

Taksi yolu tasarımının genişlik (ICAO) standartları Çizelge 2.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. ICAO standartları taksi yolu genişlikleri (ICAO, 1995)

Harf Kodu	**Gereklilik**	**Taksi yol Genişliği (metre)**
A	-	7,5
B	-	10,5
C	Tekerlek mesafesi 18m'den küçük	15
	Tekerlek mesafesi 18m'den büyük	18
D	Arka tekerlek mesafesi 9m'den küçük	18
	Arka tekerlek mesafesi 9m'den büyük	23
E	-	23

Pistler ile taksi yolları sürekli kesişen sistemlerdir. Bu kesişmeleri ABD Ulaştırma Bakanlığı tarafından kullanılan uçaklara göre mesafe standartları geliştirilmiştir. Bu mesafeler pist ve taksi yolları ayrım standartlarıdır (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. Taksi yolu ve pist ayrım standartları (Dept. Of Transport, 1998)

Mesafe	**Uçak kategorisine göre mesafe (metre)**		
	IV	**V**	**VI**
Pist merkezinden taksi yolu merkezine (m)	120	120	180
Taksi yolu merkezinden parallel taksi yolu merkezine (m)	65,5	80	99
Sabit ya da hareketli objeye (m)	39,5	48,5	59
Taksi izi merkezinden parallel taksi izi merkezine (m)	60	74,5	91

Kapılar: Havalimanlarında terminal binasıyla uçağın park hâlinde bulunduğu apron arasındaki bölümün birleştiği kısımdır. Bu bölümden yolcu ve bagaj yüklenmesi yapılmaktadır. Bu iki bölge arasındaki geçişi sağlamasından ötürü hem kara hem de hava tarafı bileşeni sayılabilmektedir.

2.2.2. Havalimanı kara tarafı bileşenleri

Bir havalimanının "kara tarafı" kesimi, yolcunun servis aracından terminal binasına girmesiyle başlayıp, kargo tesislerini ve yer ulaşım sistemini de kapsayacak şekilde uzanan bölüme verilen isimdir. Kullanıcılar açısından değerlendirildiğinde kara tarafı tesisleri olarak; yolcuların ve uğurlayıcıların erişim serbestliğine sahip olduğu her türlü havalimanı mekânı ve binalar ile havayolu şirketlerine ait işlemlerin gerçekleştirildiği binalar ve kargo tesisleri, havalimanı işletmesinin kullandığı halka kapalı alanlar sayılabilir (Kıyıldı, 2005).

Kara tarafı alan gereksinimleri için belli yaklaşımlar getirilmiştir (De Neufville, 2010):

- Kuyruk teoremine bağlı tasarım yaklaşımları: Sirkülasyon alanları ile hizmet sağlayan birimler arasındaki gecikmeler en aza indirilmelidir. Kuyruk teoreminin temel yaklaşımlarını esas alarak planlama yapmak gerekmektedir.

- Gecikmelerdeki yaklaşımlar: Gecikme durumlarında servis maliyeti ve mekân arasında kolay denge kurulması gerekmektedir.
- Dinamik kapasite yaklaşımı: Yeterli gecikme düzeyi ve bu düzeyin oluşturduğu duruma bağlı olarak gecikmelerin yığıldığı zaman uzunluğu hakkındaki yaklaşımlar dikkate alınır.

Bir havaalanı için yapım talebi oluştuğunda, havaalanı yapılması talep edilen yerleşim bölgesinde topoğrafik harita ve uygun arazi araştırma çalışmaları başlatılır. Uygun koşullar, birçok faktörlerin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu faktörler (DHL, 2007):

• Arazinin topoğrafik yapısı, (meyiller, engebeler, akarsular, dere yatakları, düzlük alanlar),
• Mania durumu (Doğal Manialar: Dağlar, tepeler – Suni Manialar: Yerleşim bölgeleri, yüksek binalar, havai hatlar, verici istasyonları, v.b.),
• Hâkim rüzgâr durumu (Hâkim rüzgâr yönü ve yıllık yüzde oranı, manialara göre esme istikameti),
• Meteorolojik veriler (Yılın her ayı için ortalama en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri, en sıcak ayın, en sıcak ortalaması, rüzgâr hız ve istikametleri, yıllık yan rüzgâr oluşumu, açısı, şiddeti ve etkileme yüzdesi),
• Kamulaştırma durumu (arazinin hazineye kayıtlı alanları, özel mülkiyet alanları, arazinin kıymet değeri, yıkılacak yapı ve tesisler, kamulaştırılacak alanların toplam maliyeti),
• Zemin durumu (zemin suyu derinliği, mevsimlere göre değişkenliği, arazinin jeolojik yapısı, kil, şist, kaya, sert zemin, sulak arazi, bataklık, drenaj imkânları ve arazi ıslah durumu, menfez geçişleri, pist – menfez kesişmeleri, zemin emniyet gerilmesi)
• Dolgu Malzemesi temini (Taş ocakları yerleri ve havaalanına yakınlığı, malzeme uygunluğu),
• Çevresel etkiler (Arazinin ekolojik yapısı, tarıma uygun alanlar, orman, mera, göl, sulama alan ve tesisleri, yabani hayvan yaşamı ve göç yolları, tarihi eser, sanat yapıları ve ören yerleri, gürültü ve çevre kirlenmesi etkileri ve alınabilecek tedbirler),

• Şehir Bağlantısı (havaalanının şehre olan uzaklığı, trafik yoğunluğu ve alternatif ulaşım çeşitleri, şehir yolu bağlantı kavşağı ile havaalanı bağlantı yolu mesafesi ve ek kamulaştırma maliyeti),

ve benzer unsurlardır.

Havalimanı kara tarafı planlaması bütün havalimanı sistemi içerisinde için en önemli konulardan bir tanesidir çünkü kara tarafında oluşabilecek herhangi bir aksaklık tüm sistemin akışını doğrudan etkilemektedir.

Havalimanı için yer seçimi yapıldıktan sonra, altyapı ön proje çalışmaları başlatılır. Pist uzunluğu, genişliği, açısı, başlangıç ve bitiş noktaları, yaklaşım ışıkları yerleşimi, tahditli alanlar, mania planları, PAT Sahaları (Pist, Apron, Taksirut) tanzimi, Apron ebatları, piste göre yerleşimi (Üstyapı kriterleri ile birlikte) gibi proje çalışmaları. Pistin boyu, konumu ile apron yeri ve apron şekli kesinlik kazandıktan sonra, Üstyapı Genel Yerleşim Planı ve mimari avan proje çalışmaları başlatılır.

2.3. Havalimanı Terminal Yapısı ve Sistemi

Havalimanı terminal yapısı ve diğer üstyapı tesisleri için yapılacak tasarım ve projelendirmelerde, altyapı projelerinde olduğu gibi herhangi bir uluslararası teşkilat tarafından yayınlanmış (ICAO, FAA gibi) bağlayıcı standart ve kurallar bulunmamaktadır. Bununla birlikte, terminal yapıları içersindeki bazı üniteler için dünya literatüründe kabul görmüş bir kısım kriter, ölçü ve hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. (Rampalar, merdivenler, bagajlar, konveyörler, konturlar, x-ray'ler, engelliler, v.b) Bu kriterler, terminal yapısının hizmet türüne, yolcu kapasitesine ve alan büyüklüğüne göre değişiklikler göstermektedir.

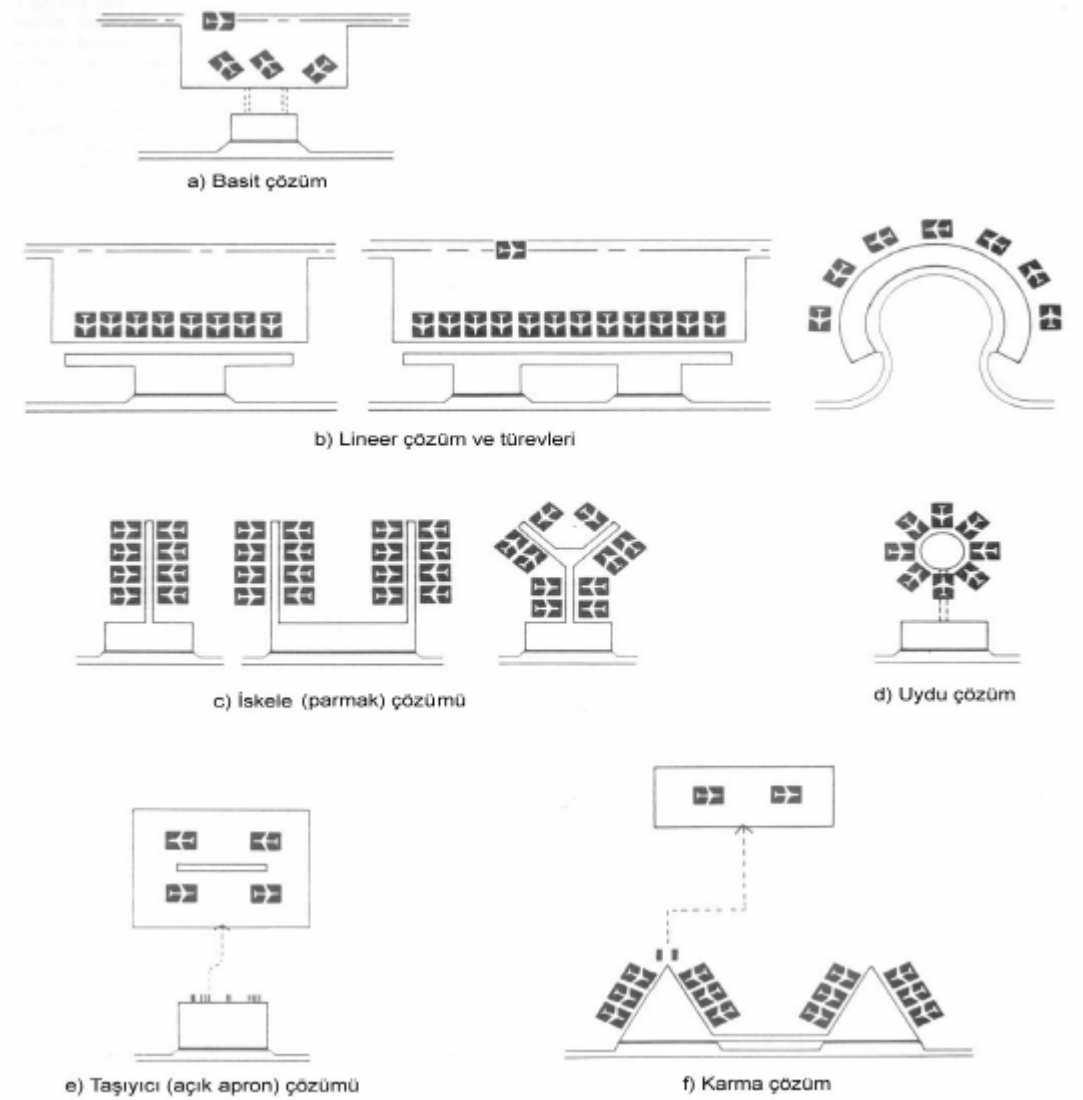
Terminal binası tasarımı için, mevcut ihtiyaç programı ve eldeki veriler doğrultusunda etütler ve taslak proje çalışmaları yapılmaktadır.

Terminal binaları, yolcu kapasite ve büyüklükleri açısından çok farklı ve çeşitli boyutlarda yapılabilmektedirler. Yıllık 150.000 yolcu kapasitesinden başlamak üzere, hemen hemen her 250.000, 500.000, 1.000.000, 5.000.000, 10.000.000 veya daha fazla ve değişik kapasite artış dilimlerine göre yapılandırılabilirler. Yolcu kapasiteleri, gelen ve giden yolcuların yıllık toplamını içerir.

Terminal binaları ayrıca, sadece iç hatlar, sadece dış hatlar veya iç ve dış hatlar müşterek gibi hizmet kategorilerine de ayrılırlar. Diğer yandan yolcu türlerine göre de farklı yapılaşmalar gösterirler. Turistik amaçlı terminaller, Charter amaçlı terminaller, VIP terminalleri, Komplike terminaller, gibi.

Büyük havalimanlarındaki yolcu terminallerinde, yolcu ve bagajların en kolay, en çabuk ve en kısa güzergâhlardan transfer edilmesi esastır. Yolcu akışını engelleyecek olay ve yetersizlikler karşısında ilave ünite, alternatif çözüm veya yedek alanlar yaratılması, yolcu bekleme salonlarının geniş ve ferah olması, alış veriş imkânları ile yiyecek–içecek yerlerinin düzenli ve uçuş bilgilerinin rahatlıkla izlenebileceği ortamlarda oluşması, planlamanın ilk ana prensiplerini içerir.

Terminal binası çözümleri genellikle etkileşimde olduğu havalimanı fonksiyonları ile birlikte yapılmaktadır. Terminal binası çözümleri doğrudan apron ile ilişkili olduğundan, farklı apron–terminal çözümleri bulunmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Yolcu terminali kavramsal çözümleri (Döküman 9184, AN/902 Bölüm 1 Master Plan,1987)

Basit kavram: Trafik hacmi az olan havaalanlarında uygulanmalıdır. Uçaklar içeri ve dışarı kendileri taksi yapabilecekleri şekilde burun içeri ya da burun dışarı yerleşmişlerdir. Jet blastının olumsuz etkilerini en aza indirgemek için apron ucunun ve terminal önünün hava tarafına bakan kesimlerinde uygun boşluk bırakılmasına dikkat edilmelidir. Bunun yapılmadığı koşullarda jet blastını kesecek çitler oluşturulmalıdır. Talebe bağlı olarak, havaalanı işlemlerini çok az engelleyecek şekilde kademeli apron genişletilmesi yapılabilir.

Doğrusal kavram: Bu kavram, basit kavramın geliştirilmiş tiplerinden biri olarak kabul edilebilir. Uçaklar açılı ya da paralel bir düzende park edilebilirler. Bununla birlikte, apron kenarlarının kullanımını ve uçak ile yolcu işlemlerini daha verimli hale getirmek için, bu düzende apron kenarıyla terminal arasında asgari boşluk bırakılarak burun içeri park ve çekiciyle itilme sistemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Gate pozisyonunda taksi yapmakta olan uçaklar için burun içeri park, daha basit ve kolay manevra imkânı sağlamaktadır. Çekici ile itilme işlemleri, komşu gate pozisyonlarındaki apron faaliyetlerini az da olsa olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte, yedekte çekebilen çekiciler ve uzman operatörlere ihtiyaç vardır. Yoğun trafiğe sahip havalimanlarında, itme işlemleri yüzünden taksirutların bloke olmasını engellemek için çiftli apron taksirutların sağlanması gerekli olabilmektedir. Apron trafiği, apron kenarı ve terminal önü arasındaki koridora verilebilir ve park etmiş uçakların burunları etrafındaki alan ise yer hizmeti ekipmanları için park amaçlı olarak kullanılabilir. Apron derinliğinin en uzun uçak gövdesinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde baştan planlanması durumunda, doğrusal kavram, en az basit kavram ve açık apron kavramı kadar esneklik ve geliştirilebilirliğe sahiptir.

İskele (parmak) kavramı: Şekil 2.2' de görüldüğü gibi, bu kavramın iskelenin şekline göre çeşitli varyasyonları mevcuttur. Uçaklar, iskelenin her iki yanına, açılı paralel ya da dik (burun içeri) düzende gate pozisyonunda park edebilirler. Yalnızca bir iskelenin mevcut olduğu hallerde, daha sınırlı bir aşamalı geliştirilebilme özelliği dışında, iskele düzeni, doğrusal düzenin hava tarafı işlemlerinde sahip olduğu pek çok avantaja sahiptir. İki ya da daha fazla iskelenin bulunduğu hallerde, iskeleler arasında uygun mesafe bırakılmasına dikkat etmek gerekir. Eğer her iskele, fazla sayıda kapıya hizmet ediyorsa, gate pozisyonuna giren ve gate pozisyonundan çıkan uçaklar arasında oluşabilecek bir karışıklığı önlemek amacıyla iskeleler arasında çiftli taksirutlar oluşturulması gerekebilir.

Uydu kavramı: Uydu kavramı, terminalden ayrılmış gate pozisyonlarıyla çevrili bir uydu ünitesinden oluşmaktadır. Terminalden uydu ünitesine yolcu ulaşımı apron alanının en iyi şekilde kullanılması açısından yer altından ya da yerden yüksek bir koridordan sağlanabileceği gibi yer seviyesinden de yapılabilir.

Uydunun şekline bağlı olarak, uçaklar uydu etrafında dairesel, paralel veya başka bir şekilde park edilebilirler. Daha yayın bir yöntem olan dairesel park durumunda geri itilme işlemleri daha kolay yapılabilmekle birlikte, daha geniş bir apron alanına ihtiyaç duyulmaktadır. Kama şeklindeki park düzenleri, gate pozisyonuna ulaşabilmek için istenilmeyen sert taksi hareketleri gerektirdiği gibi, aynı zamanda uydu çevresindeki yer hizmeti ekipmanları açısından da trafik karışıklığına neden olabilmektedir.

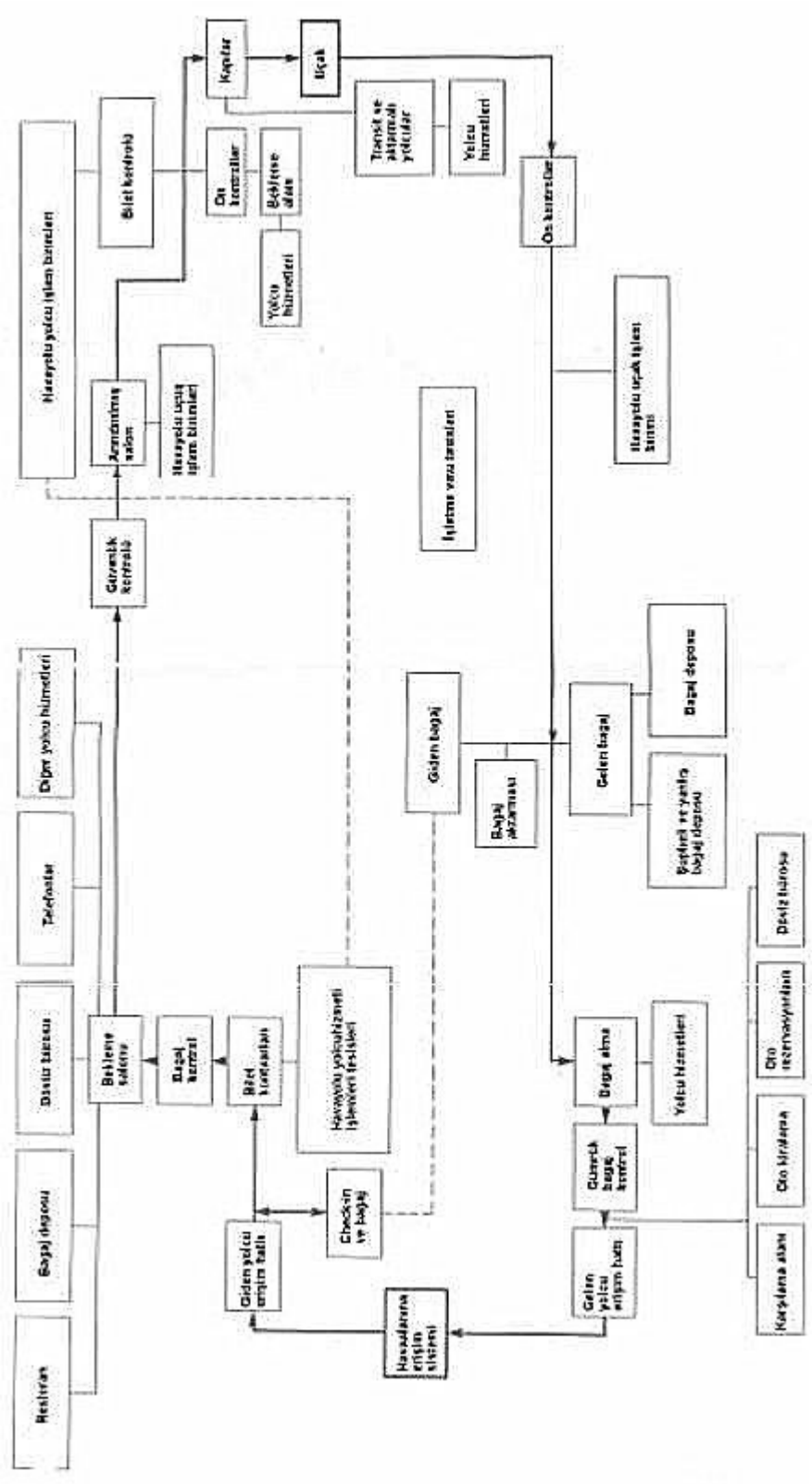
Taşıyıcı kavramı: Bu kavram açık ya da uzakta bir apron yerleşimi olarak algılanabilir. Uçaklar söz konusu olduğunda apronların pistlere yakın ve diğer yapılara uzak bir yerleşime sahip olmaları gerektiğinden, bu kavram, toplamda daha kısa taksi mesafesi, daha kolay manevra imkânı ile apronlarda daha fazla esneklik ve genişletilebilme sağladığı için avantajlı olabilmektedir. Bununla birlikte, terminalle uçak arasında yolcuların, bagaj ve kargonun taşıyıcılar (hareketli koridorlar / otobüsler) ve arabalarla daha uzun mesafeler kat etmesini gerektirdiği için, hava tarafında trafik karışıklığı problemlerine yol açabilmektedir.

Karma kavram: Karma kavram, yukarıda adı geçen yerleşimlerin birden fazlasının bir arada kullanıldığı düzenlemeleri ifade etmektedir. En fazla trafiğin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, taşıyıcı kavramının diğer kavramlardan biriyle bir arada uygulanması oldukça yaygın bir yöntemdir. Terminalden uzakta yerleştirilmiş uçak park yerleri genel olarak uzak apronlar ya da uzak park yerleri olarak adlandırılırlar.

Diğer yolcu terminali tipleri: Diğer bina tipleri, taşıyıcı (uzak uçak parkı kavramı) ve tek terminal bina tipleridir. Bu bina tiplerinden birincisi gelen ve giden yolcuların ulaşımının araçlarla sağlandığı bina tipi olup, doruk saati ihtiyaçlarını karşılamak üzere diğer bina tipleriyle bir arada kullanılabilir. İkinci bina tipi ise birbirleriyle ulaşım ve servis yollarıyla bağlı bir sistem etrafına inşa edilmiş bireysel modüllerden oluşmaktadır. Bu sistemde binalar, her bina yolcu işlemleri ve uçak parkı tesisleriyle donatılacak şekilde binalar arasında belirli bir mesafe korunarak yerleştirilirler. Bu tip terminal binaları yalnızca daha geniş

havaalanları için uygun bir çözüm sunmaktadır. Yolcu binası konusu, ayrıca yolcu gelişi, yolcu işlemleri ve yolcu gidişi faaliyetlerinin gerçekleştirildiği kademelere göre de ele alınabilir.

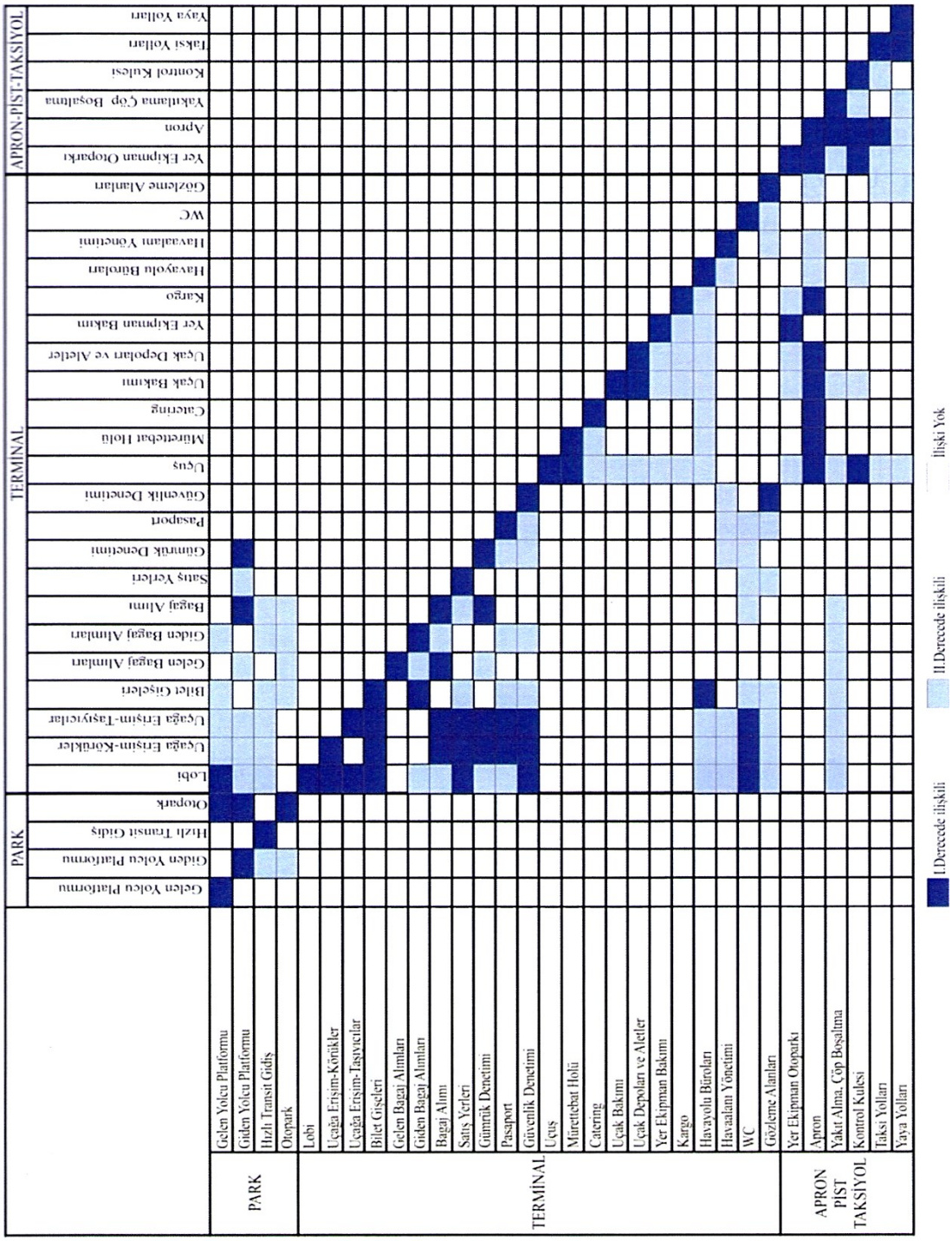
Terminal bina tasarımının belirgin bir şekli olmayıp, mekânların işlevsellik ilişkileriyle ilgilidir (Şekil 2.3). Günümüzde yolcuların mekâna etkisi oldukça fazladır. Demir (2012)'in araştırmasında yolcu memnuniyeti üzerine çalışarak, terminal fonksiyonlarının ve tasarım kıstaslarının, yolcuların hareket ve memnuniyetlerine göre şekillenebileceğini göstermiştir.



Şekil 2.3. Yolcu terminal binasının işlevsel ilişkileri (USHT, 1987)

Blankenship (1974), mekânların birbiriyle ilişkilerini anlatan çalışması Çizelge 2.9'da belirtilmiştir (Erkan, 2012).

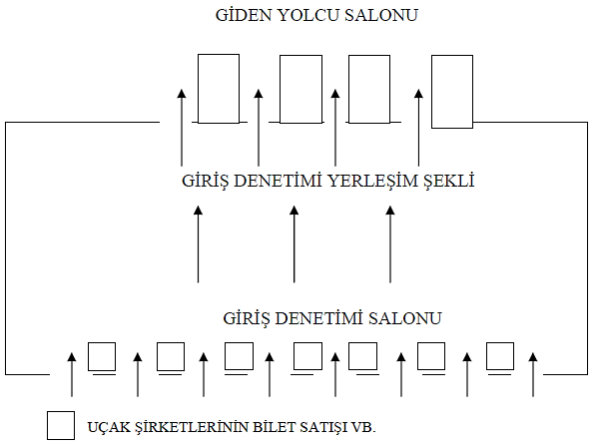
Çizelge 2.9. Terminal binası mekân ilişkileri (Blankenship, 1974)



2.3.1. Giriş denetimi

Yolcular terminal binasına girişlerinden uçağa binmelerine kadar bir takım işlemlerden geçmektedirler. Bu işlemler başlıca X-ışını giriş denetimi, giriş denetimi bölümünde bilet denetimi ve bagaj denetimi, pasaport denetimi bölümünde pasaport denetimi ve çıkış kapısı konumunda çeşitli işlemlerden geçmektedirler.

Yolcu binası girişi ile giriş denetimi noktaları arasında kalan alan "giriş denetimi salonu" olarak adlandırılmaktadır (giriş denetimi işlemleri uçak kapılarında da yapılabilir). Ana akış, uçuş biletlerine sahip olan ve giriş denetimi noktalarına doğru ilerleyen yolculardan oluştuğu için, bu ana akışta karışıklık gözlenmemesi için fonksiyonların düzenli olarak ayrılması çok önemlidir; bu durum Şekil 2.4' te verilmiştir. Havaalanından kalkışa hazırlanan yolcular, yolcu binasına girdiklerinde ilk olarak X ışını güvenlik denetiminden geçerler. Daha sonra ilk yöneldikleri yer havayolu bilet kontuarlarıdır. Yolcuların bu ilk hedeflerine mümkün olan en az karışıklıkla karşılaşarak ulaşmalarını sağlamak için, giriş denetimi salonu, kontuarların ve her bir havayolu ya da uçuş yerleşimlerinin yolcu binasına girer girmez rahatça görülebilecekleri şekilde düzenlenmelidir. Trafik düzenlemeleri kontuarların olası en az karışıklıkla geçilebilmesini sağlayacak şekilde olmalıdır. Binanın bu bölümünde oturma alanları, karmaşayı önlemek ve hizmetlere ulaşmayı kolaylaştırmak açısından minimum düzeyde tutulmalıdır.

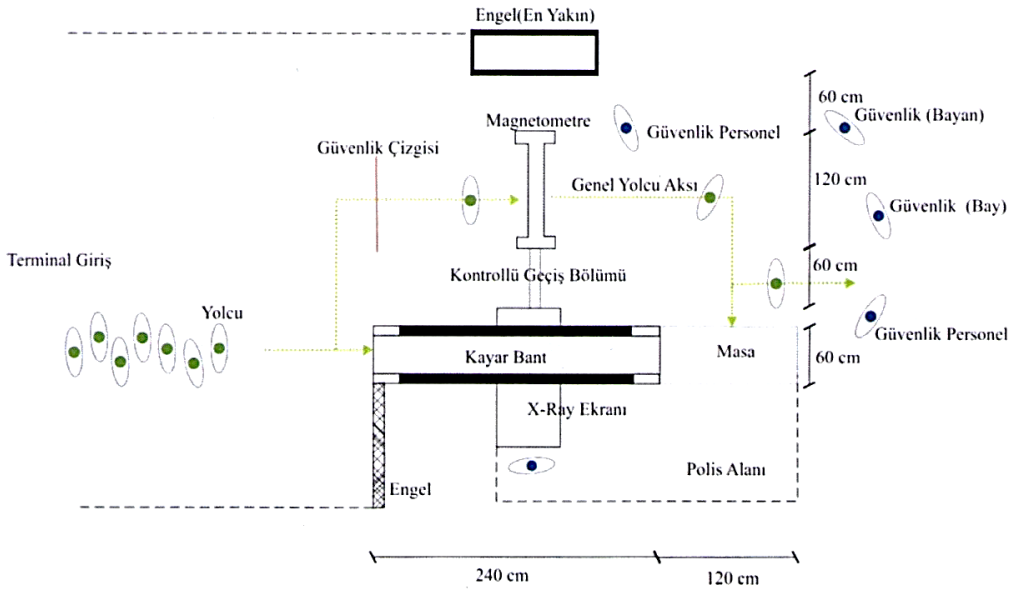


Şekil 2.4. Yolcu giriş denetimi bölgesi akışı (USHT, 1987)

Yolcular giriş denetimi işlemlerini tamamlayana kadar yolculuk yapacakları kesinleşmiş olmaz ve izleyen denetimlerden geçme hakkına sahip değildirler. Uçak operatörlerinin işlemleri, yük hesaplamaları, bagajların uçağa yüklenmesi, yolcuların hükümet denetimlerinden geçmeleri ve yolcuların uçağa yerleştirilmeleri gibi diğer işlemlerin gerçekleştirilebilmeleri için yolcu ve bagaj giriş denetimlerinin uçuştan belirli bir süre önce tamamlanmış olması gerekmektedir. Giriş denetimi işlemlerinin ne kadar sürede tamamlanması gerektiğini belirleyen zamana bağlı faktörler genellikle uçak operatörlerinin işlemleri ve bagaj işlemleridir.

Yer girişleri ile giriş denetimi pozisyonları arasındaki mesafe, giriş denetimi ve diğer hizmetlere serbestçe ulaşılmasını sağlayacak kadar büyük olmalıdır. Giriş denetimi salonunun boyutları, havayolu bilet kontuarlarının ön uzunluğuna, kontuarlardaki kuyruk uzunluğuna ve karışıklığa yol açmayacak yatay trafiğe bağlı bir fonksiyondur. Küçük ve orta büyüklükteki havaalanları için, yaklaşık 10 metrelik bir derinlik giriş denetimi salonları için yeterli olmaktadır. Bununla birlikte, yüksek bir ziyaretçi/yolcu oranına sahip olan havalimanlarında ek derinliğe ihtiyaç duyulabilir.

Yolcu terminali yerleşimi, giriş denetimi konusu ve havayolu şirketleri ile acentaları tarafından kullanılan bilet kontuarı düzenlemelerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Bunun terminal binasının plan aşamasında havayolu ve yer hizmetleri kuruluşlarına danışılması gereklidir. Erkan (2012), ICAO (2004)'teki giriş X-ray kontrol noktası mekânının standartlarını görselleştirmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Giriş X-ray kontrol noktası mekânı standartları (ICAO, 2004)

Giriş denetimi sistemleri aşağıda verilen üç tipte olabilir (USHT,1987):

Merkezi giriş denetimi: Yolcu ve bagaj işlemleri, genellikle terminalin kalkış bölümü olmak üzere merkezi bir alana yerleştirilmiş olan giriş denetimi kontuarlarında gerçekleştirilir.

Dağıtılmış giriş denetimi: Giriş denetimi işlemleri terminal kompleksi içerisinde iki ya da daha fazla yere dağıtılmıştır. Örneğin bagajlar alt kattaki giriş denetimi kontuarlarından kabul edilirken, yer rezervasyonları terminal binasının üst katındaki bekleme salonunda yapılıyor olabilir.

Çıkış kapısı konumunda giriş denetimi: Bu tip uçağa biniş kapısında yapılan giriş denetimlere genellikle merkeze göre dağınık yerleşim gösteren terminal binalarında rastlanır. Bu sistemde, yolcular ve bagajlar bir uçak biniş kapısı durumunun ve bu pozisyonlara ait bekleme salonunun çok yakınına yerleştirilmiş olan giriş denetimi kontuarlarında işlem görürler. Bu sistem kısa mesafeler ve daha kolay yolcu ve bagaj giriş denetimi gibi avantajlar sunmasına karşın, doruk saatler dışında kalan sürelerde tesis ve personelin verimli olarak kullanılamamasına yol açtıkları için ekonomik açıdan dikkatle değerlendirilmelidir.

2.3.2. Bilet kontrol noktaları

Bu alandaki esas aktivite giriş denetimi olmasına karşılık, uçak operatörlerinin bilet satışları, bekleyen yolcu kayıtları, uçak operatörlerinin danışma ve kambiyo işlemleri gibi hizmetler de burada gerçekleştirilebilmektedir (USHT,1987).

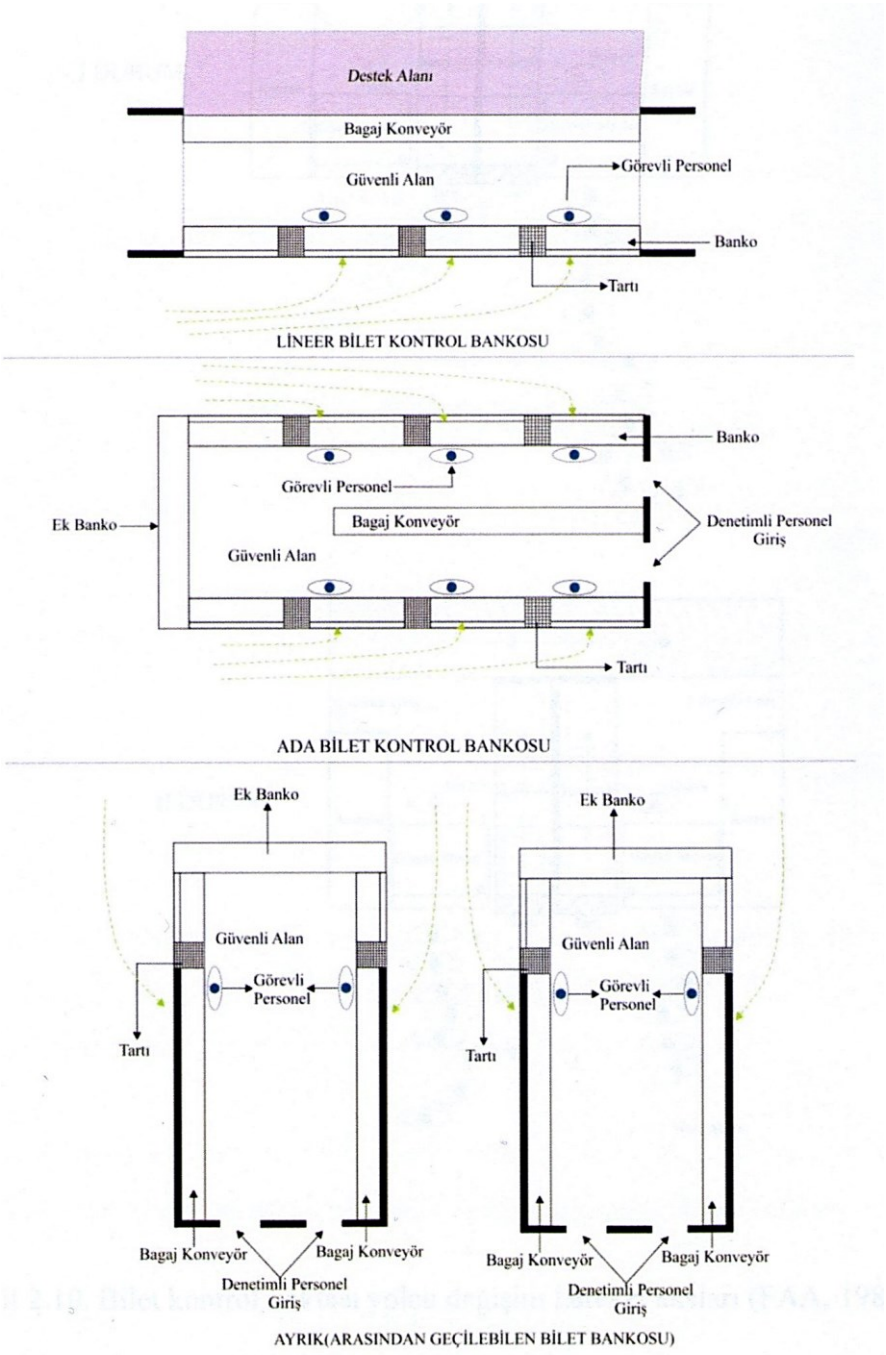
Bilet kontrol kontuarları üç ayrı tipte sınıflandırılabilir (USHT, 1987):

1) *Doğrusal kontuar*: Kullanımı en yoğun olan kontuar tipidir. Düşük trafik hacmine sahip havaalanlarında, havayolu şirketlerinin kendi işleyişlerine uygun buldukları bilet işlemleri, bagaj giriş denetimi gibi fonksiyonları bir arada yerine getiren bir kişinin görev yaptığı çok işlevli giriş denetimi pozisyonlarına sıklıkla rastlanılmaktadır. Bu çok amaçlı pozisyonlar bazı yolcular için gereken hizmet noktalarını azaltırlar ve özellikle doruk saatleri dışında kalan zamanlarda personel görevlendirilmelerinde esneklik sağlarlar. Doruk saatler sırasında, çok amaçlı pozisyonlar bazı havayolu şirketleri tarafından tek bir hizmete (bilet satışı, bagaj giriş denetimi, geleceğe yönelik bilet satışı gibi) ihtiyaç duyan müşterilerin işlemlerini gerçekleştirmek amacıyla tek fonksiyona yönelik olarak kullanılabilir. Yüksek hacimli havaalanlarında tek fonksiyonlu pozisyonlar daha yaygındır ve havayolu işlem yöntemleri bu tek fonksiyonlu pozisyonlara ek olarak özel amaçlı bir takım pozisyonların tesisini de gerektirebilir.

2) *İçten akışlı kontuarlar*: Bu sistem halen bazı havaalanlarında kullanılmakla birlikte, geçmişteki deneyimler sistemin gelecekte çok sınırlı sayıda havaalanında kullanılabileceğini göstermektedir. Bu sistem, yolcuların bagaj girişinde kuyruğa girdikleri, görevli kişi ile işlemlerini tamamlayarak arka taraftaki alana geçtikleri bagaj giriş denetimine yönelik olarak kullanıldığında başarılı olmaktadır. Sistemin başlıca avantajları, dolaşım hatlarındaki kesişmeleri azaltması ve doğrusal kontuarlardaki bir ya da iki pozisyon için tek giriş sağlayarak bagaj işlemlerini kolaylaştırmasıdır. Bu kolaylık, yalnızca bagaja yönelik işlem yüzdesinin yüksek olduğu trafik hacmine sahip istasyonlarda faydalı olabilmektedir.

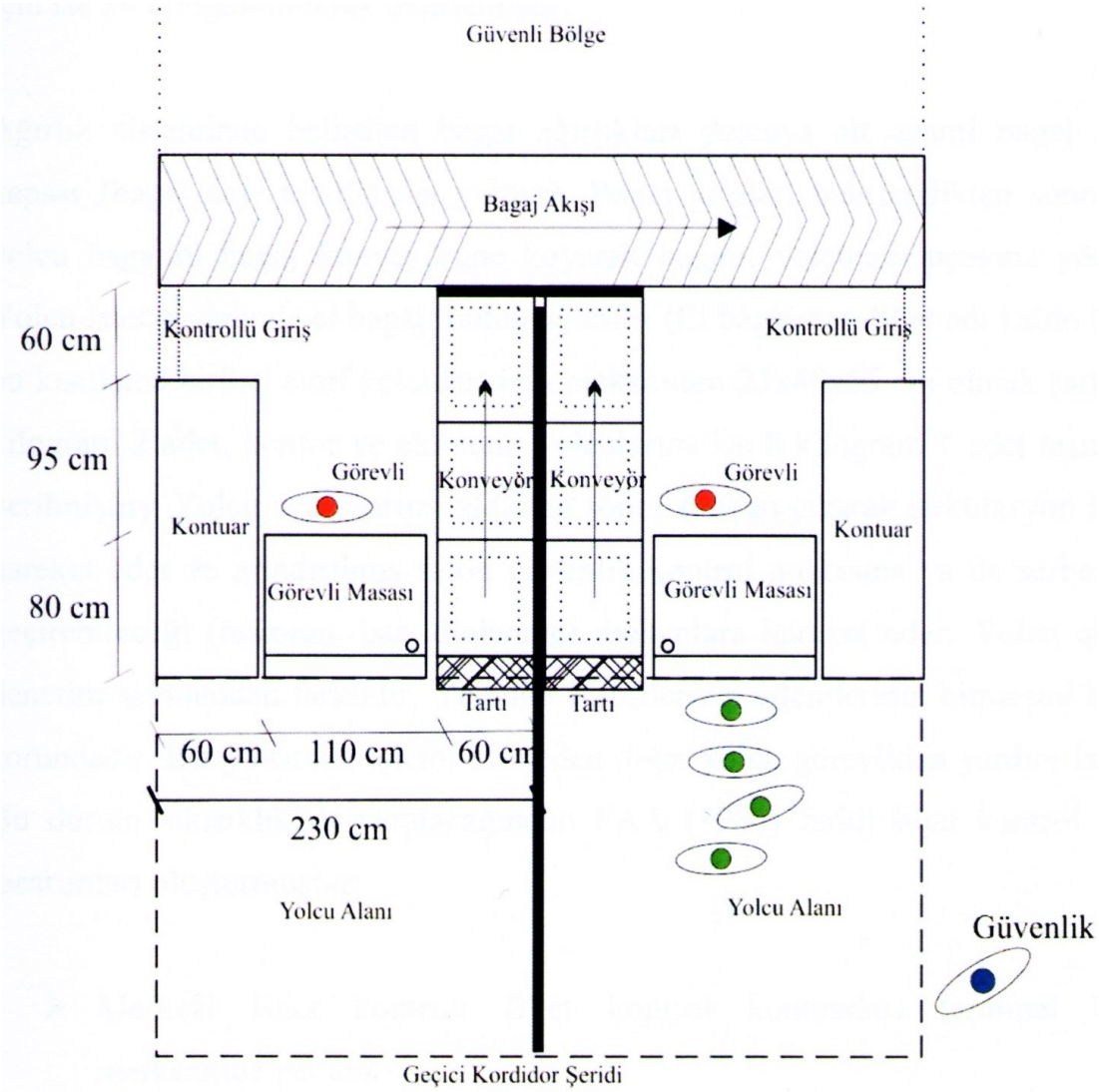
Doğrusal ve içten akışlı kontuarlar arasındaki bir fark, içten akışlı kontuarlar için her bir çanta giriş denetimi pozisyonunda kuyruk için gereken yer dâhil olmak üzere yaklaşık 4.6-6.5 m^2 daha fazla alana ihtiyaç duyulmasıdır. İçten akışlı kontuarların bir diğer özelliği de, bu sistemde bireysel girdi sayısının fazla olması ve birden fazla girdiyi tek bir taşıyıcı sisteme aktarmanın zorluğu ve dolayısıyla artış gösteren bagaj yatırım ve bakım masrafları sebebiyle bagaj sistemlerinin daha karmaşık bir hâl almasıdır.

3) *Ada kontuarlar*: Bu sistemler doğrusal ve içten akışlı düzenlemelerin bir takım özelliklerini taşırlar. Görevlilerin yerleşimi, çok amaçlı ve özel fonksiyonlar arasında geçişi sağlayacak şekilde tek bir (ya da bir çift) taşıyıcı bandın etrafına "U"şeklinde yerleştirilmiştir. Giriş denetimi tesisleri akış güzergâhının erken aşamalarındaki gecikmelerin etkilerini azaltacak şekilde, yolcuların mümkün olan en erken zamanda giriş denetimi yaptırmasını sağlamak üzere yerleştirilmelidir. Bu durum, aynı zamanda yolcuların bagajlarından en erken şekilde kurtulmalarına da imkân sağlar. Giriş denetimi pozisyonları binaya girilir girilmez fark edilecek şekilde yerleştirilmelidir. Yolcular giriş denetimi pozisyonlarına doğru, kara tarafı araç boşaltma pozisyonlarının ve yolcu binası kara tarafı girişlerinin düzenine bağlı olarak oluşan bir kaç paralel hat oluşturarak ilerlerler. Giriş denetimi tesislerinin yerleşimini etkileyen iki faktör vardır. Bunlar akış hatlarındaki düzenin giriş denetimi noktasından hava tarafına kadar korunabilmesi ile hava tarafına olan minimum mesafedir. Düz ve direkt akışlar için yolcular giriş denetimi pozisyonları arasından gösterildiği gibi bir tarağın dişleri arasından geçiyormuşçasına geçmeleri gereklidir. Akış hattına dik açıyla yerleştirilmiş uzun ve sürekli giriş denetimi pozisyonları akış prensiplerine uygun olmayabilirler. Giriş denetimi pozisyonları kabul edilebilir personel giderleri ve verimli yolcu akışıyla uyumlu kullanım sağlayabilmek üzere uygun büyüklükte birimler halinde gruplandırılmalıdır. Bir grupta gereğinden çok pozisyon bulunması akış prensipleriyle kabul edilemez düzeyde bir anlaşmazlığa yol açarlar ve çakışmalar ve karışıklıklar sebebiyle akış hızı düşer. Pozisyon sayısı arttıkça yolcu akışı da o düzeyde bozulma gösterir. Şekil 2.6' da FAA'nın bilet kontrol noktası yerleşim şekilleri belirtilmiştir (Erkan, 2012).



Şekil 2.6. Bilet kontrol noktası mekânı yerleşim şekilleri (FAA, 1980)

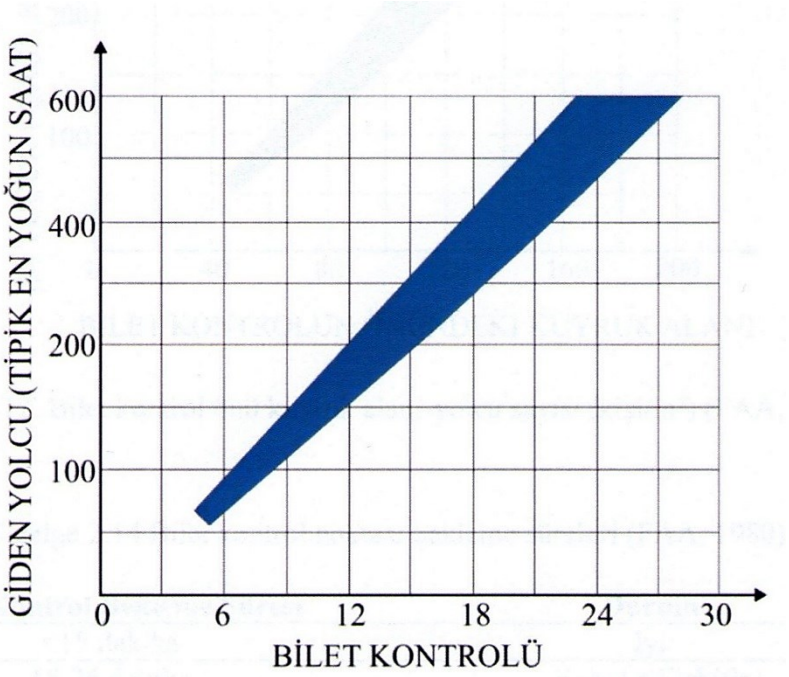
ICAO (2004)'e göre check-in bankolarının mekân standartlarını Erkan (2012) görselleştirmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Bilet kontrol noktası mekân standartları (ICAO, 2004)

Bilet kontrolü için kaç adet kontuara gerek duyulduğu, bir yolcunun bilet kontrol işlem süresi ile yolcuların bilet kontrol noktasına geliş dağılımına bağlıdır.

FAA, bu gereksinimi Şekil 2.8'de görüldüğü gibi tipik en yoğun saate göre düzenlemiştir (Erkan, 2012).



Şekil 2.8. Bilet kontrol noktası–yolcu (kişi/adet) (FAA, 1980)

Uçak operatörlerinin bilet satışları, bekleyen yolcu kayıtları ve danışma: Bilet alan ya da bekleme rezervasyonu yaptıran yolcular, bu işlemlerini giriş denetimi yaptırmadan tamamlamak zorundadırlar. Benzer şekilde, yolcular bilet almadan ya da bekleme rezervasyonlarını yaptırmadan önce uçak operatörlerine danışma ihtiyacı duyabilirler. Giriş denetimi noktalarına ulaşımı engellememeleri açısından, bu hizmetler ana akış güzergâhlarının dışına yerleştirilmiş olmalıdırlar.

Kambiyo işlemleri: Bilet alan ya da havaalanı vergisi ödeyen yolcular, çek bozdurmak ya da kambiyo işlemleri yapmak isteyebileceklerinden, giriş denetimi salonunda bir bankanın ya da kambiyo ofisinin bulunması gerekli olmaktadır.

Havaalanı vergisi ya da yolcu hizmet ücretleri: Ayrılan yolculardan havaalanı vergisi ya da hizmet ücreti talep edilen yerlerde, yolcuların bu ödemeyi bilet alırken gerçekleştirmelerini sağlayacak önlemler alınmalıdır. Bunun yapılamadığı koşullarda, bu ücretlerin giriş denetimi noktalarındaki kontuarların yakınında gerçekleştirilmesi için gereken düzenlemeler yapılmalıdır. Yolcuların toplanma noktasına gelmeden ya da kambiyo işlemi bürosunu geçmeden önce

yapmaları gereken bütün ödemelerden haberdar olmalarına büyük önem verilmelidir.

Ofisler: Uçak işletmeleri, giriş denetimi pozisyonlarında sıklıkla personel ofislerine ihtiyaç duyarlar. Bu ofisler, giriş denetimi sisteminden, giriş denetimi pozisyonlarının ve arkasında kalan alanların görülmesini engellemeyecek şekilde yerleştirilmiş olmalıdır. Yolcular önlerinde belirgin ve süreklilik gösteren akış güzergâhları gördüklerinde bina içerisinde rahatça hareket edebilirler. Ofislerin akış güzergâhları dâhilinde yerleştirilmeleri arttıkça görsel sürekliliği sağlamak zorlaşacak ve ofisler için gereken ek mekânlar sebebiyle güzergâh uzunlukları artacaktır. Bu sebeple bu alan içerisine yalnızca giriş denetimi hizmetlerinin yürütülebilmesi için gerekli olan minimum sayıda ofis yerleştirilmelidir. Bu ofisler her giriş denetimi pozisyonu grubunun arka tarafını oluşturmalı ve yolcu akış hatları ofislerin arka taraflarından geçmelidir.

Uçuş bilgileri: Yolculara uçakları binmek için hazır olduğunda ya da rötarlar söz konusu olduğunda bilgi verilmesi gereklidir. Bu işlem genellikle hoparlör anonsları yolu ile gerçekleştirilmekle birlikte bu yöntem kalabalık havaalanlarında, sürekli devam eden anonslar sebebiyle yolcuların kendilerini ilgilendiren anonsları kaçırmalarını ya da kalabalık yüzünden çok yüksek sesle yapılan anonslar yüzünden bina çalışanlarının rahatsız olmaları gibi sorunlar yaratabilir. Bu sebeple uçuş bilgilerinin görsel yollardan verilmeleri gerekli olmaktadır. Uçuş bilgisi ışıklı panoları, giriş denetimi sisteminin ve bekleme alanlarının planlanması sırasında düşünülmelidir. Bu panolar söz konusu alanların tüm temel kısımlarından görülebilecek, ancak yolcuların ana akış güzergâhlarını görmelerini engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidirler. Büyük binalarda giriş denetimi ve bekleme alanlarının tüm kesimlerinden görülebilecek panoların boyutları yukarıda verilen koşullarla uyumlu olmayabileceği için her mekâna birden fazla pano yerleştirilmesi gerekli olabilmektedir.

2.3.3. Bagaj işlemleri

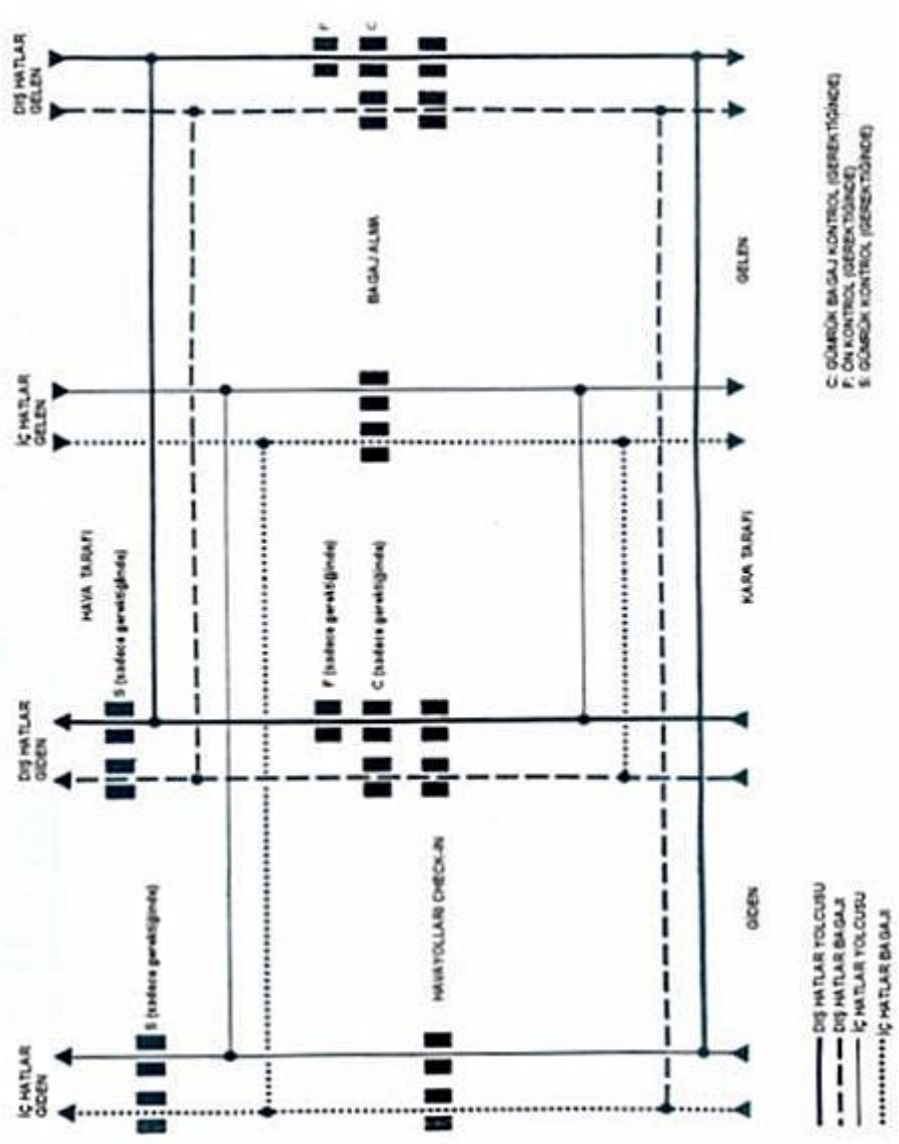
Yolcu akış güzergâhlarının, yolcuların bagajlarını yanlarında bulundurdukları kesimleri için, yolcu akış prensipleri bagajlar için de aynen geçerlidir. "Bagaj akışı" terimi özellikle bagajların yolculardan ayrıldıktan sonra tabi oldukları işlemler için kullanılmaktadır. Genel planlama prensipleri bagaj sistemlerinin planlanması için de kullanılmakla birlikte, yolcu ve bagaj akışlarının bir araya geldiği anlarda yolcuları Yolcu akış güzergâhlarının, yolcuların bagajlarını yanlarında bulundurdukları kesimleri için, yolcu akış prensipleri bagajlar için de aynen geçerlidir. "Bagaj akışı" terimi özellikle bagajların yolculardan ayrıldıktan sonra tabi oldukları işlemler için kullanılmaktadır. Genel planlama prensipleri bagaj sistemlerinin planlanması için de kullanılmakla birlikte, yolcu ve bagaj akışlarının bir araya geldiği anlarda yolcuları ilgilendiren noktaların dikkate alınması gerekmektedir. Dikkate alınması gereken bu noktalar aşağıdaki faktörleri içerir (USHT,1987):

a) Bagaj ve yolcu akışları hız ve kapasite açısından uyumlu olmalıdır.
b) Akış güzergâhları, yolcu veya araç akışlarıyla çakışmamalıdır.
c) Bagajların değişik aşamalarda işleme tabi tutulabilmeleri için akış güzergâhları kolay erişilebilir olmalıdır.
d) Akış sistemleri minimum sayıda bireysel işlem içermeli ve akış düzgün ve kesintisiz olmalıdır.
e) Yolcular bagajlarını mümkün olan en erken noktada denetim ettirme şansına sahip olmalıdırlar.
f) Bagaj bildirim sistemleri, yolcuların görüş alanında bulunmalı ve onlara bagajlarını kendi başlarına denetim etme şansını tanımalıdır.
g) Akış güzergâhları uygulamada olan işletim sistemine (mekanik pervaneli konvoylar, taşıyıcı bantlar gibi) göre değişiklik gösterebilir.
h) Paletli sistemler uçak bagaj bölmeleri ve yükleme sistemleri ile uyumlu olmalıdır.

Normal olarak gerekli olmamakla birlikte, belirli bazı uçuşlar için ya da bazı bölgelerde bagajlar için güvenlik denetimine ihtiyaç duyulabilir. Bu denetimin

türü çevre koşullarına ve uygulanacak denetim yöntemine göre değişiklik gösterir. Bagaj güvenlik denetimleri uçuş giriş denetiminden önce gerçekleştirilmelidir. Kullanılan sisteme bağlı kalınmaksızın bagaj akışı, transfer uçuşlara ait bagajlar da dâhil olmak üzere uçağa yüklenerek tüm bagajların aynı denetimden geçirilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Şekil 2.9' da göz önünde bulundurulması gereken olası tüm işlem çeşitlerini içeren yolcu ve bagaj akış sistemleri gösterilmektedir (Wright, Ashford ve Stammer, 1998).

Havaalanından uzak bir noktada bagaj denetimi: Yolcuların bagajlarından yolculuğun mümkün olan en erken evresinde kurtulmaları büyük rahatlık sağlamaktadır. Geçmişte bazı havaalanları şehirde düzenlenmiş terminal noktaları gibi havaalanı dışındaki mekânlarda bagaj denetimi imkânları sağlamaktaydı. Bununla birlikte güvenlik açısından, yolcuların uçağa binmesinden önce bagajlarını bulmakta zorluk çekecekleri kabul edilerek bu yöntem günümüzde uygulanmamaktadır.



Şekil 2.9. Yolcu ve bagaj akışı diyagramı (USHT, 1987)

Giden yolcu bagaj akışları: Bagaj hizmetleri, bir akış planı olarak analiz edilmeli ve bütün sistemler maksimum esnekliğe sahip olmalılardır. Buna benzer bir şekilde tüm bagaj alanları, yeni sistem ve işlemlerin adaptasyonuna imkân sağlayacak şekilde azami açıklıkta ve engellerden arınmış olmalıdır. Giriş denetimi işlemleri yapıldıktan sonra, bagajlar uçuş gruplarına göre düzenlenmeli ve daha sonra tekrar alt gruplarına (gidecekleri havaalanı, transfer bagajları ve/veya taşınmaları gereken uçak depoları gibi) ayrılmalıdırlar. Gümrük denetiminin mevcut olduğu hallerde, bagajlar bu denetime teslim edilmelidir. Bu sebeple, bagaj sisteminin yukarıda belirtilen fonksiyonlara yönelik tesisleri bünyesinde bulundurması gerekmektedir. Çok küçük havaalanları dışındaki

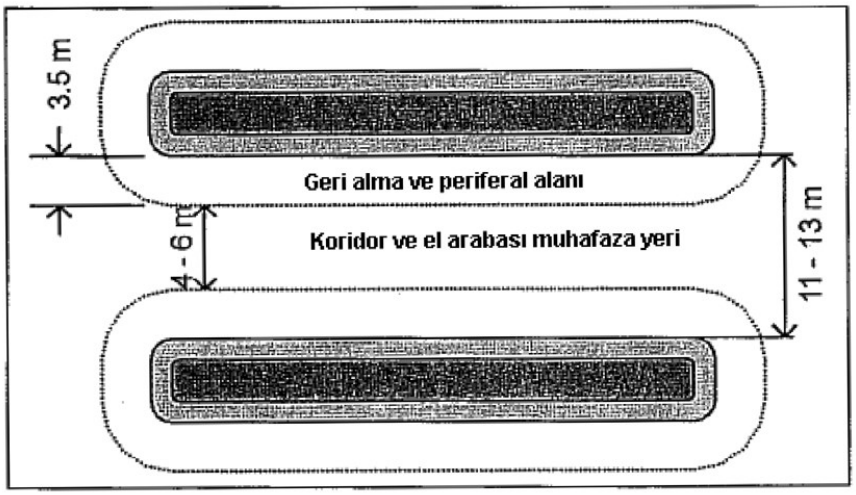
havaalanlarında bu sistem en iyi sonuçları bagaj işlemlerinin giden yolcu katının altında bulunan ayrı bir katta gerçekleştirildiği durumlarda vermektedir.

Bagaj işlem sistemleri: Bagaj işlem sistemlerinin seçimi, trafik cinsine ve işçi bulunabilmesi ile bunların maliyetiyle yerli işçilerin mekanik ekipmanı işletme ve bakımını yapma yetenekleri gibi yerel faktörlere bağlıdır. Trafik hareketlerinin hızı elle çalıştırılan sistemlerin kapasitesini çok çabuk aşabildiği için mekanik veya otomatik bagaj düzenleme sistemlerine sıklıkla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gibi sistemlerin el ile çalıştırılan sistemlere göre daha az yer kaplama avantajları olabilmektedir. Bagaj düzenleme sistemleri giriş denetimi sistemlerinden fazlasıyla etkilenebildikleri için iki işlemi bir araya getiren bazı sistemler geliştirilmiştir. İki sistemin fonksiyonel olarak birbirlerinden ayrı oldukları durumlarda bile, bagaj sisteminin ne şekilde olduğu, giriş denetimi sistemi tarafından belirlenebilir. Bu sebeple giriş denetimi için uygulanabilecek yönetim politikası en başta belirlenmeli ve bagaj sistemi konularını da içermelidir.

Bagaj güvenlik denetimi: Bagaj güvenlik denetimi teknikleri büyük farklılıklar gösterir ve elle denetim ya da cihazlarla denetim yöntemlerini içerir. Genellikle bagajların güvenliğe yönelik denetimleri yalnızca çok sıra dışı tehlikeli bir durumun olabileceğine inanıldığında gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple tüm bagajların bu denetimden geçirilmesine gerek yoktur. Bununla birlikte, belirli bir uçuş için güvenlik önlemlerinin alınması durumunda, o uçuşa dâhil olacak tüm bagaj, kargo ve postanın aynı tip denetimden geçirilmesi çok önemlidir. Bagaj akış sistemi, bagaj işlemleri ya da havaalanı işletiminden geçmemiş olan kişilerin bagajlara ulaşmalarını engelleyecek şekilde düzenlenmiş olmalıdır. Bununla birlikte belirli bazı durumlarda, bagajların içerisine gizlice bir şeyler yerleştirilmediğinden emin olmak için, yolcuların yükleme yapılmadan önce bagajlarını bulmaları, açmaları ve araştırmaları gerekebilmektedir.

Bagaj alma bölümü yerleşimi: Hiçbir yerleşim tarzı her tür bagaj alanında kullanılmasına neden olacak kadar çok avantaja sahip değildir. Göz önünde bulundurulması gereken temel faktörler bagajın seyahat etmesi gereken

mesafenin doğrudan fonksiyonu olan işlem süresi ile bagajın uçağa getirilebilmesi için binanın hava tarafında yeterli miktarda pozisyonun sağlanmasıdır. Bagajın yolcu binası ile uçak arasında taşınmasına yönelik en ucuz ve en esnek sistem apron araçları tarafından sunulmaktadır. Bagaj alanındaki taşıt yükleme pozisyonlarının boyutları ve şekli taşıtların tipine (örneğin yol taşıtları ya da baştaki hareketli araç tarafından çekilen küçük trenler) bağlıdır. Büyük uçaklardan pek çoğunda bagajların yolcu binasında yüklenip boşaltılan konteynırlarla taşınmasına olanak sağlayan ekipman vardır. Bu sistem giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve bu durum kullanılan apron taşıtlarının tipini etkileyebilir. Bununla birlikte konteynır tipleri uçaktan uçağa farklılık gösterebilir ve uçak operatörleri bagaj işlemleri için farklı yöntemler uygulayabilirler. Bu sebeple bagaj saklama ve yükleme alanlarında, değişik tipteki konteynır türleri ile konteynırlara konmamış bagajları yükleyebilecek sistemler sağlanmalıdır. IATA, Bagaj alım bölgesi standartlarını belirtmiştir. Şekil 2.10' da bagaj alım bölgesinin ölçülerini gösterilmektedir.



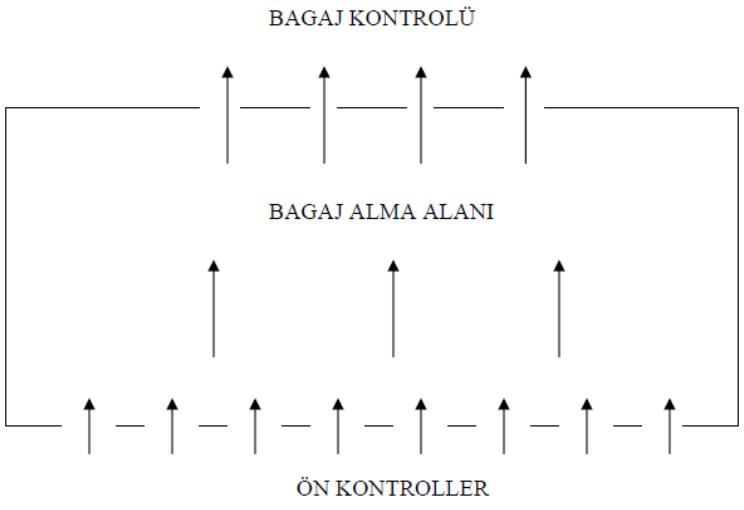
Şekil 2.10. Bagaj alım bölgesi ebatları (SHGM, 2010)

Giden yolcu gümrük bagaj denetimi: Gümrük bagaj denetimleri, bagajların uçak işletmeleri tarafından tekrar tekrar denetim yapılmasını ve dolayısıyla daha uzun yer işlem sürelerini ve daha yüksek maliyetleri engelleyecek şekilde yerleştirilmelidir. Hükümet yönetmelikleri, uçak deposunda veya yolcuların elinde taşınacak olan kayıtlı bagajların denetim edilmesini gerektirebilir. El çantaları yolcularla birlikte hareket ettikleri için herhangi bir noktada

denetimden geçirilebilirler. Ancak kayıtlı bagajlar, giriş denetimi sırasında teslim edilip uçağa yüklenmek üzere hava tarafına gönderilirler. Denetimlerin rastgele ya da sürekli olmasına ve hangi yöntemle uygulandıklarına bağlı olarak hükümet yönetmelikleri tarafından alternatif yöntemler şart koşulabilir. Gümrük denetimi giriş denetimi noktasında gerçekleştirilecekse, hizmet süresi gözle görülür bir şekilde artar ve buna bağlı olarak giriş denetimi tesislerindeki akış düşer ve ek giriş denetimi tesisi ihtiyacı ortaya çıkar. Oluşacak uzun akış güzergâhları yolcu rahatlığı ve akış hızı üzerinde olumsuz etkiler yaratacağından fonksiyonlar birbirlerinden ayrılmalıdırlar.

Gümrük yerleşimi: Bagaj denetim denetimi ile birlikte, gümrükler de yönetim işlemleri ve yönetmeliklere aykırı görülen yolcularla ilgili görüşme ve araştırma yapmak için kullanabilecekleri ofislere ihtiyaç duyarlar. Bu ofisler için de giriş denetimi ofisleri için geçerli olan kurallar geçerlidir. Bu alandaki gümrük ofisleri için ayrılacak yer bagaj denetimi için gerekli olanla sınırlandırılmalı ve yönetim ofisleri ile dinlenme odaları gibi mekânlar bina içerisinde bir başka alana yerleştirilmelidir.

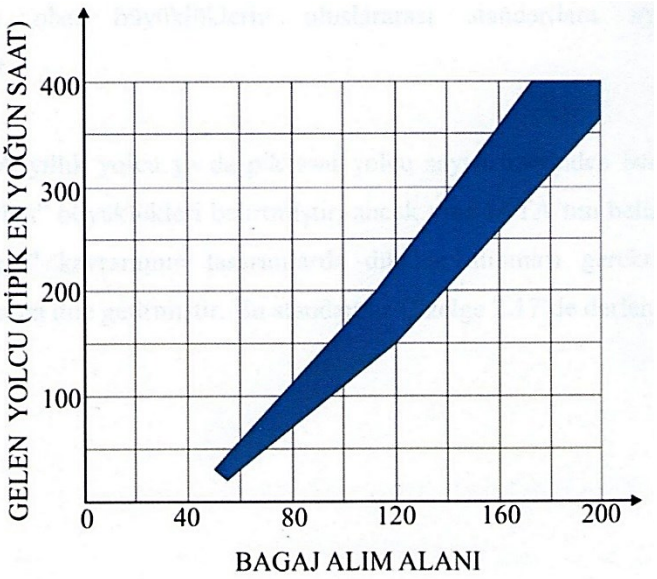
Bagaj bildirimi: Bildirim alanında herhangi bir zamanda bulunan bagaj ya da yolcu sayısının oldukça az olması durumunda elle çalıştırılan ve yolcuların kendi bagajlarına doğru ilerlemeleri mantığına dayanan basit işlemler yeterli olmaktadır. Bagaj alma işlemi akışı Şekil 2.11' de verilmiştir.



Şekil 2.11. Bagaj alma akışı (USHT, 1987)

Bununla birlikte çok sayıda yolcunun aynı anda bagaj bildirimi yapmaları durumunda bu sistem karışıklığa yol açabilir. Yolcu akış hızları ve uçak boyutları arttıkça, bagaj bildirim sistemleri yolcuların gelişigüzel hareket etmelerini engelleyecek şekilde düzenlenmelidir. Yüksek akış hızlarında, gelişigüzel hareketler, bagajın yolcuların önünden dönen bir tabla ya da taşıyıcı bant üzerinden geçirilmesi ile sağlanabilir.

FAA (1980), toplam bagaj alım alanının havalimanına inen toplam yolcu sayısı ile orantılı olduğu Şekil 2.12'de belirtilmiştir.



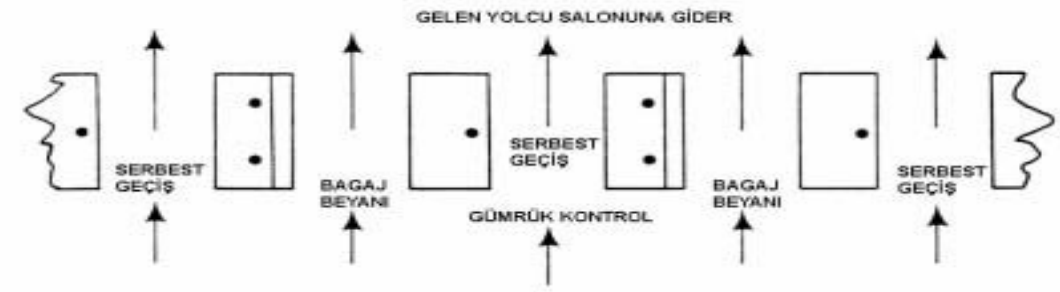
Şekil 2.12. Yolcu sayısı /bagaj alım alanı (kişi /m^2) (FAA,1980)

Bagaj alım bandının yeterli uzunlukta olması ve yolcuların bu banda yanaşabilir olması gerekmektedir (FAA, 1980).

Sınır denetimlerinin arkasında ve bagaj bildiriminin ön tarafında yolcuların, bagajların uçaktan çıkartılması geciktiğinde bekleyebilecekleri bir alan sağlanmalıdır. Bildirim alanında sağlık veya pasaport denetimi yüzünden geciken yolcuların bagajlarının saklanabileceği tesisler de sağlanmalıdır. Yanlış gönderilen ya da bildirilmeyen bagajlar bildirim alanından çok, yolcu işlem alanının yakınında sağlanacak tesislerde korunmalıdır.

Gümrük denetimi: Uluslararası havaalanlarında yolcular bagaj bildiriminden gümrük bagaj denetimine doğru bir akış gösterirler, bu durum Şekil 2.13' te verilmiştir. Uygulanabilecek değişik sistemler bulunmakla birlikte, hangisinin seçileceği genellikle duruma uygun yönetmelikler tarafından belirlenir. Tüm yolcu denetimleri için gümrük denetimi bir "tarak" şeklinde düzenlenmelidir. Denetim içinden geçen akış hatları, gümrüğe bildirilecek eşyaları olan yolcuların diğer yolcuları engellemeyecekleri şekilde düzenlenmelidir. Uluslararası havaalanlarında, havaalanı yöneticileri ve ilgili diğer acentalara da danışarak, yolcuların ve bagajlarının içeri doğru yönlendirilmesini sağlayan çift kanallı sistemler kullanılması önerilmektedir. Söz konusu sistem, yolcuların iki farklı tip kanal arasında seçim yapmalarına olanak sağlamalıdır:

a) Yeşil renkteki kanal, yanlarında gümrüğe bildirilecek eşyaları olmayan ya da ithalat kısıtlamalarına tabi olmayan malzemeler bulunan yolcular için.
b) Kırmızı renkteki diğer kanal ise diğer yolcular için kullanılmalıdır.



Şekil 2.13. Gümrük denetimi (USHT, 1987)

Bu akış hatlarına; normal, hızlı ve kesintisiz akışı bozmadan istenildiği şekilde rastgele seçilmiş denetimler uygulanması mümkündür. İkinci kategorideki akış hatları normal uygulamalarda gümrük görevlilerinden geçmek zorundadır. "Kırmızı" ve "yeşil" kanalların uygulamaya konması ile birlikte, yerel koşullara göre toplam hat sayısının bilinmesi koşulu ile akış hatlarının sayısı belirli bir zamanda ortaya çıkan ihtiyaca göre ayarlanmalıdır.

Gelen yolcu bagaj akışı: Uçak ile yolcu binası arasında üzerlerine bagajların yüklendiği ve taşındığı konteynırlar ve taşıtlarla ilgili olarak ele alınması gereken

noktalar kalkış kısmı için geçerli olanlarla aynıdır. Bagajlar, yolcu bagaj bildirim sistemine ya da transit ve transfer yolcular için kalkış alanına ulaştırılmalılardır. Taşıtların kolay manevra yapabilmeleri ve boşalmış konteynırların depolanabilmeleri için yeterli alana ihtiyaç vardır. Her bagaj ulaştırma sisteminin yanında, sözü geçen bazı ya da bütün tesislerin bir arada kullanımına imkân tanıyacak yeterli alan sağlanmalıdır. Sağlanması gereken bir diğer konu da dış bagaj dizim alanı ve boş konteynırlar ile bagaj için sağlanan geniş depo alanlarıyla uygun şekilde bağlantıdır. Uçaktan gelen taşıtların engellerle karşılaşmaması için tek yönlü bir araç akışı sağlanmalıdır. Bu noktada bagaj işlemleri sık sık gecikme göstermektedir ve bagajların bildirim alanına yolcu akış hızına denk bir hızda gerçekleştirilebilmesi havaalanı işletiminin en önemli yapı taşlarından birisidir.

Transfer bagajları: Uluslararası uçuşlar arasında transfer yapan yolculara bagajlarının en son hedeflerine ulaşmalarına kadar bildirim yapılmaması gerekmektedir. Bu tipteki bütün yolcuların bagajları, bagaj taşıt yükleme alanında belirlenmeli ve direkt olarak, diğer kalkış bagajlarıyla bir araya getirilmek üzere kalkış bagaj düzenleme alanına gönderilmelidirler. Bagajların uçuşlar arasında mümkün olan en az gecikme ile bağlantılarını sağlamak üzere transfer sistemi mümkün olduğunca doğrudan ve hızlı olmalıdır. Uluslararası uçuşlardan iç hatlara transfer yapan yolcular genellikle gümrük denetiminden geçerler ve bu sebeple bu yolcuların bagajlarına normal iniş bagajı işlemi yapılarak bagaj bildirim alanına taşınırlar.

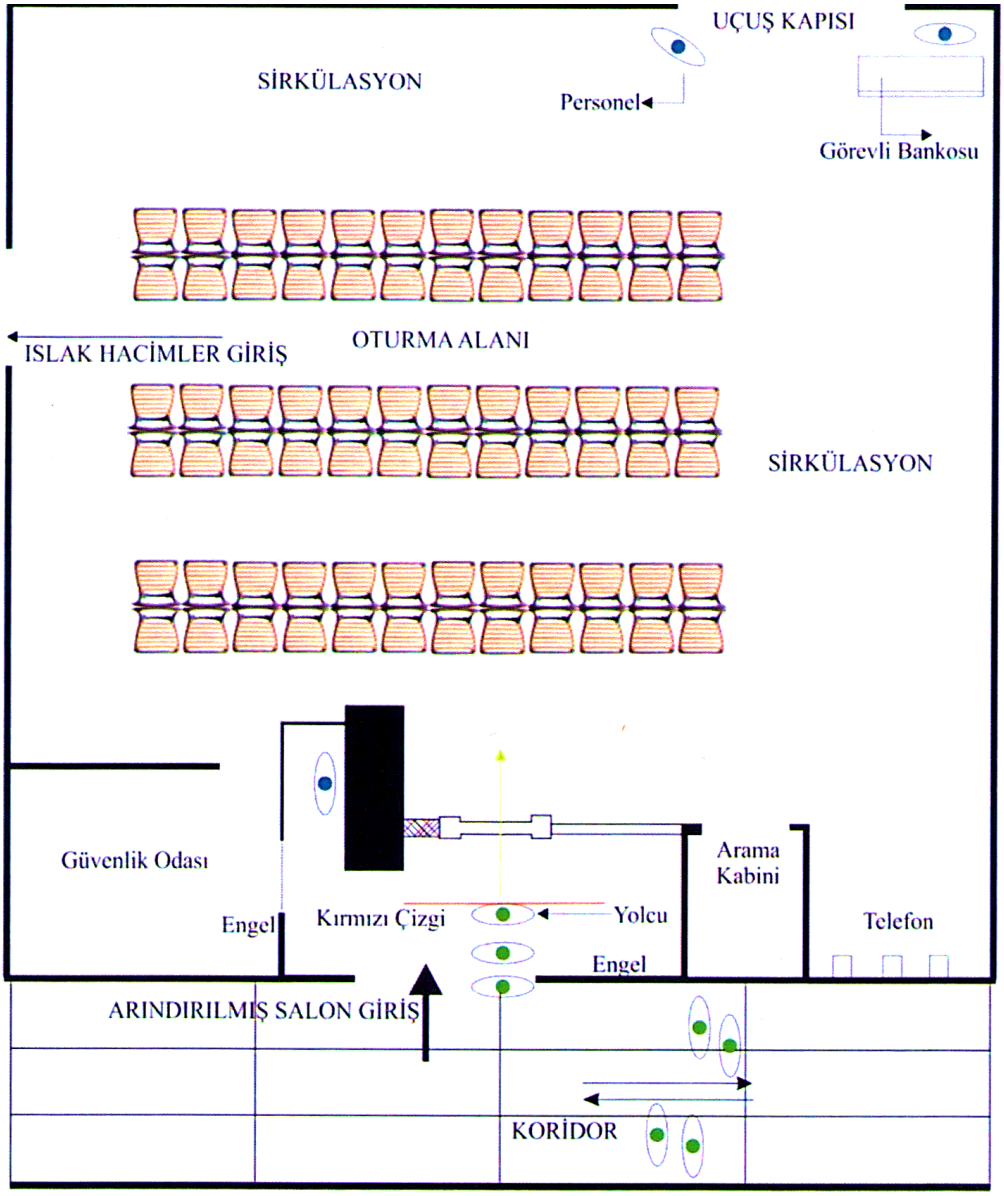
2.3.4. Arındırılmış salon

Arındırılmış salon, bagajsız ya da sadece el bagajı bulunan yolcuların terminal içindeki check-in cihazları kullanarak veya internet üzerinden online check-in yaptırarak, bagajlı yolcuların ise bilet kontrol bölgesinde işlemini yaptırıp uçuş kartlarını almış yolcuların, bir güvenlik kontrolünden daha geçerek uçak ile terminal binasının birleştiği kapı bölgesinde uçağı beklediği bölümdür.

Arındırılmış salon güvenliğini geçtikten sonra yolcular uçuş için hazır durumdadırlar. Bu mekânda yolcuların ihtiyaçları için oturma alanları, yiyecek-içecek ve alışveriş mekânları gibi alanlar bulunmaktadır.

Yolcular uçuş vakti geldiğinde uçuş kartlarını görevli bankosundaki yetkiliye kimliklerini ve/veya pasaportlarını ibraz ettikten sonra uçuş körüğüne ya da aprona geçmesine izin verilmektedir.

Erkan (2012), ICAO (2004)'e göre arındırılmış salon mekânını görselleştirmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Arındırılmış salon (ICAO, 2004)

Birtakım kaynaklarda arındırılmış salon, giden yolcu salonu olarak ya da kapı önü bekleme alanı olarak da adlandırılmaktadır. FAA (1980), arındırılmış salon büyüklüğünü uçuşa hazır uçak koltuğu başına 1 m^2 alan ayrılması gerektiğini belirtir. Uçak koltuk kapasitesi ile giden yolcu salon büyüklüğü arasındaki ilişki Çizelge 2.10'da belirtilmiştir.

Çizelge 2.10. Arındırılmış salon mekân ihtiyaçları (FAA, 1980)

Uçak Koltuk Kapasitesi	**Giden Yolcu Salon Büyüklüğü (m^2)**		
	Uçak Doluluk Oranı		
	%35-45	**%55-65**	**%75-85**
<80	35	50	65
81-110	60	80	105
111-160	80	120	140
161-120	110	150	190
221-280	140	190	235
281-420	205	280	355

IATA (2004), giden yolcu salonu büyüklüğünün hesaplanmasında formül (2.2) geliştirmiştir.

$$\boldsymbol{ASB = S\left[\left(\frac{C*U*I}{60}\right) + \left(\frac{C*V*K}{60}\right)\right]} \quad (2.2)$$

Burada;

ASB: Arındırılmış salon büyüklüğü (m^2)

S: Öngörülen mekân standardı (m^2/yolcu) (IATA hizmet düzeyi verisinden)

U: Uzun mesafe yolcusunun ortalama bekleme süresi (saat)

I: Uzun mesafe yolcusunun toplam yolcu sayısına oranı (%)

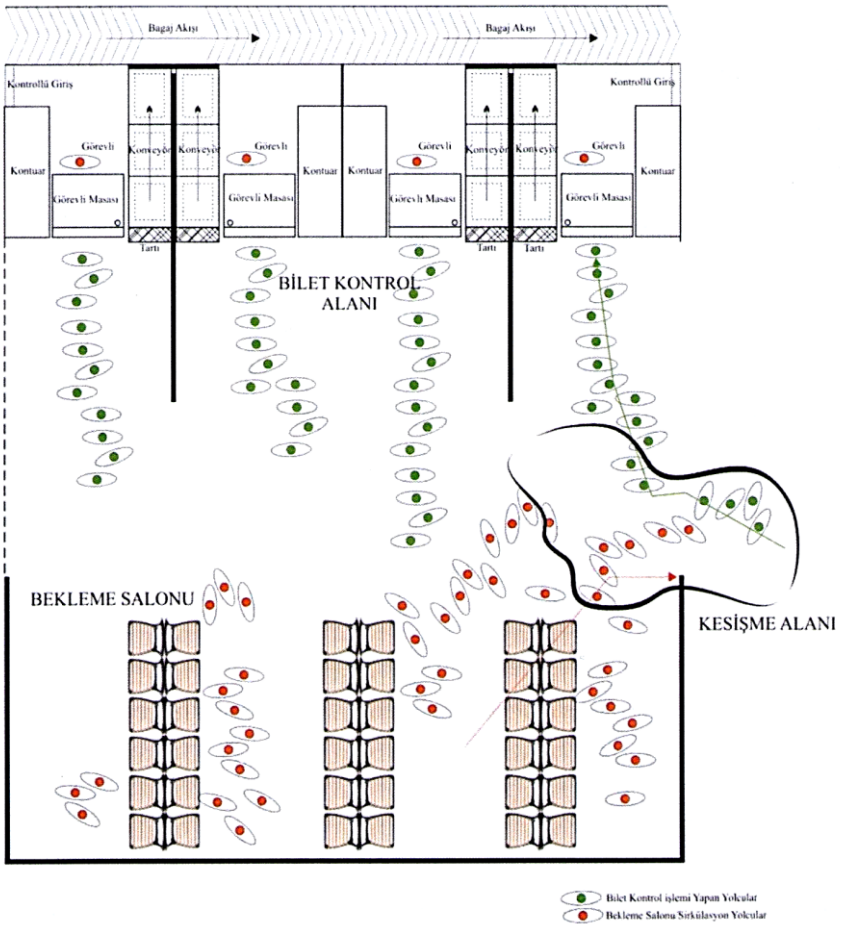
V: Kısa mesafe yolcusunun ortalama bekleme süresi (saat)

K: Kısa mesafe yolcusunun toplam yolcu sayısına oranı (%)

C: Kapı sayısı

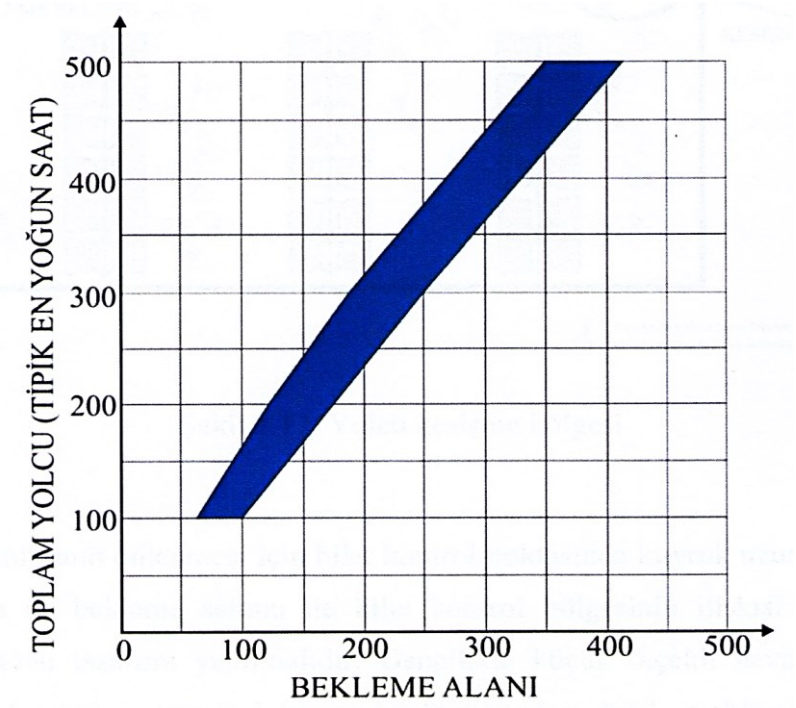
2.3.5. Terminal serbest dolaşım alanları ve diğer alternatif hizmetler

Belirli bazı yolcu işlem sistemleri için uçak kapılarında ya da uçak kapılarına yakın yerlerde bekleme alanlarına ihtiyaç duyulabilir. Bu tip alanların formasyonu ve kullanımı yolcu binasının uçakla bağlantısında kullanılan sistemlere bağlıdır. Bekleme alanları ön konumlara yerleştirildiklerinde, yolcu binası içindeki ana bekleme alanının formasyonunu ve kullanımını etkileyebilirler. Bekleme alanı bazı yolcu hizmetleri için en uygun mekân olabilir. Bununla birlikte bekleme alanları, fonksiyonların birbirlerinden ayrılması ve ana akışlar için engellenmemiş güzergâhlar oluşturulması açılarından çok büyük önem taşımaktadır. Erkan (2012), bunların yanı sıra bekleme alanının bilet kontrol alanı kuyruklaması ile tasarlanma yöntemi oldukça önemlidir. Şekil 2.15'te görüldüğü gibi kuyruk uzunlukları arttıkça yolcu kesişme alanları oluşur, akış yavaşlar, bu da toplam süreyi etkiler.



Şekil 2.15. Yolcu kesişme bölgesi (Erkan, 2012)

Terminal binasının bekleme ve dolaşım alanlarının büyüklüğü doruk saat yolcu hacmine ve karşılamaya ya da uğurlamaya gelen kişilerin sayısına bağlıdır. Bu alanın kapasitesini belirleyen diğer değişkenler ise bu alanın kullanım süresi, yolcu başına düşen alan ve uçuş tipidir. Bu salonlar yolcuların dolaşımı, beklemesi ve kuyrukta beklemesi ve tuvalet, kafeterya ve mağazalar gibi olanaklar için gereken alanları sağlamalıdır. Tüm uçağa biniş kapılarında gidiş bekleme salonları mevcut ise doruk saat yolcu ve yanlarındaki kişilerin % 15-25' i için, eğer bu salonlar mevcut değilse % 70'i için oturma yerleri temin edecek biçimde düzenlenmektedir. Oturma ve dolaşım için genellikle kişi başına gereken alan yaklaşık 1,86 m^2' dir (Horonjef ve McKelvey, 1994). Şekil 2.16' da FAA (1980)'nın belirlediği lobi bekleme alanı ve yolcu ilişkisini göstermektedir.



Şekil 2.16. Yolcu sayısı/bekleme alanı (kiş/m^2) (FAA, 1980)

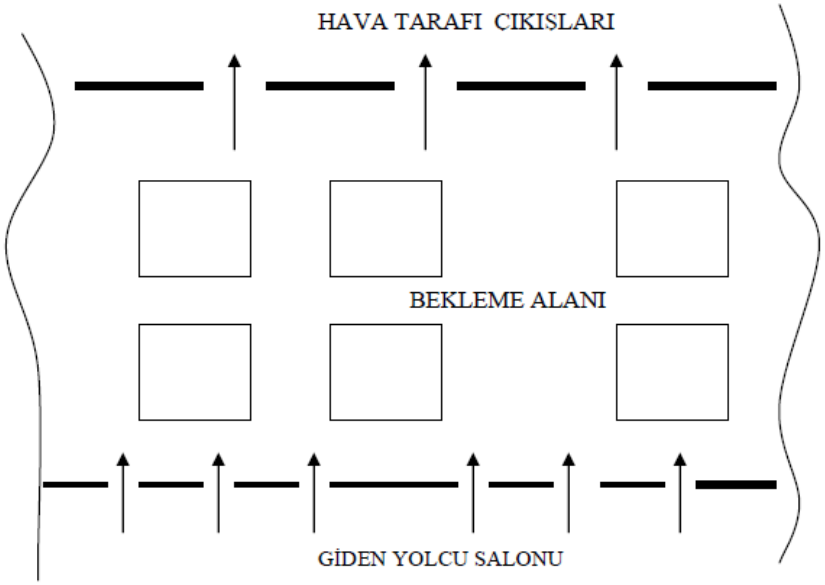
Gidiş salonu, uçağa binmeyi bekleyen yolcular için bir toplanma alanı olarak kullanılmaktadır. Yolcuların uçağa alınmalarının başladığı zaman olan uçuş zamanından 15 dakika önce, bu salonda olması beklenen yolcuları barındırabilecek büyüklükte düzenlenmektedir. Bu salon yolcular için oturma yerleri, havayolu işlemleri ve yolcu kuyrukları için yeterli bir alan temin etmelidir. Bu salonda her bir yolcu için gereken alan 0,93 ila 1,39 m^2 arasındadır

(Horonjeff ve McKelvey, 1994). Bu alanın kapasitesini belirleyen değişkenler uçak tipi, yolcu başına alan, salon tipi ve uçuş türüdür.

Kapı önü bekleme alanlarının kapasitesi, herhangi bir zamanda alanda bulunması gereken yolcu sayısı kullanılarak belirlenmelidir. Alanda geçirilen süre, bir anlamda yolcu işlem sisteminin bir yansımasıdır ve toplam yolcu akışının hemen uçağa giden yüzdesi ile geri kalan yolcuların söz konusu alanda geçirdikleri ortalama sürenin belirlenmesi için bir araştırma yapılması uygun olabilir. İhtiyaç duyulan alan uygun görülen rahatlık derecelerine bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Ayrıca, alanda geçirilen ortalama süre, iklim ve yerel gümrük şartları da göz önünde bulundurulmalıdır. İhtiyaç duyulan kapasite yolcu akış hızı, bekleme alanında geçirilen ortalama süre ve bu alanda yerine getirilen işlemlere bağlı bir fonksiyondur. Söz konusu kapasite, giriş denetimi ve uçağa yükleme akış hızları arasındaki farkları süspanse etmeye yeterli olmalıdır. Bekleme alanından dışarı ilerleyen akışın hızı uçak apron hareket hızları ve uçak operatör işlemleri kullanılarak hesaplanır. Alan içine giren akış hızı, kara tarafı ulaşım sistemiyle ilgili faktörleri yansıtabilir. Bu etkilerden hangisi belirleyici faktörse, o etki dikkatle hesaplanmalıdır. Mümkün olan en düzgün akış güzergâhlarının elde edilebilmesi için bekleme alanı kalkış bölümüyle aynı uzunluğa sahip olmalıdır. Her bir ana akış hattı için girişler sağlanmalıdır. Doğrudan uçaklarına giden yolcular için başka akış ya da fonksiyonlardan etkilenmeyen düzgün ve açık güzergâhlar, girişten direkt olarak hava tarafı çıkışlarına yönlendirilmelidir. Hemen uçaklarına binmek istemeyen yolcular, normal olarak uçağa ilerleyen yolcu akımın yanında ve onu engellemeyecek şekilde yerleştirilmiş olan bekleme alanına geçeceklerdir. Akış planlama kavramı yolcuların bekledikleri süre boyunca da geçerlidir ve uygulanması gereken genel planlama prensibi, bekleme alanı ve hizmetlerinin, en uzun bekleme süresine sahip yolcuların bile kapılara giden çıkış güzergâhlarını engellemeyecekleri şekilde yerleştirilmelerini sağlamaktır. Bekleme alanındaki yolcu dolaşımı yani oturma mekânları, hizmetler ve tuvaletler arasındaki trafik gelişigüzel dağılmış olup yeterli yere ihtiyaç vardır.

Yolcular genellikle uçaklarına mümkün olduğu kadar çabuk binmek istediklerinden, bu bekleme alanlarından dışarı doğru ilerleyen akımlarda fazla

yüklenmelere sebep olabilir. Uçuşların rötarlı olarak gerçekleşeceği ve bütün yolcuların beklemelerini gerektiren zamanlarda, özellikle çok büyük kapasiteli uçaklar söz konusu olduğunda bu yüklenmeler daha da artar. Bu nedenle, çıkışlara doğru, bekleme alanlarından uçağa en hızlı ve en kolay akışı sağlayacak güzergâhlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yolcuların bekleme alanını mümkün olan en direkt ve çabuk şekilde terk etmelerini sağlamak için hava tarafının ön kesiminde boydan boya Şekil 2.17' de gösterildiği şekilde çıkışlara doğru ilerleyen güzergâhlar olmalıdır. Uçak operatörlerinin uyguladığı yükleme geçiş denetimi gibi her tür işlem ve denetim bekleme salonu dışındaki bir noktadan yürütülmelidir.



Şekil 2.17. Bekleme alanları (USHT, 1987)

Bir bekleme alanının çok büyük olması durumunda, planlama sırasında çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. Yolcular apronu ve uçağı rahatlıkla görebilecekleri konumları tercih ederler ve mesafeler büyüdükçe görsel sürekliliği sağlamak zorlaşır. Bu sebeple, kara tarafı ve hava tarafı arasındaki mesafe çok büyükse, bu durum kara tarafı gereğinden az kullanılırken hava tarafının gereğinden fazla kalabalıklaşmasına ve çıkış akışının engellenmesine yol açar. Büyük yolcu binaları için, uygun bir çözüm bulmak oldukça zordur çünkü ilgilenilmesi gereken yolcuların sayısının yüksek olması kara tarafı ile hava tarafı arasındaki mesafenin istenilen değerlerin üzerine çıkmasına neden olur. Bu tip durumlarda, göz

önünde bulundurulabilecek bir çözüm ana bekleme salonunun üzerine bir balkon inşa edilmesidir.

Hizmetlerin yerleşimi bina içindeki akış oranını etkiler. Bu hizmetlerin birbirlerine göre olan yerleşimi ve akış yönleri, yolcuların bekleme alanı içinde dağıtılması ve alan içindeki dolaşımı azaltması açısından önemli bir etkiye sahiptir. Sunulan her alternatif hizmetin özellikleri, bu hizmetin karşılaşacağı kullanım tipi ve derecesi hakkında genel bir belirlemeye yol açar. Diğer alternatif hizmetleri en çok kullanan yolcular uzun bekleme sürelerine sahip olanlardır. Uçak kalkış saatleri yakın olan yolcular genellikle bekleme alanlarının çıkış bölgelerine yakın yerlerde yoğunlaşma eğilimi gösterirler. Alternatif hizmetleri alanda uzun süre kalacak yolcuları yoğun alanlar dışına çekebilmek amacına uygun olarak yerleştirmenin önemi büyüktür. Yolcu alternatif hizmetlerinin yerleştirileceği daha az aktivitenin bulunduğu bu alanlar, ana uçuş güzergâhları arasında ve bekleme alanlarının kara tarafı sınırı yanında bulunmalıdır.

2.3.6. Güvenlik denetimleri

Tüm yolcuların ve bagajların güvenlik denetiminden geçirilmesi, bir havaalanı yolcu terminal binasında gerçekleştirilen en önemli faaliyetlerden birisidir. Terminal binasının yapısına ve havayolu şirketlerinin politikalarına bağlı olarak güvenlik denetimi terminal binasının değişik bölümlerinde yapılmaktadır. Bunlar:

- Bir merkezde toplanmış güvenlik denetimi
- Gidiş salonuna girişte yapılan güvenlik denetimi
- Terminallere giden koridorların girişinde yer alan güvenlik denetimi

Güvenlik denetimi için yolcu ve beraberindekiler bir manyetometreden geçerlerken, yanlarındaki bagajları X-ışını cihazından geçmektedir. Tipik bir X-ışını ünitesi yaklaşık 11,15 m^2'lik bir alan gerektirirken, bir manyetometre 13,38 m^2'lik bir alan gerektirmektedir. Bu cihazların saatlik işlem oranı 500 ile 600 kişi arasında değişmektedir (Horonjeff ve McKelvey, 1994). Güvenlik denetimi için

gerekli alanın kapasitesini belirleyen değişkenler; yolcu bagaj sayısı, yolcu başına alan ve bagaj denetim süresidir.

Göçmen ve gümrük denetimi: Dış-hat yolculara hizmet veren uluslararası havaalanlarında yolcuların göçmen ve gümrük denetimleri içinde alana ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda dünyada gümrük denetimlerinde bir azalma gözlenmektedir. Her yolcu değil, sadece rasgele seçilen yolcuların bagajları açılarak gümrük denetimi yapılmaktadır. Bazı büyük uluslararası havaalanlarında ikili-geçit (kırmızı/yeşil) sistemi kullanılmaktadır. Gümrüğe tabi bir eşyası olmayan yolcular yeşil işaretli geçitten, gümrüğe tabi eşyası olan yolcular ise kırmızı geçitten geçmektedirler.

Göçmen denetimi için gereken alanın kapasitesini etkileyen değişkenler bankoların yerleşim düzeni, uçuş türü, yolcu denetim süresi, yolcu başına düşen alan ve banko sayısıdır. Gümrük denetim alanının kapasitesini belirleyen faktörler ise yolcu denetim süresi, denetim edilecek yolcu yüzdesi, yolcu başına alan ve bankoların sayısı ve yerleşim düzenidir.

Belirtilen açıklamalara göre terminal binasında verilen hizmet kalitesinin seviyesini belirleyen en önemli değişkenler bekleme süresi, bekleme kuyruklarının uzunluğu, yolcu başına düşen alan ve gecikmelerdir.

Pasaport denetimi: Dış-hat yolculara hizmet veren uluslararası havaalanlarında pasaport denetimlerinin yapılacağı alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölümlerin kapasitesi banko sayısına, yolcu başına düşen alana, bankoların yerleşim düzenine bağlıdır.

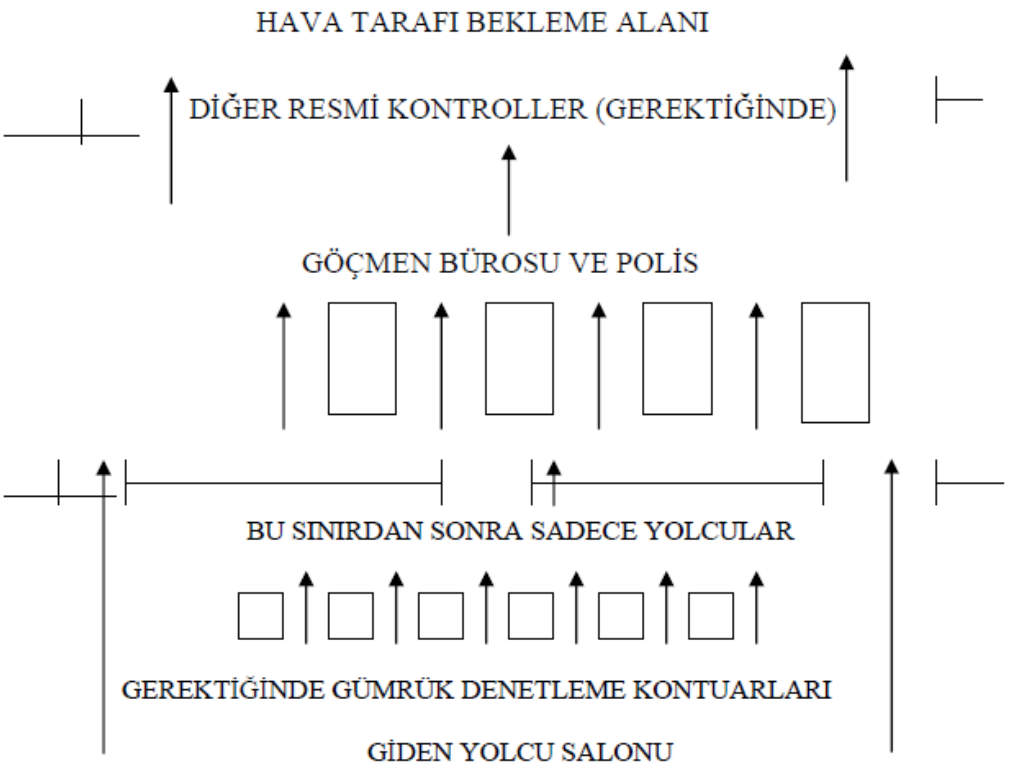
2.3.7. Sınır denetimleri

Kalkışta yapılacak sınır denetimleri, "Uluslararası Standartlar ve Tavsiye Edilen Uygulamalar"a aykırıdır. Yine de bu uygulamayı sürdürmeyi tercih eden ülkeler için bu denetimler, kalkış bölümü ile hava tarafı bekleme alanları arasındaki bir noktada gerçekleştirilmelidir. Ayrıca iniş denetimlerinin kalkış havaalanında gerçekleştirilmesini sağlayan ülkeler arası çift taraflı denetim anlaşmaları da vardır.

Denetimler kalkış bölümü ile hava tarafı bekleme alanı arasına yerleştirilmiş olmalıdır ve bu nokta akış hızının en düzenli olduğu kesimdir. Hava tarafı bekleme alanlarının çıkışlarına yerleştirilecek denetimler ağır yüklere tabi olacak ve uçağa doğru gerçekleşen yolcu akışını geciktirecektir.

Denetimlerden geçtikten sonra yolcular kara tarafı birimlerine geri dönemezler ve hava tarafına geçiş izni olan yetkili personel dışında kalan diğer insanlardan ayrılırlar. Denetimler belirli bir yerde bir araya toplanmalı ve hava tarafı bekleme salonuna giriş denetimini oluşturmalılardır. Bu sayede yolcuları rahatsız edecek, akışı engelleyecek ve ek mekânlar ile personel masrafları gerektirebilecek ek denetim noktalarından kaçınmak mümkün olur. En sık başvurulan resmi çıkış denetimleri göçmen bürosu ve polis denetimleri olmakla birlikte, bazı ülkeler yolcuların ve ellerinde taşıdıkları bagajların da bagaj işlemlerine yönelik olarak giriş denetiminden önce gümrük denetiminden geçirilmelerini ön görebilirler.

Resmi sınır denetimi yerleşimi: Sınır denetimlerinin yerleşimi ile bunların uygulandığı kademenin yolcu işletim sistemindeki yeri serbest ve sürekli bir yolcu akışının sağlanabilmesi açısından önemlidir, bu durum Şekil 2.18' de verilmiştir.



Şekil 2.18. Resmi ön denetimler (USHT, 1987)

Sınır denetimlerinin yerleşimi için göz önünde bulundurulması gereken faktörler şunlardır:

- Uçaktan sınır denetimlerine doğru gerçekleşen yolcu akışı mümkün olduğunca engellenmemiş, kısa ve doğrudan olmalıdır
- Yolcu trafiği, iç hat ve dış hat yolcu dolaşımları kesişme göstermeyecekleri şekilde ayarlanmalıdır. Uygun olduğu zamanlarda, yalnızca uluslararası transit yolcuların kullanımına açık bir alan sağlanmalıdır
- Sınır denetimlerinin tasarımı yolcuların denetim noktalarına uğramadan geçmelerini ve bu yolla denetimden kurtulmalarını engellemeyecek şekilde yapılmalıdır
- Uluslararası yolcularla ziyaretçilerin bir araya gelmelerine ancak yolcular denetimlerden geçtikten sonra izin verilmelidir.

Resmi sınır denetimi kapasitesi: Her bir yetkili ve işlem için ihtiyaç duyulan kapasite; hizmet süresi, yolcu akış hızı ve denetlenmesi gereken yolcu yüzdesine bağlı bir fonksiyondur. Sınır denetimleri hizmet süresini ve gerekli dokümanları tamamlamaya ya da elde etmeye çalışan yolcular arasında oluşabilecek akış çakışmalarını ya da ters akışları azaltarak yolcu denetim süresini azaltmak çok önemlidir. Özel sorunları nedeniyle ortalama hizmet süresinden daha fazla zamana ihtiyaç duyan yolcularla her zaman karşılaşılmasına karşın, dokümantasyonu tamamlanmış olan yolcular bu tip sorunlu durumları atlamadıkları ve ortalama hizmet süresi ile akış hızına ulaşmadıkları sürece, ortalama hizmet sürelerindeki yüklemeler de dâhil olmak üzere yolcu akış hızında oluşabilecek artışlarla başa çıkmak olanaksızdır.

Sağlık denetimleri: Salgın hastalık koşullarının sıhhi sınırlamalar gerektirdiği durumlar dışında, normal uygulama sağlık denetimlerinin göçmen bürosu denetimiyle bir arada yürütülmesidir. Bununla birlikte, bazı koşullarda ülkeler belirli bazı yolcular için kişisel sağlık denetimi yapılmasını uygun bulabilir. Bu konuda sağlanması gereken hizmetler ilgili tıp otoriteleri tarafından tanımlanmalıdır. Söz konusu tıp hizmetleri, yalnızca yolcu denetimi için gerekli olanlar ile sınırlandırılmalıdır. Yolcu sağlık denetimi tesisleri, sınır denetimlerinin hemen yakınında ama yan tarafında yerleştirilmelidir. Pasaport denetimi ile sağlık tesisleri arasında, ana varış akışıyla uyumlu bir trafik güzergâhı sağlanmalıdır.

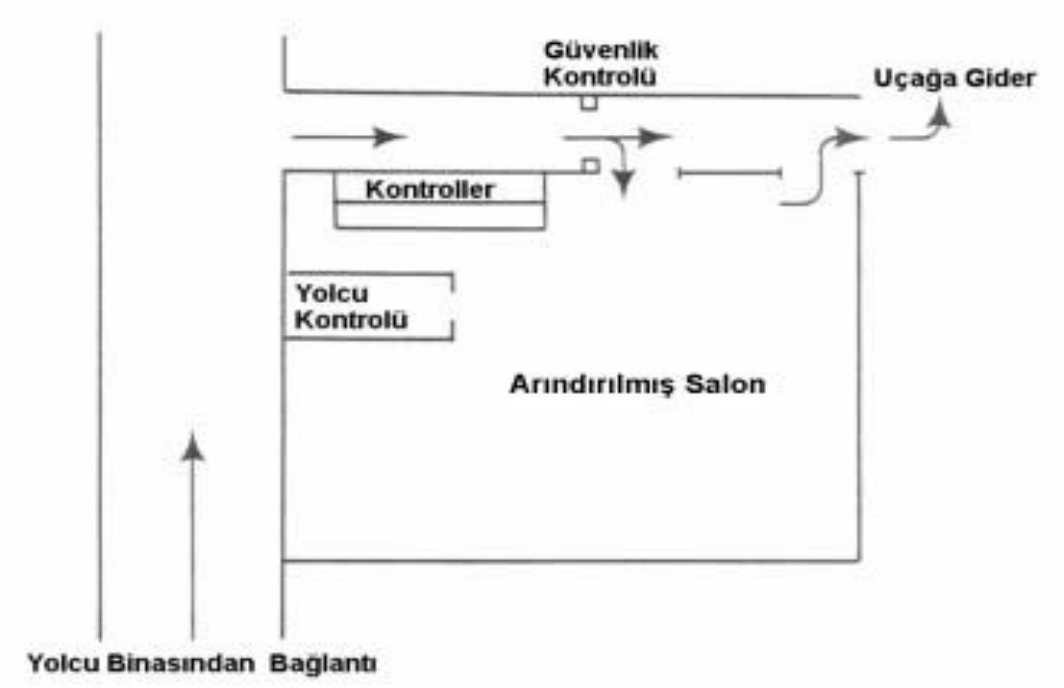
Göçmen bürosu ve polis denetim noktaları: Pasaport denetimleri genellikle polis incelemelerini de kapsamakta ya da bu incelemelerle birlikte yürütülmektedir. Pasaportların ve diğer dokümanların açılması ile vize ve giriş izni pullarının denetim edilmesi, toplam hizmet süresinin büyük bir bölümünü oluşturur. Bu nedenle, denetim noktalarının sayısının azaltılması, örneğin polis ve göçmen bürosu denetimlerinin aynı anda gerçekleştirilmesi daha hızlı bir yolcu akışı sağlanması açısından yararlı olacaktır. Bu iki denetim hizmetinin aynı anda gerçekleştirilemediği durumlarda, bu denetimler kara ve hava akış güzergâhlarına ve peş peşe yerleştirilmelidirler. Hizmet sürelerinin farklı olması halinde, daha uzun süren denetimin hat üzerinde birinci sırayı alması tercih

sebebidir. Böylece, ikinci denetim noktasında engelleme yaratmayacak ve iki denetim noktası arasında mümkün olan en kısa mesafe sağlanabilecektir. En düzgün akış güzergâhları, denetim pozisyonları tamamen homojen olduklarında ve bir pozisyon herhangi bir yolcu tarafından kullanılabildiğinde elde edilir. Bununla birlikte, bazı ülkelerde, trafiğin cinsine ve yolcuların uyruğuna bağlı olarak dokümanların incelenme dereceleri farklılık gösterebilmektedir. Bazı pozisyonların yalnızca asgari düzeyde denetimden geçirilecek yolcular tarafından kullanılması yolu ile daha hızlı bir akış hızı ve pozisyon sayısından tasarruf sağlanabilir. Bu sayede söz konusu pozisyonların kapasiteleri çok yüksek olacak ve daha detaylı incelemeye maruz kalan ve bu sebeple daha düşük bir akış hızına sahip olan diğer yolculara yönelik daha fazla sayıda pozisyonun sağlanması gereklidir. Bu tip ayarlamaların yapılması durumunda, her yolcu tipine ait pozisyonlar birbirleri arasında oranlı ve paralel akış düzenlerine eşit olarak dağıtılmış olmalıdırlar.

Denetim yetkililerinin yerleşimi: Denetim yetkilileri, sınır denetim noktalarına ek olarak araştırma ve görüşme noktaları ile çalışma odalarına ihtiyaç duyarlar. Bu ek mekân ve çalışma odaları, işlem yaptıran yolcu sayısına göre sınırlandırılmalı ve denetimlere en geniş engellenmemiş alanı sağlamak için denetim noktalarının dış kanatlarına yerleştirilmelidir. Bu sayede gelecekte oluşabilecek yeni düzenlemeler ve işlem değişikliklerine yönelik bir esneklik ile açık ve engellenmemiş akış güzergâhları elde edilir. Araştırma ve görüşme mekânları sese karşı ve dışarıdan mekânın görünmesini engelleyecek şekilde izole edilmiş olmakla birlikte, dışarıdaki yolcu akışının içeriden rahatlıkla izlenmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Genel yönetim ve benzeri hizmetler bina içerisinde başka bir yere yerleştirilmelidir, bu durumlar Şekil 2.19 ve Şekil 2.20' de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.19. Denetim yetkililerinin yerleşimi (USHT, 1987)



Şekil 2.20. Yolcu güvenlik denetimi ve ön bekleme alanı planı (USHT, 1987)

2.3.8. Yolcu binası ile uçak arasındaki akış sistemi

Hava tarafı çıkışları: Yolcu binası ile uçak arasındaki bağlantı tipinin çıkış türlerini belirlemesine karşın, çıkışlar yolcu akışlarını uçağın ya da apron yolcu taşıtlarının kapılarında çizgisel bir düzene oturtacak şekilde düzenlenmelidir. Yalnızca yetkili kişiler ile yolcuların hava tarafına geçerek uçağa binmelerini sağlamak amacıyla bir çeşit denetime ihtiyaç vardır. Böyle bir denetim genellikle

bina çıkışlarına ya da uçak kapılarında uçak operatörleri tarafından yerine getirilmekte olup denetim pozisyonları, yolcuların hava tarafı bekleme alanından ve denetimden diğer yolcuları engellemeden ya da kuyruklar oluşturmadan geçmelerini sağlayacak şekilde yerleştirilmiş olmalıdır. Denetim noktalarının yapısı ve yerleşimi aynı zamanda yolcu binası ile uçak arasındaki bağlantıya da bağlı olup bir sonraki bölüm ile birlikte incelenmiştir.

Uçak kapıları: Kapı tipleri, yolcu ve uçak işletimleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu kapılar uçağa geçiş veren yollar olmakla birlikte aynı zamanda kapı giriş denetimi gibi bazı kalkış hizmetlerini de bünyelerinde bulundurabilirler. Kapılarının tam olarak hangi tipte olmaları gerektiği yolcu trafiği, akış hızı ve yolcu binası için adapte edilen işlem sistemi gibi faktörlere bağlı kalınarak belirlenmiştir. Planlamanın temeli ince akış prensibinin tam olarak uygulanmasına dayanmalıdır. İnce akış prensibi, yolcu güzergâhının herhangi bir bölümünde grup ya da denetimli akış tipi uygularken bile yaratılabilir. Yolcular güzergâhlarının her kesiminde kendi hızlarında serbestçe ilerlerken sistemden en fazla fayda sağlanabilir. İdeal olarak, kalkış durumlarında bu sistem uçağın içine doğrudan bir akışı da kapsamaktadır. Bununla birlikte, uçak rötarları ya da tamamlanamayan kabin hizmetleri gibi nedenlerle yolcular kapıya varmalarını takiben uçağa aktarılmakta ve bu durum bir bekleme salonu ihtiyacını doğurmaktadır. Hızlı uçak hareketleri için, yolcuların uçağa hazır olur olmaz binebilecek şekilde kapıda bulunmaları şarttır. Bekleme salonu bu sebeple de gereklidir.

Ön bekleme salonları: Kapılarda planlanacak bekleme salonları, yolcu binasında bekleme alanı ihtiyacını azaltacaktır. Her bir mekânda ihtiyaç duyulan alan yolcu işlemleri sistemi tarafından belirlenir ancak kapılarda sağlanacak bekleme alanları, bazı yolcuların kendilerine yönelik hizmetlerden faydalanmak için yolcu binası içerisinde kalmaları nedeniyle, yolcu binası dâhilindeki bekleme alanlarında eş değer bir düşüş sağlamayacaktır.

Bekleme alanlarının büyüklüğü ve yerleşimi gerçekleştirilecek fonksiyonlara bağlıdır. Daha büyük uçakların giderek daha hızlı bir şekilde ve artarak hizmete

girmesi nedeniyle, planın temel alanlar üzerinde yeni düzenlemelere ve inşaatlara ihtiyaç doğurmayacak şekilde, genişletilebilirlik sağlaması gerekmektedir. Uçak operatörleri tarafından yapılacak denetimlerin ön bekleme alanında gerçekleştirilmesi durumunda, bu denetimler ya yolcular bekleme alanına girerken ya da uçağa binmek üzere bekleme alanını terk ederken uygulanabilir. Aynı zamanda iklim de bekleme alanlarının büyüklüğünü ve yerleşimini etkilemektedir. Uçakların hava şartları sebebiyle uzun rötarlara uğradığı durumlarda, yolcular yolcu terminal binasına dönerek burada sunulan hizmetlerden faydalanmak isteyebilirler. Bu gibi durumlarda, yolcu binasındaki ana bekleme alanının planlamasına özel dikkat gösterilmelidir.

Ön bekleme alanları; yolcu salonu, yolcu işlem alanı ve gelen yolcu alanı olmak üzere üç amaca hizmet ederler:

a) Yolcu salonu: Bu salonda oturma, işlem yapma ve dolaşım alanları vardır. İhtiyaç duyulan salon alanı uçağa binmeden 15-30 dakika önce salonda bulunması beklenen yolcu sayısına bağlıdır. Bu sayı, tahmin edilen uçak tipinin ve havaalanında genellikle karşılaşılan uçak yük faktörünün kullanılmasıyla bulunur. Uygun olduğu takdirde yolcu ve ziyaretçi sayısına bir alan faktörü uygulanır. Alan standartları, yolcuların belirli bir yüzdesinin ayakta durmayı tercih etmeleri sebebiyle, tüm yolcuların salonda oturacak bir yere sahip olmayacaklarını kabul etmektedir. Tecrübelere dayanarak, tüm yolcu nüfusunun aynı anda aynı yerde bulunmasını engellemek amacıyla uçak kalkış ve iniş saatleri 24 saate dağıtılarak programlanırlar. Bu nedenle mümkün olduğu hallerde salon alanını birden çok uçak biniş kapısı durumu için kullanmak amacıyla %20 ile %30 arasında azaltılabilmektedir.

b) Yolcu işlem alanı: Acenta pozisyonlarının sayısı, havaalanı yetkililerinin kullanıcı havayolu şirketleri ile temasları sonucunda ve yolcu başına mümkün olan en kısa bekleme ve işlem süresini sağlayacak bir standarda göre belirlenir. Büyük olasılıkla en uzun kuyruk oluşumları, ilk kontuar görevlisinin işlemlere başlamak amacıyla bankoya gelmeleriyle başlamaktadır. Bunu kuyrukların azaltılması ve kısaltılması amacıyla ek kontuarların yerleştirilmesi izler. Salon

alanı için 7.5-9 m arasındaki bir derinlik kabul edilebilir bir değerdir. Bununla birlikte daha büyük havaalanlarında kullanılan kontuar pozisyonları uzunluğu 3 m'den az olmayan kuyruklar boy alınarak belirlenir. Halka açık telefonlar, el çantası hangarları, çöp sepetleri ve benzeri gerekli görülebilecek hizmetlerdir. Çoğu zaman bagajlar yükleme köprüsü kapısından ya da yer seviyesindeyse kalkış salonu kapısından nakledildikleri halde gecikmiş bagajları apron alanına getirecek bir sisteme (şüt, taşıyıcı kayış vb.) ihtiyaç duyulabilir.

c) Gelen yolcu alanı: Gelen yolcu alanı, gelen yolcuların kalkış salonunda bekleyen yolcularla karşılaşmadan bina giriş kapısından (aprondan, yükleme köprüsünden ya da taşıyıcıdan), halk koridoruna geçişlerini sağlayan bir koridordur. İki yolcu ve bagajlarının yan yana olarak ya da bir yolcu ve bagajının geçiş yeri kalacak şekilde hareketini sağlayacak genişlik 1.5- 1.8 m olarak kabul edilir. Koridorun uzunluğu kalkış salonun derinliğine bağlı olup ziyaretçiler ya da yolcu karşılamaya gelen kişiler için bir geçiş alanını bünyesinde bulundurabilirler.

Yolcu güvenlik denetim: Yolcu güvenlik denetiminin nerede bulunması gerektiği trafik özelliklerine ve terminal kavramına bağlıdır. Güvenlik denetimi merkezi, merkezden kısmen uzakta ya da merkeze göre tamamen dağıtılmış olabilir. Merkezi güvenlik denetimi, terminal içerisinde yolcuların diğer ziyaretçilerden ayrıldığı noktaya (örneğin göçmen bürosu denetimi) yerleştirilebilir. Merkezden kısmen uzak bir sistemde güvenlik denetimi bekleme salonunun girişinde yapılmalıdır. İlk yolcu denetiminin bazı anormallikler gösterdiği durumlarda söz konusu yolcunun daha yakından incelenmesi gerekir ve bu amaca yönelik özel bir alana ihtiyaç duyulur.

Yolcu binası ile uçak arasındaki bağlantı: Yolcuların yolcu binası ile uçak arasında gidiş gelişlerini düzenleyen sistem, uçak park sistemi ile apron planının seçimini etkileyen önemli bir faktördür. En uygun sistem bir havaalanının hangi tür trafik için önerildiğine ve diğer yerel koşullara bağlıdır. Burada göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta uçakların, taşıtların ve yolcuların serbestçe hareket etmesini sağlarken, bunlar arasında oluşabilecek karışıklıkların engellenmesidir.

Yolcu binası-uçak bağlantısının sağlanması için birden fazla yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler arasında yolcuların uçak merdivenlerini yürüyerek çıkmaları veya bir yolcu yükleme köprüsü ya da taşıyıcı kullanılması sayılabilir. Güzergâhları, açık apronun üzerinde, apron seviyesinde ya da apronun altındaki kapalı güzergâhlarla iç içe ya da yolcu binası ve uçak zemini seviyelerinde olabilir. Yolcuların üzerinde yürüdüğü apron dışında herhangi bir güzergâh "iskele" olarak adlandırılır. Bu sebeple iskeleler apron seviyesinin altında ya da üstünde olabilirler. Yolcuların uçağa biniş ve inişlerinde uçak merdivenleri ve yolcu yükleme köprüleri kullanılır. Yolcu yükleme köprüleri, uçak ile yolcu binası arasında daha hızlı ve düzenli bir yolcu akışı sağlamalarının yanı sıra yolcuları hava şartları, gürültü ve dumandan koruma özelliğine de sahiptir. Bununla birlikte yolcu yükleme köprülerinin kurulması, trafik hacmi ve diğer faktörler tarafından belirlenmektedir. Yolcu yükleme köprülerinin büyüklüğü ve yapısı, işlemsel tahminlerde belirtilen uçak tipleri dışındaki uçaklara da hizmet verebilecek ve apron planlarında yeni biniş kapısı durumları ile ilgili değişiklikleri engellemeyecek esneklikte olmalıdır.

Yolcu güzergâhları mümkün olduğu kadar kolay anlaşılır olmalı ve yolcu yükleme köprüsünün binaya bağlandığı yerde çok yönlü fonksiyonlardan kaçınılmalıdır. Yolcu yükleme köprüleri, hava alanlarına inen yolculardan mevcut düzene yabancı olanlarını yolcu binası içerisine doğru ilerleyen ana akış güzergâhlarına yönlendirecek şekilde olmalıdır. Yolcu yükleme köprüsünün tipi (sabit, asma köprü ya da aprondan getirilecek şekilde hareketli) ve uzunluğu; apron boyutları, kanat genişliği, kapı yerleşimleri, sabit uçak hizmetleri, yakındaki uçak pozisyonları ve ekonomi gibi faktörlere bağlı fonksiyonlardır. Yolcu yükleme köprüsünün pratikteki uygulamalarında, sabit hizmet yerleşimleri ve yakındaki uçakların konumları nedeniyle, yükleme köprüsü iki ya da üç uçak tarafından kullanılabilmektedir. Böyle bir durumda daha düşük yatırım, işletme ve bakım masrafları getirdiği için sabit köprüler daha uygun olmaktadır. Diğer tip köprülerin yalnızca dışa itilme işlemlerine izin vermelerine karşın, rampa çıkışlı köprüler kullanıldığında uçakların dışarı taksi yapmalarına imkân sağlanmaktadır. Hangi durum için hangi köprü tipinin kullanılması gerektiğine

yönelik olarak alınacak bir karar, uçak filosunun özeliklerine ve havayolu işletim kurallarına dayanmalıdır.

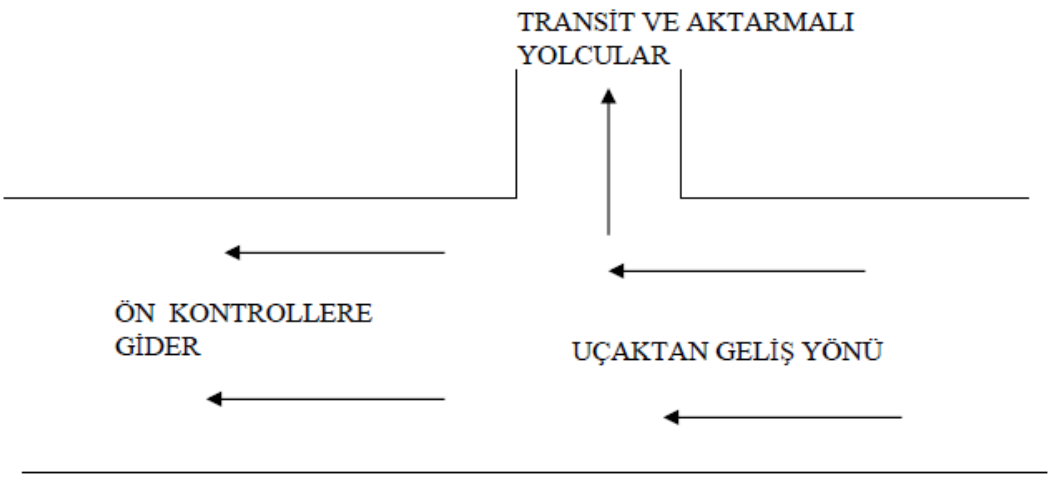
Taşıyıcılar: Uçakların terminalden uzağa park ettiği durumlarda taşıyıcı araçlar kullanılabilir. Taşıyıcı tipleri merdivenlerle birlikte bir otobüsten seviye değişikliğine olanak sağlayan özel tasarlanmış araçlara kadar farklılık gösterebilir. Uzaktaki uçak park yerleri ile terminal binası arasında yolcu ulaşımını sağlamak amacıyla otobüslerin kullanılacağı durumlarda, bu iş için özel olarak tasarlanmış yolcu otobüslerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu araçların yerden yüksekliği fazla olmamalıdır. Kapıları geniş ve kabinin iki yanındaki oturma alanları minimum sayıda olmalıdır. Otobüsün kapasitesi ve boyutları kullanılacağı havaalanında ortaya çıkan koşullara uygun olabilir.

Taşıyıcı yükleme ve boşaltma şekilleri: Taşıyıcı yükleme şekillerinin özel durumu, kullanılacak taşıyıcı tipine bağlıdır. Genel olarak bu pozisyonlar uçak kapıları kapalı olarak kabul edilmeli ve taşıyıcıların yükleme kapılarını işgal etme süresinin uçakların park yerlerini işgal süresinden çok daha kısa olduğu göz önünde bulundurularak, bu nokta dışında kalan konularda benzer planlama yöntemleri kullanılmalıdır. Bu nedenle taşıyıcı yükleme pozisyonlarına doğru gerçekleşen akış dereceleri çok daha düşük ve bekleme alanında harcanan süre buna bağlı olarak daha kısa olabilir.

Yürüme mesafesini ve dolayısıyla yolcuların bekleme alanından uçağa gitmeleri için gereken süreyi kısaltmak için yükleme pozisyonları yolcu binasının hava tarafı bekleme alanına mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Aynen uçak kapılarında olduğu gibi, taşıyıcı uçağa biniş kapısı durumlarının da kalkış ve varışları için kullanılmaları mümkündür, ancak araç hareket hızı uçakların uçak park yerlerindeki hızlarından daha yüksek olduğu ve bu sebeple yolcu hareketleri daha hızlı gerçekleştiği için kalkış ve inişlere ait akışların birbirlerinden ayrılmaları ve her biri için ayrı taşıyıcı pozisyonu sağlanması önerilmektedir. Böyle bir ayrım aynı zamanda boşaltma pozisyonlarının yolcu binası içerisinde

iniş kalkış güzergâhlarına mümkün olduğunca yakın yerleştirilmesini ve böylece yürüme mesafelerinin kısaltılmasını sağlar.

Hava tarafı girişleri: Kanalların ve taşıyıcıların boşaltma konumlarından sonra yolcular yolcu binasına yönelir. Her ne kadar gelen ve giden yolcuların iki yönlü akışı önlenemese de, hiçbir koşul altında yolcu binaları içinde geliş akım yönü kalkışa ayrılmış alanlardan geçmemelidir. Binaya giren yolcular transit ve transfer yolcular ile hava seyahatleri sona ermiş olan yolcuları içerir. Hava tarafı girişleri yolcuların uygun akış yönleri oluşturmasına göre yerleştirilmelidir, bu durum Şekil 2.21'de gösterilmektedir. Her kategoriye ait girişler akış yönü üzerinde sırayla yerleştirilmelidir. Böylece yolcular herhangi bir zamanda birden fazla alternatif seçmek zorunda kalmamış olur. Özel kategorilerin ana akış yönünden ilk denetim noktasından önce ayrılmaması karışıklığa sebep olacaktır. Buna göre bütün gelen yolcular mümkün olduğu sürece aynı güzergâhı izlemelidir. Transfer ve transit yolcularının denetimlere tabi tutulmayacağı durumlarda, bu yolcuların ana güzergâhların sınır denetimlerine ulaşmadan ayrılması gerekir.



Şekil 2.21. Hava tarafı girişleri (USHT, 1987)

2.3.9. Transit ve transfer işlemleri

Transit yolcular: Transit yolcular havaalanında sadece uçakların dönüş süresi boyunca kaldıkları için gelen ve giden yolcuların gereksinimleri dışında herhangi bir ihtiyaçları yoktur. Genellikle hava tarafı kalkış bekleme alanına veya ayrılmış bir "transit" bekleme salonuna yöneltilmeden önce ana geliş güzergâhlarını izlemeleri gerekir. Transit uçuşların kategori değiştirdiği durumlarda, transit yolcular sınır denetimlerine tabi tutulabilirler. Bu koşullarda transit yolcuların gereksinimleri transfer yolcular ile beraber ele alınır ve aynı hizmetler her iki yolcu grubuna da hizmet verecek şekilde kullanılır. Uluslararası uçuşlarla gelip giden transit yolcular hiçbir şekilde sınır denetimlerine tabi tutulmamalı ve ihtiyaç duyacakları bütün alternatif hizmetlerin sağlanması şartıyla hava tarafı içinde kalmalıdırlar. Uçuşlarının kalkışı sırasında kalkış yolcularının normal güzergâhlarını ve işlemlerini izlemeleri gerekir. Böyle durumlarda gerekirse güvenlik işlemlerinin de aynısı uygulanmalıdır.

Transfer yolcular: Transfer yolcuların akış yönü transferin hangi tip uçuşlar arasında olduğuyla; örneğin, iç hatlar arasında, dış hatlar arasında veya dış hat ile iç hat arasında olması gibi, yakından ilgilidir. Trafiğin uluslararası ve iç hatlar arasında olduğu durumlarda, transfer yolcuları normal geliş denetimlerine tabi tutulur ve kara tarafına giden ana geliş güzergâhını takip ederek normal iniş işlemlerini yaptırırlar. Trafiğin tamamıyla iç hat veya dış hat olması halinde, transfer yolcularının geliş denetimlerinden geçmemesi gerekir. Bu yolcuların ana geliş akımından ayrılması ve hava tarafı bekleme alanına genellikle transit yolcularla aynı yolu izleyerek direkt olarak geçişi sağlanmalıdır (USHT, 1987).

Transit yolcular havaalanını geldikleri uçuşla terk ederken, transfer yolcular uçuşlarını değiştirdiklerinden onların bağlantı uçuşlarını denetim etmeleri gerekebilir. Bu işlem eğer uygun olanaklar sağlanmışsa girişte veya tercihen kalkış bekleme alanı yolu üzerinde yapılabilir. Birçok havayolu şirketine hizmet veren havaalanlarında, bina planını bozabilen hizmetlerin ekonomik olmayan büyümesini engellemek için ortak transfer giriş denetimi pozisyonları gerekli olabilir. Son zamanlarda birçok havayolu şirketi başlangıç istasyonlarında

transfer için geçiş işlemlerini yapmaktadır. Böylece transfer yolcularının bağlantı uçuşları için transfer istasyonlarında denetim yaptırmak zorunluluğu ortadan kalkmış olmaktadır. Birden fazla dış hatlar yolcu binasına sahip havaalanlarında, uluslararası uçuşlar için hava tarafında çalışan yolcu ve bagajların uluslararası uçuşlar arasında transferini sağlayan bir yolcu transfer sistemi kullanımı tercih edilir. Araçların yükleme ve boşaltma gereksinimleri diğer taşıyıcılarla aynıdır ve her ikisi için de aynı pozisyonlar kullanılabilir.

2.3.10. Havalimanı yolcu ve seyahat tipleri

Yolcular iş seyahati yapanlar ile turistik, kişisel ve dini amaçlarla yolculuk yapanlar olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. İş seyahati yapan yolcular, genellikle daha deneyimli olup zamanları el verdiğince yolcu binası hizmetlerinin neredeyse tamamından faydalanırlar. Diğer yolcu tipinin büyük yüzdesi daha az deneyime sahip ve hava yolu işlemleri ile mevcut yolcu binası hizmet ve olanaklarının daha az bilincinde olan yolculardan oluşmaktadır. Bu yolcu tiplerinin özelliklerindeki ve oranlarındaki değişiklikler, yolcu binası kullanım alanlarına duyulan ihtiyacı ve görevlendirilecek personeli büyük ölçüde etkiler. Bu konuya verilebilecek bir örnek, kısa sezonlu turizm merkezlerine, hac merkezlerine ya da tatil beldelerine hizmet veren küçük ya da orta ölçekli havalimanlarıdır. Bu tip havaalanları ağırlıklı olarak iş adamlarından oluşan bir müşteri potansiyeline sahip benzer doruk hacimli havalimanlarından daha farklı yolcu binası tesislerine gereksinim duyarlar. Havalimanı yakınındaki askeri yerleşimler de ek ya da daha farklı tesis ve hizmetleri gerektirebilirler. Ayrıca yolculuk yapmayan ziyaretçi sayısının çok olduğu havalimanlarında bu kişiler için, yolcuların düzenli hareketini engellemeyecek uygun mekânlar olmalıdır.

Bir havalimanına gelen yolcuların sınıflandırılması şu şekildedir (USHT, 1987):

1) Dış hatlar yolcusu: Ülkeler arasında yolculuk yapan ve hükümete ait denetim görevlilerince denetlenmeleri gereken yolculardır.

2) İç hatlar yolcusu: Tek bir ülke sınırları dâhilinde başlayan ve biten yolculuklar yapan ve hükümet görevlilerince denetimden geçmesi gerekmeyen yolculardır. Bunlardan ayrı olarak, uçak ve yolculara yönelik, ancak yalnızca yolculara belirli kısıtlamalar getiren kategoriler vardır. Bunlar:

a) Giden yolcu: Bir havalimanını, o havaalanından uçakla ayrılmak için kullanan yolculara verilen isimdir.

b) Gelen yolcu: Bir havalimanına uçakla gelen ve bunun devamı olan, ya da bu uçuşa bağlı bir diğer uçuşla havaalanını terk etmeyen yolculardır.

c) Transit yolcular: Bir havalimanına bir uçakla gelen ve yine aynı uçakla havaalanını terk eden yolculardır. Bu yolcular transit sırasında uçaktan inmedikleri takdirde, planlamada ele alınması gereken faktörler ortaya çıkmaz. Bununla birlikte, uçağın kabin temizliği gibi sebeplerle havaalanında geçireceği süre zarfında bu yolcuların yolcu binasına yerleştirilmeleri ve gerekli rahatlık ve imkânların sağlanması da söz konusu olabilir. Bazı transit yolcuları sınır denetimine tabi olabilir. Bu gibi bir durum, uçak güzergâhının bir bölümü iç hat iken, bir bölümünün dış hat olmasından kaynaklanmaktadır. Dış hat bir seferden gelen yolcular, kendilerine tahsis edilen havalimanında sınır denetimlerinin bulunmaması nedeniyle bu denetimlerden transit bir havaalanında geçmek durumunda kalabilirler.

d) Transfer yolcular: Bir havalimanına uçak ile gelen yolcular bu işlemi yalnızca aşka bir yöne olan bir uçuşa katılmak için yapıyor olabilirler. Planlama açısından, bu yolcular bagajlarının başka bir uçağa aktarılması gerekliliği dışında transit yolcular olarak kabul edilebilirler. Bu kişilerin kullanımına yönelik özel bilet hizmetleri gerekli olduğundan, bu konu planlama sırasında göz önünde bulundurulmalıdır.

e) Genel havacılık ve charter yolcuları: Genel havacılık uçakları tarafından gelen bir talep görüldüğünde, bundan kaynaklanacak trafiğin normal havaalanı trafiğiyle karıştırılıp karıştırılmaması gerektiğine yoğun maliyet/fayda hesapları

sonucu karar verilmelidir. Charter seferleri büyük havaalanlarında sorun yaratabilmekle birlikte, küçük ve orta ölçekli havaalanlarında durum genellikle böyle değildir.

Tarifeli havayollarının sunduğu hizmet özellikleri: Havayollarının sunduğu hizmetlerin özellikleri; güzergâh sertifikaları, çift taraflı anlaşmalar ve programlı her havayolu sisteminin yapısıyla doğrudan bağlantılıdır. Bu hizmetler genel olarak üç ana grupta toplanabilir: Başlangıç/ bitiş istasyonu, geçiş istasyonu ve transfer/transit istasyonu. Bir havaalanı, genel olarak hava yolu endüstrisi için bu tiplerden biri olarak tanımlanırken, aynı zamanda tek bir havayolu şirketi içinse bir diğer tip olarak hizmet verebilir. Belirli bir havaalanının türü, havayolu şirketi yeni güzergâhlar edindiğinde, değişik bağlantı düzenleri geliştirdiğinde ve yeni çift taraflı güzergâh anlaşmaları oluşturulduğunda değişebilir.

Başlangıç/bitiş istasyonu olarak görev yapan havayolları, yolcuların büyük bir yüzdesinin (toplam işletimlerin %70'i) havaalanından yola çıkan yolculardan oluştuğu ve uçakların yerde kalma süresinin 45 ile 90 dakika arasında, ya da daha fazla olduğu dönüşlü uçuşların baskın çıktığı havaalanlarıdır. Bu havaalanlarının bir diğer özelliği de, yolcu akışının öncelikle uçak ve yer ulaşımı araçları arasında olması nedeniyle, geçiş ya da transit tipi havaalanlarına göre uçakla yolculuk yapacak kişi başına düşmesi gereken bilet kontuarı, erişim hattı ve otomobil parklarının daha fazla olmasıdır. Yolcular bu tür havaalanlarında sıklıkla daha çok bagaj işlem noktalarına ihtiyaç duyacaklardır. Tipik iç hatlar doruk koşullarına göre, kapı başına düşen saatlik uçak hareket sayısı 0.9-1.1 arasında olmaktadır (USHT, 1987).

Geçiş istasyonu olarak görev yapan havaalanları, havaalanından yola çıkan yolcu sayısının yüksek, bununla birlikte yola çıkan uçak sayısının nispeten düşük olduğu havaalanlarıdır. Bu durum söz konusu havaalanlarındaki uçakların yerde geçirdikleri sürenin, başlangıç/bitiş ve transfer/transit havaalanlarındakilere oranla daha kısa olmasına neden olmaktadır. Bu tip havaalanlarının bir diğer özelliği de kalkış yükü faktörlerinin daha düşük olması sebebiyle, kalkışlara ait mekânlar için daha az yere ihtiyaç duyulmasıdır. Tipik iç hatlar doruk koşullarına

göre, kapı başına düşen saatlik uçak hareket sayısı 1.5- 2.0 arasında olmaktadır. Bu özelliklere yönelik planlamalarda, havaalanını başlangıç noktası olarak kullanan yolcuların diğer kalkışlara ait yolculardan ayrı tutulmaları gerekliliği tecrübeyle sabittir.

Transfer veya transit havaalanı olarak görev yapan havaalanlarına ait yolcuların büyük çoğunluğu, gelen ve giden uçaklar arasında geçiş yapan, ya da aynı uçakla havaalanına gelen ve havaalanından ayrılan (hat içi ve hat dışı transferler dâhil olmak üzere toplam kalkışların en az %30'u) yolculardan oluşmaktadır. Uçak yer hizmeti süreleri, bağlantı düzenleri ve işletim uygulamalarına bağlı olarak 30 ile 60 dakika arasında değişebilmektedir. Her uçak için hat içi ve hat dışı transfer sayılarının birbirlerine oranlanması yolu ile uçaklar arasındaki yolcu değişiminin yüksek olduğu durumlarda söz konusu uçakların birbirine yakın yerleştirilmesi, uçuş bağlantı süreleri arasındaki toplam terminal içi dolaşım ihtiyaçlarını azaltabilmektedir. Tipik iç hatlar doruk koşullarına göre, kapı başına düşen saatlik uçak hareket sayısı 1.3- 1.5 arasında olmaktadır (USHT, 1987).

Tarifesiz havayollarının sunduğu hizmet özellikleri: Tarifeli uçuşlarına ek olarak, pek çok havayolu şirketi charter seferleri, gruplara yönelik turlar ve diğer tip tarifesiz yolcu hizmetleri sunmaktadırlar. Bunlara ek olarak, benzer türde programsız hizmetler sunan bir takım sertifikalı destek uçakları da vardır. Bu sertifikalı şirketler, belli başlı uluslararası havayolu şirketlerine ait uçaklara benzer uçaklar kullanıyorlarsa da, koltuk kapasiteleri daha yüksek olabilmektedir. Söz konusu şirketler genellikle birçok havaalanında verilen hizmetler için kira bedeli ödemedikleri için, bu sertifikalı şirketlerin işlemleri sıklıkla sertifikalı bir memur ya da yolcu binası kompleksinin dışına yerleştirilmiş olan bir kişi tarafından yürütülür.

Havayollarına ait uçaklardan daha küçük uçaklar kullanılarak tarifesiz/charter hizmeti verilen bir diğer tür taşımacılık ise hava taksileridir. Pek çok havaalanında, hava taksisi hizmetleri yolcu binası kompleksinin dışında verilmektedir. Tarifesiz işletimler için havayolu işlemlerinin planlanması aşağıdaki noktaları içerir (USHT, 1987):

Frekans/hacim: Genelde bu iki nokta, tarifeli işletimlere göre daha sıradan ve kullanışlı tesisler gerektirmektedir.

Grup işlemleri: Yüklemelerin yığma yöntemiyle yapılmadığı durumlarda yolcu binası apron terminali elemanlarında kalabalığa neden olabilir. Yolcular ve bagajlar havaalanı dışındaki yerler (oteller) ve yolcu terminalinden uzaktaki uçaklar arasında uçaklar tarafından doğrudan transfer edilebilirler.

İşlem süreleri: Tarifeli hizmetlerden ciddi farklılıklar gösterebilir. Bazı charter/ grup turu işlemlerinin yolcuları havaalanına uçuş saatinden iki üç saat önce çağırmaları, yolcu binalarında tarifeli uçuşlara kıyasla daha fazla sayıda insanın toplanmasına neden olmaktadır. Yolcuların havaalanına erkenden gelmelerinin istenmesi bazı zamanlarda havayolu personeli ve daha az denetim görevlisi olmasından kaynaklanmaktadır ki bu da, daha uzun kuyruklara ve bilet lobilerinde daha fazla kalabalığa neden olmaktadır.

İşletim güvenilirliği: Pek çok sebepten ötürü charter/ grup turu uçuşları, tarifeli uçuşlara göre daha fazla rötarlı olabilmektedir. Bu durum, terminal ve kalkış noktasında biriken insan sayısını programlı uçuş için verilen tipik değerler ve düzenlerden daha fazla birikmeye neden olmaktadır. Yukarıda verilen faktörlerin göz önünde bulundurulması, normalde programlı işlemler için sağlananlardan daha farklı tesisleri gerektirebilir. Bazı havaalanlarında, nispeten daha yüksek hacme sahip havayolu charter seferleri mevcut yolcu binasından ayrı, yeni ve daha küçük bir yolcu binasına ve destek uçaklarına ihtiyaç doğurabilmektedir. Çok sık rastlanmamakla birlikte, bazı durumlarda bir ya da birkaç tarifeli havayolu şirketi, mevsimlik patlamalar ya da tekrarlanan sefer düzenleri nedeniyle kendi programlı tarifelerine ayrılan tesislerin kapasiteleri yeterli gelmediğinde, yeni uçak park yerleri ve binaların charter seferlerinin hizmetine verilmesini isteyebilirler.

Uluslararası Havayollarının Sunduğu Hizmet Özellikleri: Söz konusu coğrafi yerleşimlere bağlı olmak üzere, uluslararası hizmetlerin bir önemli özelliği, zaman dilimi konusuyla bağlantılı olarak yapılan şehir eşleştirmelerinin tarifeli

uçuşları büyük ölçüde etkilemesi nedeniyle, uluslararası uçuşların programlı doruklara bir eğiliminin olmasıdır. Bu tip havayollarının bir başka özelliği ise uzun vadeli uçak hizmetleri için nispeten daha uzun yer hizmetleri zamanlarına (Dönüşlü uçuşlar için iki ila üç saat ve geçiş uçuşları için bir saat) ihtiyaç duyulmasıdır (USHT, 1987). Özellikle sınır denetim noktaları ve bagaj gümrük tesislerinde bulunan hükümet denetim ve denetimlerine planlama sırasında özel önem verilmelidir. Hükümet kurallarını uygulamaya yönelik teknikler ve işlemler bölgeden bölgeye ve zaman içerisinde değişiklik gösterebilirler.

2.4. Havalimanı Kapasitesi

Havalimanı planlaması ve tasarımı için havalimannı kapasitesi ve uçak rötarlarının hesaplanması amacıyla Federal Havacılık İdaresi (FAA) bir yöntem sunmaktadır. Bu yöntemde "kapasite" bir saatte gerçekleştirilebilecek maksimum işletim sayısıyken, "rötar" ise sınırlandırılmış ve sınırlandırılmamış iki uçak işletimi arasındaki zaman farkı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlara göre, rötarın sebebi tesise sürekli olarak sunulan taleptir. Kabul edilebilir rötar seviyesi ise bir havalimanından diğerine değişmektedir. Havalimanı kapasitesini ve uçak başına düşen ortalama rötar miktarını hesaplamak için kullanılan yöntem, FAA'nın havalimanı kapasitesini analiz etmek ve uçak rötarlarını azaltmak için kullandığı bilgisayar modellerinden türetilmiştir. Saatlik kapasite hesabı ortalama rötarı belirlemek için gereklidir. Havalimanı kapasitesi ve bunun bir parçası olan saatlik havaalanı kapasiteleri; pist kullanımı, uçak tipi, ATC kuralları gibi faktörlerdeki farklılıklara bağlı olarak gün içerisinde değişiklik gösterdikleri için, birden fazla hesaplamaya gereksinim duyulabilir (DHL, 2007).

Flightstats internet sitesinde yayımlanan istatistiklere göre ülkemizin genel rötar durumunda olduğu görülmektedir (Flightstats, 2011). İstanbul Atatürk Havalimanını 2948 sefer gecikmesiyle Avrupa'nın en rötarlı havalimanıdır. Türk Hava Yollarının 2011 yılı için seferden kaynaklı gecikmelerin $110 milyon dolara mâl olduğu açıklanmıştır (Habertürk, 2012).

Bir havalimanının mekânsal kapasitesi en iyi şekilde kara tarafı ve hava tarafı, politik ve çevresel kısıtların ve kaynakların ekonomik kullanımınca belirlenir (Eurocontrol, 2003):

Kapasite planlamayı, işletmelerin ve işletmecilerin hizmetlerinin birbiri içinde uyumlu olması ve altyapıların uzun vadeli yolcu ve uçuş taleplerine yanıt verecek biçimde olması şeklinde belirtilir.

Kapasite kavramı hava tarafı kapasitesi ve kara tarafı kapasitesi olarak incelenebilir.

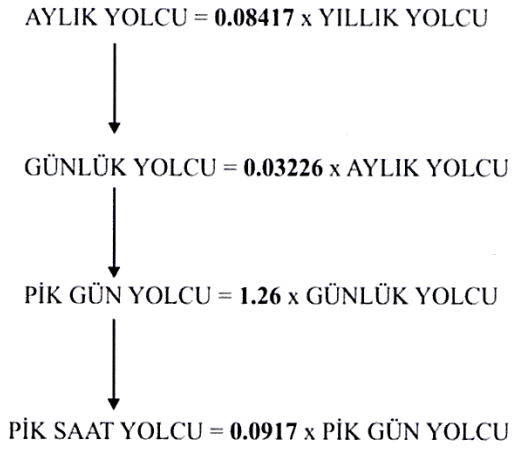
Havaalanı kapasitesi denildiğinde akla ilk gelen konu mevcut pist kapasitesidir. Havaalanı pist kapasitesi, belli bir zaman diliminde (saat, gün, yıl) oluşacak uçak trafiği cinsinden talebi karşılayabilme yeteneğidir. Talep bu sınıra yaklaştıkça kullanıcılar açısından alınan hizmetler de yavaşlamakta ve gecikmeler oluşmaktadır. Pist kapasitesinin tam olarak kullanılması, havaalanı yolcu terminalinin ve burada verilen hizmetlerin yeterliliği konusunu gündeme getirmektedir. Burada sorun pist kapasitesinin tam kullanımı ile oluşan yolcu sayısı artışının, verilen hizmet düzeyinde bir düşüşe olanak vermeden karşılanabilmesidir. Bu durumda havaalanı kara tarafı bileşenlerinin ve özellikle yolcu terminal binasının kapasitesi konusunu gündeme getirmektedir.

Havaalanı yolcu terminal kapasitesi, belli bir zaman diliminde (saat, gün, yıl) oluşacak yolcu trafiği cinsinden talebi karşılayabilme yeteneğidir. Talep bu sınıra yaklaştıkça kullanıcılar açısından alınan hizmetler de yavaşlamakta buna bağlı olarak yolcu kuyrukları oluşmaktadır. Başlıca terminal binası bileşenleri; giriş güvenlik denetim bölümü, giriş denetimi bölümü, pasaport denetim bölümü, yolcu kapı bekleme bölümü ve bagaj alma bölümüdür. Bu bölümlerde kullanılan kapasite analiz formülleri Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi (FAA)' nin kullandığı ampirik formüllerdir. Yolcu terminali kapasitesi en az pist kapasitesi kadar önemli bir konudur. Yapılacak planlamada önemli olan bu konuların birlikte değerlendirilerek kararların alınmasının gerekliliğidir.

Ülkemizdeki havaalanları havayolu yolcu taşımacılığı bakımından incelendiğinde başlıca iki tip havaalanı görülmektedir. Bunlar yurtdışı hava ulaşımına açık büyük havalimanları ve yurtiçi yolcu taşımacılığına hizmet veren havaalanlarıdır. Her bir havaalanının kendine has özellikleri ve işletme şartları vardır. Yurtdışı hava ulaşımına açık havalimanları için bir genelleme yapılarak hazırlanan yolcu taşımacılığı için gerekli minimum havalimanı kapasitesi; pist kapasitesine, apron kapasitesine, X ışını denetim birimi kapasitesine, giriş denetimi birimi sayısına, pasaport denetim birimi sayısına, kapı sayısına ve bagaj alma birimi sayısına bağlı olarak değişir.

Havaalanı Kapasitesi = Minimum {Pist kapasitesi; Apron kapasitesi; Kapı kapasitesi; Bagaj alma kapasitesi} şeklindedir.

Ashford ve Wright (1992), kapasite hesaplamasında belirlemiş oldukları pik saat yolcu kavramı oldukça önemlidir. Yolcunun en yoğun olduğu günün (pik/gün/yolcu) en yoğun saatlerdeki yolcu sayısı "pik saat yolcu" olarak Şekil 2.22'deki gibi hesaplanmaktadır.



Şekil 2.22. Pik saat yolcu hesabı (Ashford ve Wright, 1992)

Pik saat uçuş, pik saat yolcu sayısı havalimanını kullanan yolcu tipleri dikkate alınarak hesaplanır. Pik saat yolcu ve uçuş değerleri havalimanı bileşenlerinin büyüklüklerini mekân standartlarının belirlenmesinde kullanılır.

Yolcunun havaalanına gelmesinden uçağa binip havalanmasına kadar veya uçağının piste inmesinden yolcunun havaalanını terk etmesine kadar bir dizi işlemlerin bir program içerisinde gerçekleşmesi gerekmektedir. Aksi takdirde gecikmeler kaçınılmazdır ve bu durum otomatik olarak kapasiteyi sınırlandırmaktadır. Bu ünitelerdeki yolcu akışında sıkıntı yaşanan birim havaalanı kapasitesinde etken birim olarak dikkate alınmaktadır. Çünkü o birimde takılan yolcular diğer birime geçemedikleri için gecikmeler oluşmaktadır, dolayısı ile kapasite de sınırlanmaktadır.

Kalkış ya da iniş için sıralarını bekleyen uçakların oluşturduğu kuyruklar, terminal binasındaki kapıların yetersizliği, uçuşların zamanında başlamasına ya da tamamlanmasına engel olmaktadır. Bu gecikmeler çalışma maliyetlerinin artmasına ve yolcuların zaman kaybetmesine neden olmaktadır. Bu gecikmelerin nedenleri, bir havaalanının talebin yoğun olduğu dönemlerde havaalanını kullanmak isteyenlere hizmet verecek yeterli sayıda pist, taksi yolu ya da kapılar gibi tesislere sahip olmaması demek olan kapasite yetersizliğinden kaynaklanmaktadır (Wells, 2000).

Havaalanını kapasitesini ve uçak başına düşen ortalama rötar miktarını hesaplamak için kullanılan yöntem, FAA' nın havaalanı kapasitesini analiz etmek ve uçak rötarlarını azaltmak için kullandığı bilgisayar modellerinden türetilmiştir. Saatlik kapasite hesabı ortalama rötarı belirlemek için gereklidir.

Havaalanı kapasitesi; teorik kapasite ve pratik kapasite olarak iki biçimde tanımlanmaktadır (Ashford ve Wright, 1992). Bu iki tanım arasındaki en önemli fark, pratik kapasitenin gecikmeleri dikkate alması, teorik kapasitenin ise almamasıdır. Bu iki kapasite tanımının dikkate alınmasında bazı nedenler vardır. Tüm havaalanlarına ve bu havaalanlarının elemanlarına uygun, kabul edilebilir bir gecikme süresinin belirlenmesinde ortak bir fikir birliğine ulaşılamamaktadır. Politikalar, beklentiler ve sınırlamalar havaalanından havaalanına farklılık gösterdiği için, kabul edilebilir gecikme süresi havaalanından havaalanına değişmektedir (Horonjeff ve McKelvey, 1994).

2.4.1. Teorik kapasite

Teorik kapasite, bir havaalanında gecikme olmayacağı kabulü ile hesaplanan kapasite değeridir. Yani belirli bir sürede, havaalanında uçakların herhangi bir gecikmeye maruz kalmadan en fazla iniş ve kalkışı gerçekleştirdikleri sayıdır. Burada kapasite, tüm uçakların verilen zamanda inişe veya kalkışa hazır oldukları varsayımından hareketle elde edilir. Kapasite hesaplanırken kullanılan pist şekilleri, havaalanı faaliyet şartları ve uçak karması gibi değişkenler teorik kapasitenin her hesaplamada farklı sonuçlar vermesine de sebep olmaktadır. Ancak verimliliği görmek açısından hesaplanması gerekli bir parametredir. Havaalanı teorik kapasitesi konusunda (Hockaday ve Kanafani, 1974), (Hansman, 2002) ve (TRE-C, 2001) çalışmaları yapılmıştır.

2.4.2. Pratik kapasite

Pratik kapasite belli süredeki gecikmeleri de dikkate alarak belirlenen bir sürede uçakların iniş ve kalkış sayısı olarak tanımlanmaktadır. Burada hesaplamalar havaalanının yoğun trafik yaşadığı iki saatlik dilim içerisinde her uçağın dört dakikayı aşmayacak şekilde rötar yapacağı düşünülerek yapılmaktadır (Ashford ve Wright, 1992). Doğal olarak her uçak 4 dakika rötar yapmayacaktır. Ancak burada amaç birinin az rötar yaparken diğerinin buradan artan zamanı daha fazla rötar yaparak dengede tutacağıdır. Bu nedenle pratik kapasite teorik kapasiteye oranla daha gerçekçi bir kapasite ve daha güvenle kullanılabilir bir veridir (Oyman, 1998).

2.4.3. Gecikmeler

Gecikme, hava taşımacılığı sistemindeki kapasite yetersizliğinin neden olduğu tıkanıklığın bir göstergesidir. Gecikme aynı zamanda havaalanı kapasitesinin fiili bir ölçüsüdür. Bir uçak, iniş ya da kalkış izni istediğinde bu işlem için uzun süre beklemeye başladığında kolayca gözlenebilir. Elverişsiz hava şartları, devamlı olarak gecikmeye neden olan en önemli faktör olarak belirtilmektedir. 1993 yılında elverişsiz havanın neden olduğu gecikmeler, 15 dakikanın üzerindeki tüm

gecikmelerin % 72'sini oluşturduğu belirtilmiştir. Gecikmeli uçuşların % 21'i de terminal binasındaki tıkanıklık nedeniyle oluşmuştur. Terminal binasındaki tıkanıklıklar daha çok büyük merkezi havalimanlarında, trafiğin en yoğun olduğu sabahın erken saatlerinde ya da akşam saatlerinde görülmektedir (Küçükönal, 1998).

15 Dakikadan fazla gecikmelerin dağılımı 1985-1990 yılları için Çizelge 2.11' de verilmiştir. Bu çizelgede hava koşullarının, gecikmelerin yarısından fazlasına neden olduğu, ancak hava koşulları nedeniyle gecikmeli uçuşların yüzdesinde yollar itibariyle bir azalma olduğu görülmektedir. Gecikmelere neden olan ikinci en önemli faktör, terminaldeki trafik yoğunluğudur. Bu faktör 1985 yılından 1990 yılına kadar gecikme nedeni olarak çarpıcı bir şekilde artmaktadır (Horonjeff ve McKelvey, 1994).

Çizelge 2.11. 1985-1990 yılları arasında 15 dakikadan daha fazla uçuş gecikmelerinin nedenleri (Küçükönal, 1998)

Sebep	**1985 (%)**	**1990 (%)**
Hava Koşulları	68	53
Terminal Hacmi	11	36
Havalimanı Hacmi	12	2
Pist – Taksi Yolu Kapanması	6	4
Ulusal Hava Sahası Sistem Cihazları	2	2
Diğer	1	3

Havadaki gecikme de, bir uçağın gecikme nedenlerinden ikinci göze çarpanıdır. Bu da inmeyi bekleyen uçakların sayısının fazlalığından (trafik tıkanıklığından) kaynaklanmaktadır.

Gecikmelerin ölçülmesi genellikle ülkelerin sivil havacılık veya havalimanı otoriteleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Çizelge 2.12' de 1987-1990 yılları arasında uçuşun her safhasındaki ortalama gecikme verilmiştir.

Çizelge 2.12. 1987-1990 yılları arasında uçuşun her bir safhasındaki ortalama gecikme (Küçükönal, 1998)

Her Uçuş İçin Ortalama Gelişme (Dakika)

Uçuş Safhası	**1987**	**1988**	**1989**	**1990**
Terminal Kapısı	1.0	1.0	1.0	1.0
Taksi Yola Çıkış	6.6	6.8	7.0	7.2
Havada	3.9	4.0	4.3	4.3
Taksi Yola Giriş	2.1	2.1	2.2	2.3
Toplam	13.7	14.0	14.6	14.9

FAA bu konuda yapmış olduğu çalışmalar sonucunda gecikmelerin dört aşamada gerçekleştiğini ve yaklaşık olarak gecikme sürelerinin birçok havaalanı veya hava taşıyıcısı için birbirine çok yakın olduğunu tespit etmiştir. Bu dört aşama ve yaklaşık süreleri şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Uçağın hava trafik denetim ünitesince verilen park sahasından çıkış izin zamanı ile gerçekleşen çıkış zamanı arasındaki fark kapı gecikmesi diye adlandırılmakta ve genellikle 1 dakika veya daha az sürmektedir.
2. Uçağın taksi yollarını kullanarak pist başına gitmesi ve kalkması sırasında gerçekleşen gecikmeler genellikle 6 dakikayı geçmemekte ve taksi çıkış gecikmesi olarak anılmaktadır.
3. Uçuştaki gecikme adı verilen üçüncü aşama ise bilgisayar tarafından hesaplanan uçuş saati ile gerçekleşen uçuş saati arasında oluşan farklılıktır. Bu da yaklaşık 3 dakika sürmektedir. Son olarak körüğe giriş gecikmesidir. Bu da inişten park sahasına kadar olan sürede yapılan gecikmedir. Bu çalışmaların sonucunda FAA ortalama bir gecikmenin 12 dakika ile sınırlı kalacağını tahmin etmiştir.

Havaalanının kapasitesini azaltan ve gecikmelere yol açan faktörler 4 başlıkta toplanabilir. Kapasite sorunları çözümlenmesi için bu 4 faktör incelenir. Bunlar:

1. Havaalanı hava tarafı kapasitesi
2. Hava sahası kapasitesi
3. Yer ulaşım kapasitesi
4. Yolcu terminal kapasitesidir.

2.4.4. Havaalanı hava tarafı kapasitesi

Hava tarafı tesisleri; pist, taksi yolu, apron ve kapılardan oluşmaktadır. Havaalanı hava tarafı kapasitesi, bu alanlarda güvenli bir biçimde gerçekleşen uçak hareket sayısıdır. Ayrıca bu alanlara kurulan ışıklandırma, seyrüsefer yardımcıları, radar gibi ekipmanlar da önemlidir (Wells, 2000).

Taksi yolunun kapasitesi genellikle pist veya apron ve kapı kapasitesinden daha fazladır. Ancak bir taksi yolu, aktif bir pistin üzerinden geçiyorsa bu taksi yolunun kapasitesini düşürmektedir. Kapasite ve gecikmelerin belirlenmesi aşamasında pist, taksi yolu, apron ve kapılardaki faaliyetler birbirinden bağımsız olarak dikkate alınmakta ve ayrı ayrı analiz edilmektedir. Apron ya da taksi yolundaki faaliyetlerin pistlerin kapasitesini etkilemeyeceğini söylemek doğru olmaz. Hava tarafı elemanlarının birindeki faaliyet diğer elemanların kapasitesini etkilemeyeceği için tüm hava tarafı kapasitesi, en sınırlayıcı elemanın kapasitesi ile belirlenmektedir (Horonjeff ve McKelvey, 1994).

2.4.5. Havaalanı kara tarafı kapasitesi

Bir havaalanının "kara tarafı" kesimi, yolcunun servis aracından terminal binasına girmesiyle başlayıp, kargo tesislerini ve yer ulaşım sistemini de kapsayacak şekilde uzanan bölüme verilen isimdir. Kullanıcılar açısından değerlendirildiğinde kara tarafı tesisleri olarak; yolcuların ve uğurlayıcıların erişim serbestliğine sahip olduğu her türlü havaalanı mekânı ve binalar ile havayolu şirketlerine ait işlemlerin gerçekleştirildiği binalar ve kargo tesisleri, havaalanı işletmesinin kullandığı halka kapalı alanlar sayılabilir.

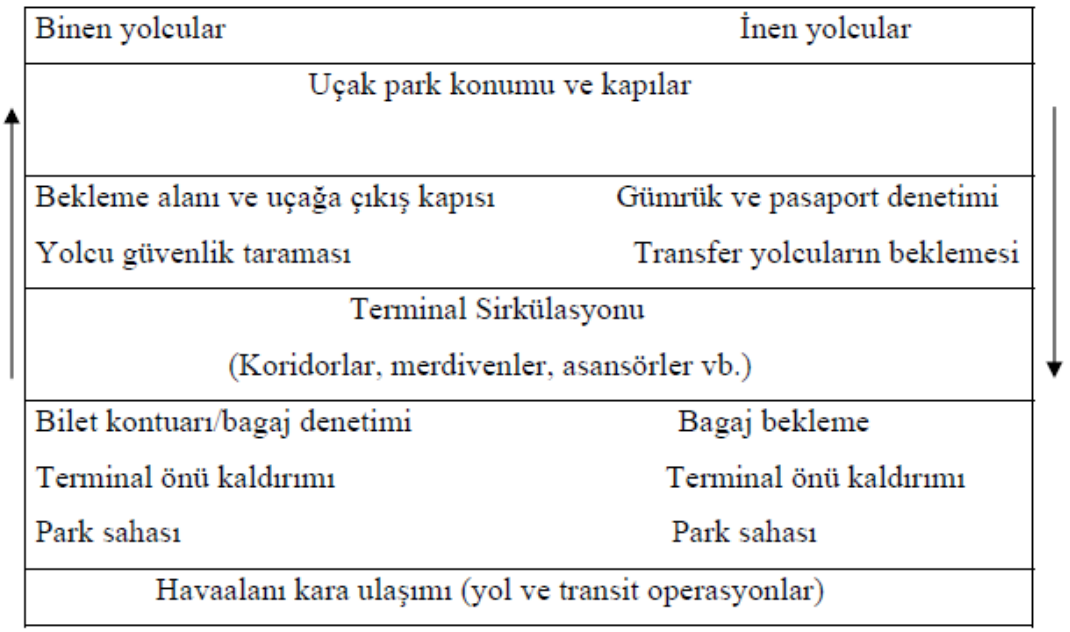
Havaalanı kara tarafı kapasitesi; yolcuları, havaalanı ziyaretçilerini, hava kargosunu, kara erişim araçlarını ve uçakları barındırabilecek fonksiyonel bileşenlerin kapasitesi olarak tanımlanabilir. Havaalanının kara tarafı bileşenleri birbiri ile etkileşim içerisinde çalışarak yolculara hizmet vermektedirler. Bu birimlerin bazılarında şişe boynu şeklinde dar geçitler ve tıkanma noktaları oluşabilmektedir. Bu durum gecikme ve kalabalığın göstergesidir. Tıkanma

noktalarının oluşumu birimlerin işletimine, tasarımına ve bu birimlere bağlı olan taleplere bağlıdır. Kara tarafı bileşenlerinin herhangi birindeki bir olumsuzluk, kara tarafı kapasitesi üzerinde baskıya neden olmakta, bunun sonucunda tıkanmalar oluşmaktadır. Yolcuların talepleri her bir birimin vereceği hizmeti etkiler. Başlıca talep karakteristikleri şunlardır; gelen yolcuların geliş gecikmelerinin düzenlenmesi, havaalanına gidiş ve havaalanından dönüşte kullanılan seyahat tipleri, taşınan ve denetim edilen bagaj sayısı, yolcuların yaşı, seyahat amaçları, yolcu uğurlayıcılarının sayısı, yolcunun bileti olup olmadığının ve binişe geçip geçmediğinin denetimidir. Havaalanı yönetimi ve havayolu şirketleri yolcuların taleplerine göre hizmet sunmaya çalışmaktadırlar.

Yolcu terminal binası bölümlerinin kapasitesi, sağlanabilir hareket hızı veya bazı durumlarda incelenen bölgede birim alana düşen kişi sayısı ile tanımlanmaktadır. Hareket hızını tanımlamak için kullanılan değişik kıstaslar bulunmakla birlikte, temel olarak kullanılan, zaman birimi söz konusu uygulamaya bağlı olmak üzere, birim zamanda gerçekleşen hareket (yolcu, bagaj ya da taşıt hareketi) sayısıdır. Bazı koşullarda, kapasitenin hesaplanan en fazla ihtiyaca göre planlanması uygun olmakla birlikte, mevcut harcamalar ve ihtiyaç duyulan mekân açısından bu sayının altonda bir değer kullanılması normal olarak daha gerçekçi bir yaklaşım olabilmektedir. Diğer bir önemli nokta ise işlemlerden birindeki kapasite eksikliği tüm havaalanı akışını olumsuz yönde etkileyeceği için faklı bölümlerin işlem kapasitelerinin doğru olarak hesaplanmasıdır.

Terminal binası kapasitesi yolcu hacmine ya da belli bir zaman dilimi içinde incelenen alanda bulunan yolcu sayısına göre hesap edilmektedir. Bir günde havaalanı birkaç defa dolup boşalabildiğinden kalabalıklık göstergesi, transit olarak geçip giden ve bekleyen yolcuların kara tarafı birimlerini kullanımlarının bir göstergesidir. Yüzdelik dilime düşen yolcu hacmine göre kapasite kullanımına bakılır. Bu değerlendirme maksimum verim düzeyi ile daha düşük hizmet düzeyi arasında değişim gösterir. Bu hizmet düzeyleri talep edilen özelliklere (yolcu güvenliği, sağlığı ve konforu vs.) ve diğer sınırlamalara göre belirlenmektedir.

Yolcu akış oranı ve yolcu kalabalığı servis hacmi için başlıca kapasite göstergeleridir. Havaalanı kara tarafı kapasitesi her bir bileşenin incelenmesi ile ortaya koyulabilir. Şekil 2.23' te havaalanı birimlerinin kara tarafı kapasitesini belirleyen muhtemel havaalanı kara tarafı ögeleri verilmiştir. Burada verilen bazı hizmetler yolcular için önemli olsa da, havaalanı kapasitesinin tanımlanmasında temel kıstas değildir (TRBNRC, 1987).

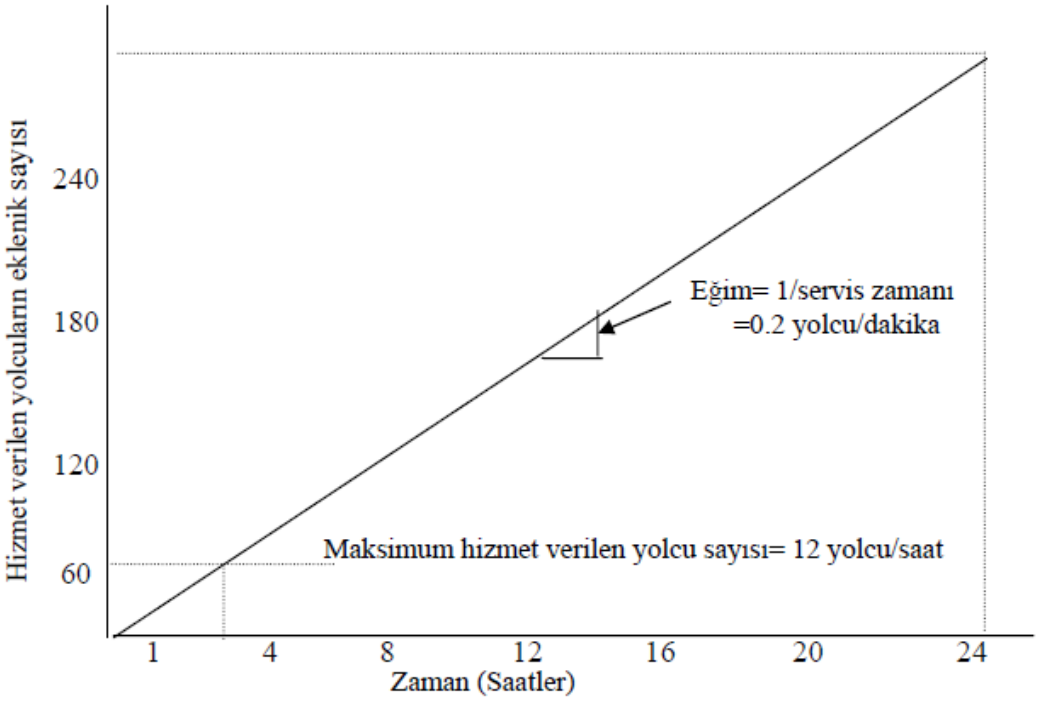


Şekil 2.23. Yolcunun kara tarafı birimlerindeki akış diyagramı (TRBNRC,1987)

2.4.5.1. Terminalin azami verimde çalışabileceği durum

Azami hizmet verilebilecek yolcu sayısı; ilgili terminal birimleri tarafından işlenebildikleri maksimum orandır. Aşırı yolcu talebi sonucu kalabalıklar oluşmakta ve yolcu işlemlerinde gecikmeler meydana gelmektedir. İncelenen terminal biriminin azami verimde çalıştığı durum incelenirse, örneğin bir havayolu şirketinin bilet kontuarında bir kişiyi çalıştırdığı durumda, yolcular buraya bagaj denetimi, bilet satın alma, biniş geçişi veya sadece soru sormak için gelmektedirler. Gelen yolcular eğer gişede kuyruk varsa sıralarını beklemek zorundadırlar. Eğer bu bilet satış kontuarını kullanan herkes tamamen aynı hizmeti isterse bu satış elemanının aynı verimi ortaya koyması durumunda her kişiye aynı zaman süresinde hizmet verilebilir. Bu sürede kişi başına 5 dakikadır,

bu durumda bir görevli tarafından hizmet edilen yolcu sayısı saatte 12 kişi olacaktır. Bu oran bilet satıcısının maksimum verimidir. Eğer bu oran 24 saat boyunca devam edecek olursa teoride bu satıcı günlük 288 yolcuya hizmet verebilir (TRBNRC,1987). Bu durum Şekil 2.24' te gösterilmektedir.



Şekil 2.24. Bilet kontuarı örneğinde maksimum hizmet verilebilecek yolcu sayısı (TRBNRC,1987)

2.4.5.2. Hizmet düzeyi kavramı

Hizmet düzeyi kavramı genellikle ulaştırma yapılarında kullanılan bir kavram olup; yollarda, sirkülasyon alanlarında ve yoğunluğun fazla olduğu yapılarda, mekânın /yolun yeterliliği için kullanılmaktadır.

Fonksiyonel olarak bir ögenin veya grup ögelerin kalitesi ve servis koşulları hizmet düzeyi kuramını meydana getirir. Bekleme süresi, işlem süresi, yürüme süresi, yoğunluk, yolcu konforu ve taleplerinin karşılanması için yapılan tesisler gibi faktörler hizmet düzeyinin bir ölçütüdür. Bu konuda ilk olarak 1970'li yıllarda (Heating ve Jones, 1975) ve (Brink ve Madison, 1975) öncülük etmişler ve (Chung ve Sodeinde, 2000), (Francis, Fry ve Humphreys, 1995), (Seneviratne

ve Martel, 1995), (Yeh ve Kuo, 2003), (Humphreys ve Francis, 2000), (Mumayiz ve Ashford, 1986) çalışmalar yapmışlardır.

Bir kişinin çalıştığı bilet kontuarında bir kişinin bilet alması 5 dakika sürüyorsa 5 dakika aralıklarla yolcuların gelmesi durumunda kuyruk veya bekleme oluşmayacaktır. Eğer bir yolcu satış yerine bir öncekinden daha önce gelirse yolculardan sonra geleni beklemek zorundadır. Daha fazla yolcu geldikçe kuyruk ta büyümeye başlar, gelenlerin sayısı azaldıkça bilet satıcısı da işlemini daha rahat yapacak ve kuyruk ta azalacaktır. Örneğin 2 saat sonra 24 yolcu geldiğinde 5 kişi de kuyrukta ise, 19 kişiye hizmet verilmiş demektir. Hizmet için bekleyen her kişi için bekleme süresi uzunluğu kuyruğun uzunluğuna bağlıdır. Nedeni satış yerine yolcuların gelişinin dalgalı olmasıdır. Yolcular bilet satış yerine düzensiz geldiği için hizmet düzeyi düzensiz olarak değişir. Pratik olarak servis hacmi ortalama olarak ölçülür ya da 15 dakikalık veya 1 saatlik zaman içinde ortalama olarak ölçülür. Teoride eğer hizmet almak için gelenlerin sayısı servis oranından daha fazla olduğu sürece kuyruk uzunluğu artmaya, hizmet düzeyi de düşmeye devam edecektir. Gerçek ortamda yolcular uçaklarını kaçırmaya başlayacak havaalanı lobisinde daha fazla insanla dolmaya başlayacaktır. Bu durumda yolcular kızmaya ve şikâyet etmeye başlarlar. Klasik olarak havayolları veya havaalanı işletmecisi gecikme süresi veya kuyruk uzunluğunun maksimum kabul edilebilen değerini belirler. Örnek olarak tek bilet satış noktası kullanan havayolları maksimum yolcu bekleme süresini 15 dakika olarak belirleyebilir. Bu değeri aşması durumunda bu satış noktasında ikinci bir görevlinin çalışması gerekecektir. Şekil 2.25' te ikinci kişinin gerekliliği anlatılmıştır. Burada ikinci bir görevli gelmediği sürece nokta ile taralı alanda servis karşılanamayacaktır (TRBNRC, 1987).

Bu maksimum 15 dakikalık bekleme süresi için hizmet düzeyi hedefinin bir örneğidir. Bu hizmet düzeyi hedefi özel analiz periyodunda bir ögenin veya grup ögelerin birimlerince ortaya konulan minimum hizmet düzeyidir.

Servis düzeyi göstergeleri:

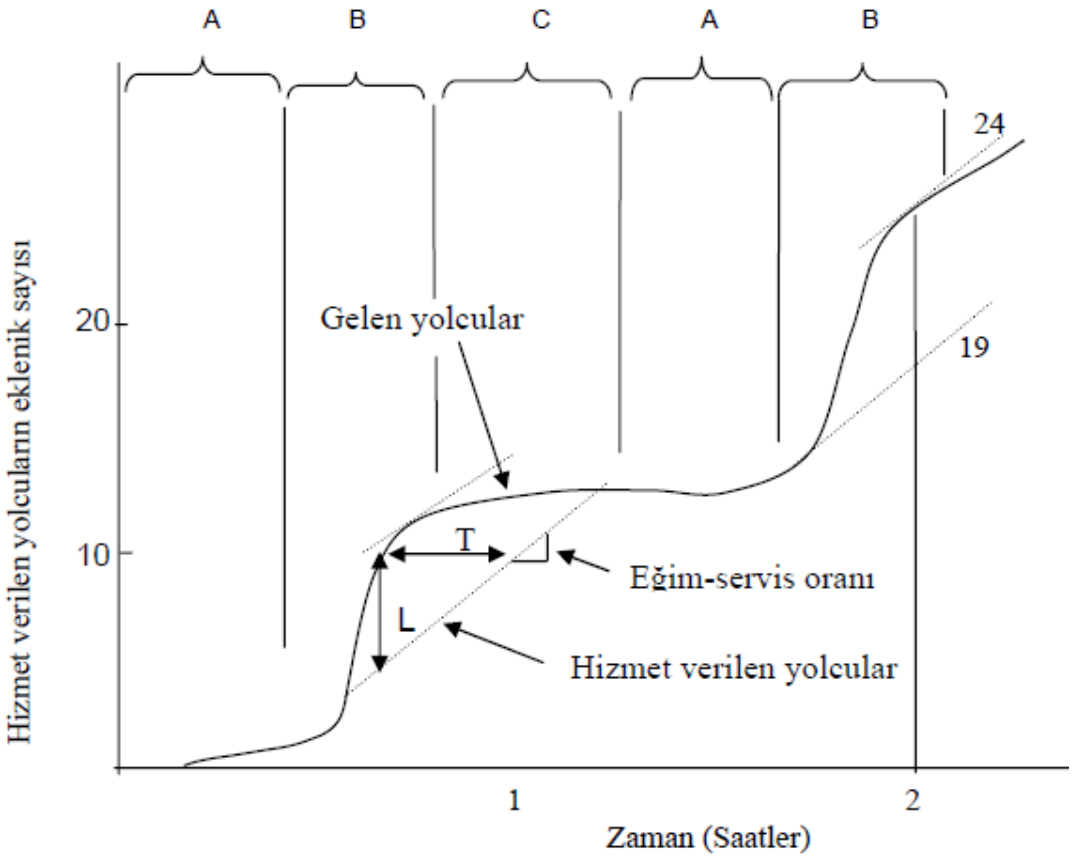
A: Kuyruk yok

B: Kuyruk oluşumu

C: Kuyruğun yok olması

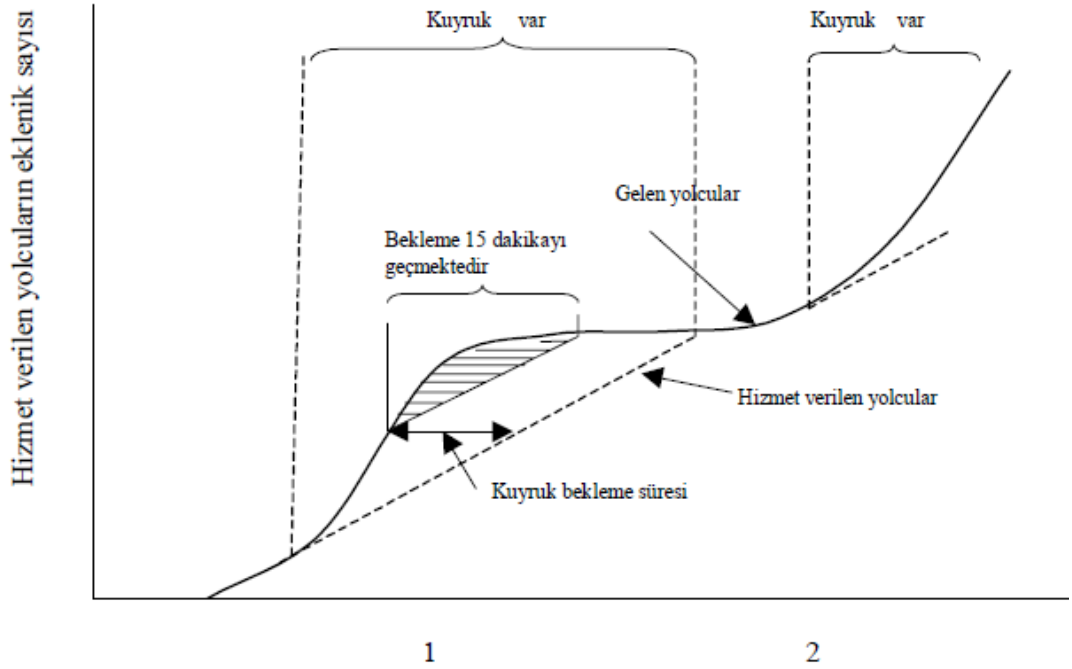
T: Kuyrukta umulan bekleme süresi

L: Umulan kuyruk uzunluğu



Şekil 2.25. Örnek bilet kontuarında hizmet düzeyi değişimi (TRBNRC,1987)

Şekil 2.26'da bilet kontuarı örneği için düşük hizmet düzeyinin kabul edilemez bir şekilde oluşunun gösterimi verilmiştir. Burada taralı alan ile zaman boyunca bu hizmet düzeyi ikinci bir bilet kontuarı açılmadıkça karşılanamadığı gösterilmektedir.



Şekil 2.26. Bilet kontuarında düşük hizmet düzeyinin gösterimi (TRBNRC,1987)

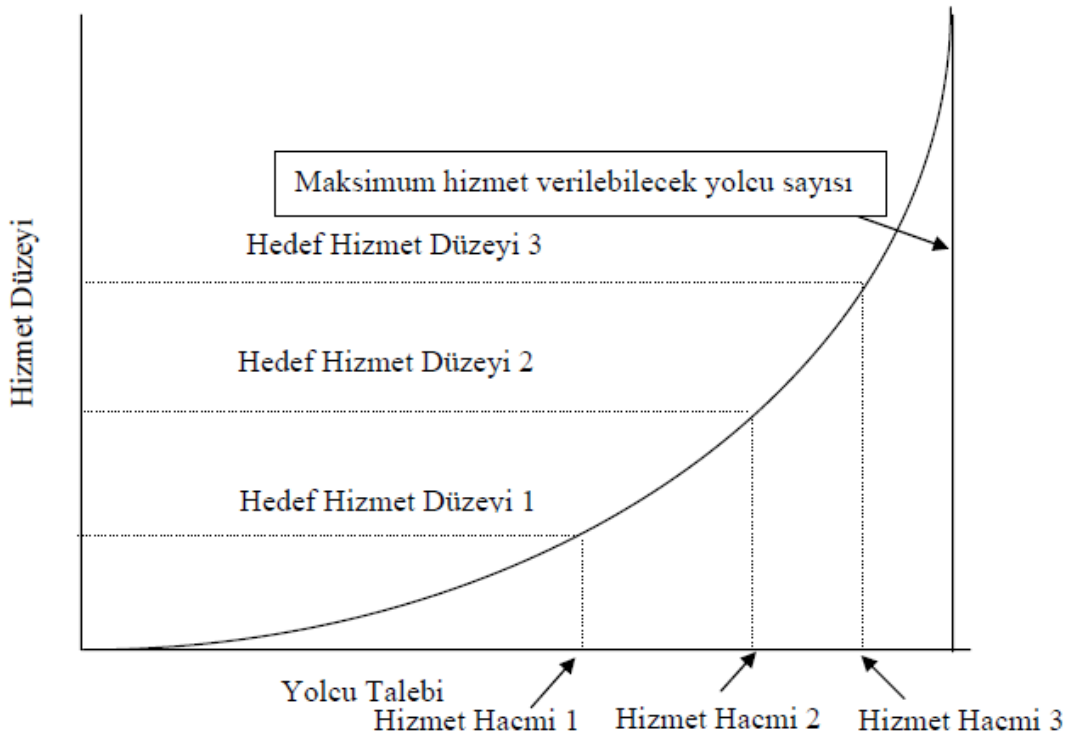
2.4.5.3. Hizmet hacmi kavramı

Kapasitenin ölçümü prensibine göre hizmet hacmi, hizmet verilen toplam yolcu sayısıdır. Fonksiyonel bir ya da bir grup öge tarafından verilen hizmet seviyesi, belirlenen noktada ölçümü yapılarak gözlemlenen hizmet verilen yolcu sayısıdır. Yolcunun işleme tabi tutulduğu birimlerde bilet satıcısı, güvenlik geçişi gibi yerlerde servis hacmi bir oran olarak ölçülebilir. Bu da belli bir zaman diliminde işlenen yolcu sayısı olarak belirlenir.

Yolcuların beklediği veya ayakta durduğu birimlerdeki hizmet, hacmi belli sürede hizmet verilen yolcu sayısı ile ölçülebilir. Hem bekleme hem de işleme tabii tutulan birimlerde ise her iki ölçüm de uygun olabilir. Şekil 2.20' deki bilet kontuarı- talep örneğinde olduğu gibi hizmet hacmi zaman zaman dalgalı bir şekilde değişecektir. Uçuş saati yaklaştıkça bu geliş oranları da artma göstermektedir. Doğal olarak yolcu yoksa hizmet hacmi sıfıra düşecektir.

Eğer ortalama servis süresi kişi başına 5 dakika ise bilet satış yerinde 3'ten fazla yolcu var ise hizmet düzeyi hedefine ulaşılamayacağı anlamına gelir (Şekil 2.27),

böyle bir hizmet düzeyi hedefine ulaşmak için havayolları satış noktalarına ikinci bir görevliyi yolcu sayısı arttıkça görevlendirir. Şekil 2.27'deki durumda, havayolu şirketi ikinci bir personel eklemektedir. Yoğun zaman dilimlerinde hizmet düzeyinin düşmesine göz yumarak havaalanının fiziksel tesisleri talepte ve trafiğin artmasındaki değişikliklere müsaade edecek şekilde hazırlanmaktadır. Kapasite sorunları bu tesislerin işletilmesi kadar, tesislerin eksikliğinden de ortaya çıkabilmektedir.



Şekil 2.27. Hizmet düzeyi, hizmet hacmi ve maksimum hizmet verilebilecek yolcu sayısı arasındaki şematik ilişki (TRBNRC,1987)

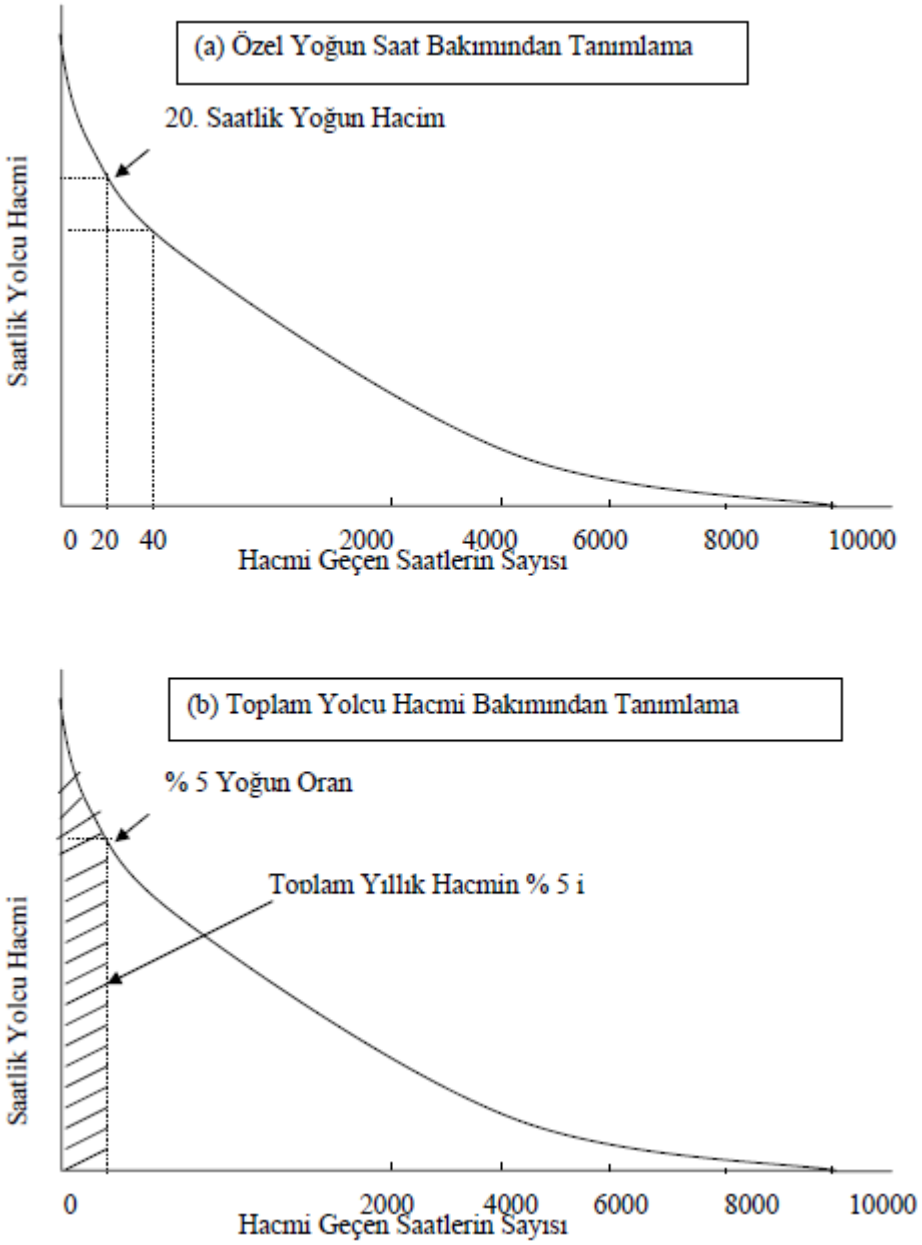
2.4.5.4. Kapasite analiz aralıkları

Talebin yüksek olduğu saatlerde kapasite sorunu görülür. Bazı havaalanlarında bu aralıklar sınırlandırılsa bile, havaalanlarında günün büyük bir bölümünde talep yüksektir. Kapasite analizi konusunda (FAA, 1988), (Odoni ve Neufville, 1992) ve (Gilbo, 1993) çalışmalar yapmışlardır.

Analiz periyodu birim veya birimlerin tipine ve bu birimde talep edilen yerin özelliklerine bağlıdır. Bazı birimlerde uygun analiz periyodu 1 saat veya daha az olabilir. Bazıları içinse birkaç saat, hatta bir kısmı için 1 gün kadar uzun olabilir. Genellikle analiz periyodu ile talep periyodu çakışmaktadır. Örneğin doruk saat ile yoğun saat süreçlerinin çakışması gibi. Hizmet hacmi daha uzun zaman aralıklarına yerleştirilebilir ama çalışmalar daha uzun aralıklar üzerinde kapasitenin anlamlı bir şekilde hesaplanamayacağını göstermektedir. Birçok ABD havaalanında en yoğun zamanlar yılbaşından önceki birkaç güne rastlamaktadır. Güneyde yer alan tatil bölgesindeki havaalanı yazın kış aylarına göre daha fazla yoğunluğa sahiptir. Yaz yolculukları ağustos ayını birçok havaalanında yoğun bir ay haline getirir. Yolcu talebi yılın herhangi bir gününü ve uçuş programını göz önünde tutmaksızın aydan aya, günden güne hatta gün içinde bile değişim göstermektedir. Pratikte yolcu hareketleri bu istatistikleri dikkate almaz, insanlar istedikleri herhangi bir zaman uçakla seyahat etmektedirler (TRBNRC,1987).

Analiz periyodu yapılırken dikkate alınması gereken havaalanındaki en olası durum değil tekrarlama şartlarıdır. Analiz periyodu sıklıkla tekrarlanan olaylara karşı önlem alınması gerektiğini öngörmektedir. Tüm talep koşullarında her zaman en yüksek hizmeti sağlamak ekonomik bir yol değildir. Bu nedenle analiz periyoduna göre yoğun günlerde gerekli önlemler alınmalıdır.

Standart yoğunluk, belli bir saatteki talep seviyesi olarak dikkate alınır. Örneğin Amsterdam Schipol Havaalanı'nda talep seviyesi için yirminci en yoğun saat dikkate alınmaktadır. Fransa'daki Aeroport de Paris Havaalanı için kırkıncı en yoğun saat kullanılmaktadır (365 gün 8760 saattir). İngiliz Havaalanı yetkilileri yoğun saat oranı talebini, yılın en yoğun saatlerinde meydana gelen yıllık yolcu hacminin % 5'i gibi bir seviye olarak tanımlar. Bu durum Şekil 2.28'de gösterilmiştir. Uluslararası hava taşımacılığı (IATA) ise yüksek trafik tatil periyotlarını yoğun periyot olarak seçmeyi önermektedir.



Şekil 2.28. Yoğun saatler için alternatif tanımlamalar (TRBNRC,1987)

FAA planlama ve tasarım aşamasında doruk ayın herhangi bir gününün doruk saatini kullanmaktadır. En yüksek yolcu trafiği ayı Ağustos ise ortalama gün hacmi aylık trafiğin yaklaşık 0,032'lik oranı (1/31) olur. Diğer bilgilerin eksikliğinde doruk ay ortalama gün ve doruk saat yaklaşımı kabaca trafiğin 20. veya 40. saat dilimi trafiğine karşılık gelmektedir. Bu da yılda günlerin % 4' ünden daha az bir durumda bu talep seviyesini geçmeyecek şekilde sonuç vermektedir, bu da yaklaşık 14 ila 15 gündür. Havaalanını kullanan havayollarının rota yapılarının, uçuş tarifelerinin, uçak kapasitelerinin ve boyutlarının değişim

göstermesinden dolayı havaalanının belli birimlerinde bazı saatlerde yoğun talepler meydana getirebilmektedir. Küçük havaalanlarından gelen yolcuların toplanarak transferlerinin yapıldığı merkezi tip büyük havalimanlarında yolcuların belli saatlerde çok sayıda yolcu gelmesinden dolayı kapı ve bekleme salonları için yoğun talepler oluşabilmektedir.

Daha yüksek bir talep seviyesi artarak devam etmesi durumunda her zaman hizmet düzeyinin daha düşük olması beklenebilir. Teoride beklenen yolcu gecikmesi, bilet kontuarı örneğinde olduğu gibi çok ciddi boyuta ulaşabilir. Pratik olarak hava durumu koşullarına bağlı ve tatil sezonuna bağlı olumsuzluklarda oldukça düşük hizmet düzeyi görülmektedir. Eğer havaalanı tesisleri uzun süre boyunca maksimum seviyede hizmet vermeye yani işletilmeye zorlandığı zaman oldukça kötü hizmet düzeyi ortaya çıkacaktır (TRBNRC, 1987).

2.4.5.5. Kara tarafı kapasitesi belirleme yöntemleri ve aşamaları

Bir havaalanı yolcu terminali binasında yolcu kalabalığından dolayı gecikmeler yaşanabilir. Havaalanı planlamacısı, meydana gelen bu gecikmeleri kara tarafı kapasite ölçüm sorunlarının tanımlanmasında kullanır. Havayolları işletmesi yönetimi veya havaalanı yönetimi bu sorunları incelerken yolcu davranışı ve talep özelliklerinin ya da yetersiz tesislerin sonucu bu sorunların oluşup oluşmadığına karar vermektedir. Kara tarafı kapasitesi simülasyon ve optimizasyon teknikleri kullanılarak modellenebilmektedir. Bu konularda (Verbraeck ve Valentin, 2002), (Gilbo, 1993), (Kiran ve Çetinkaya, 2000), (Tosic, 1992), (Jim ve Chang, 1998), (Hutchison ve Hill, 2001), (Haghani ve Chen, 1998), (Setti ve Hutchinson, 1994) ve (Parazi ve Braaksma, 1994) çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Burada her havaalanının kendine özgü koşulları dikkate alınarak modellemeler yapıldığı dikkat çekmektedir.

Havayolları işletmeleri havaalanında yeni hizmetler sunmayı amaçlar. Havaalanı operatörü ciddi derecede kara tarafı hizmet düzeyini düşürmeden, tesislerin işletimini düzenlemekle ve bu yeni servislerin hizmete sunulup sunulmamasıyla ilgilenir. Kara tarafı kapasite ölçümü bu tesis ve servislerde artan yolcu sayısının

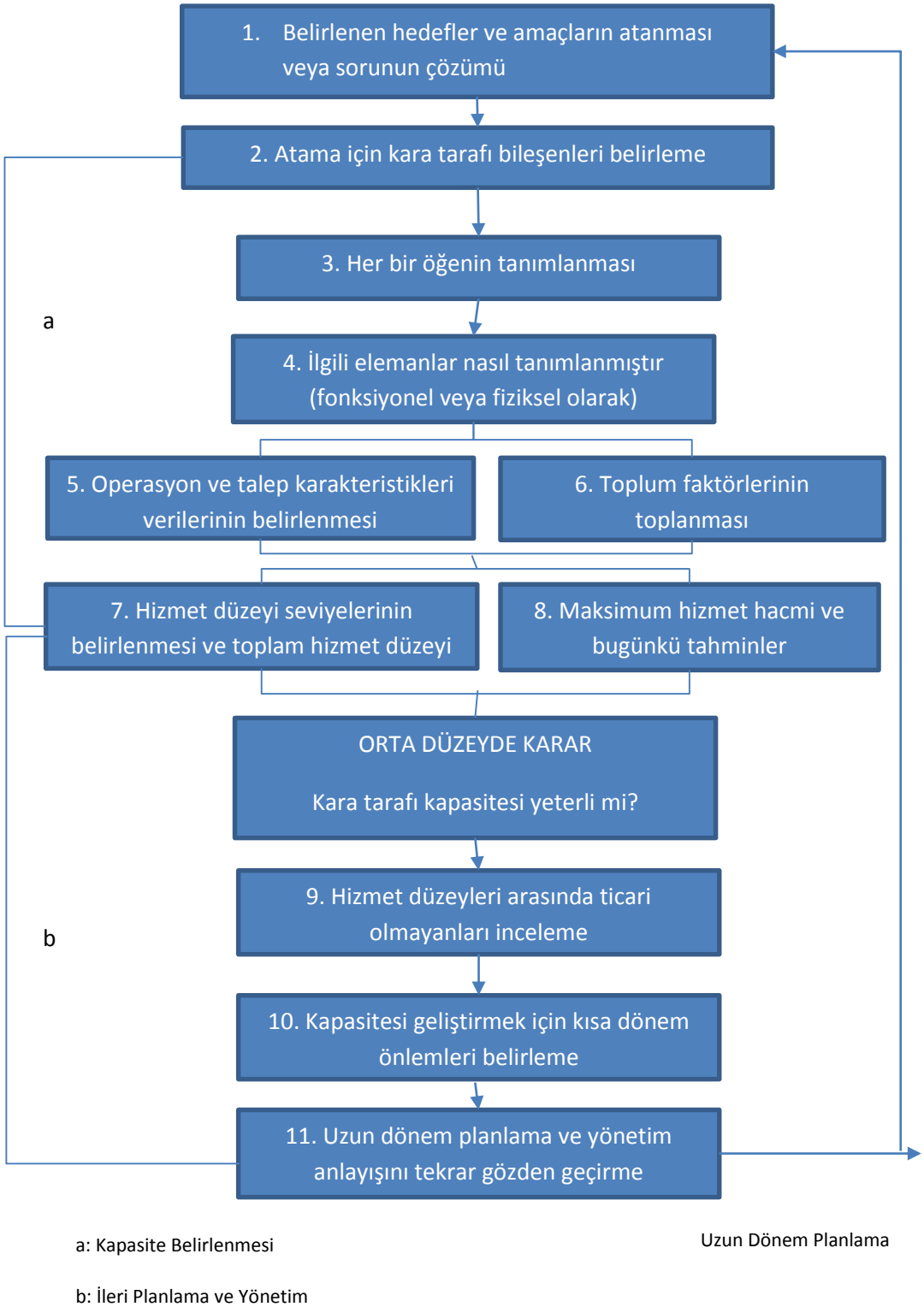
etkisini hesap ile ortaya çıkarır. Havaalanı tarafından hizmet verilen yolcu trafiği incelenir. Bu trafiğin tesisin kapasitesini aşıp aşmadığı araştırılır. Eğer bu trafik yeterli tesislerle karşılanmazsa hizmet düzeyi ciddi şekilde düşecektir.

Bir havaalanı hava tarafı tesislerini de geliştirmek zorundadır. Kara tarafı kapasite ölçüm sonuçlarına göre ek kara tarafı tesislerine ihtiyaç olup olmadığına karar verilirken, artması tahmin edilen trafiğin eklenebilecek hava tarafı tesisleriyle karşılanıp karşılanamayacağı da göz önünde tutularak değerlendirme yapılması zorunluluğu vardır.

Havaalanı işletmecileri, yeni hava trafik denetim yöntemleri tasarlayarak bir havaalanında 1 saat içinde yapılan uçuş sayısını maksimum düzeye yükseltmeyi amaçlar. Kara tarafı kapasite ölçümü havaalanı operatörü tarafından ek hava tarafı kapasitesinin neler katıp, neler katamayacağının hesaplanmasında kullanılabilir. Hükümet sınırlı bir bütçe ile tüm olarak hava ulaşımı sisteminden maksimum kar elde etmek zorundadır. Kara tarafı kapasite ölçümü bütçe kaynaklarından sistem operasyonuna ne kadar gelir akıtılabileceğini de göz önünde tutmalıdır.

Her durumda da kara tarafı kapasite ölçümü teknik bir prosedürdür ve yöneticilere çok faydalı bilgiler verir. Her ne kadar kara tarafı kapasite ölçümü kararları etkileyen bir dizi etmenden sadece bir tanesi olsa da, yinede kara tarafı kapasite ölçümü havaalanı yöneticilerine havaalanı sorunlarının neler olduğunu, potansiyel çözümlerin neler olabileceğini göstermesi açısından çok faydalıdır. Şekil 2.29' da önerilen kara tarafı kapasite ölçüm yöntemini yardımı ile analizciler ve yöneticiler hizmet düzeyi ve yolcu hizmet hacmi arasındaki ilişkiyi belirleyebilirler. Bu analiz yöntemi kara tarafı kapasite ölçümünün çekirdeğidir. Belli adımlardaki etkileşim ve geri bildirim alınması önemlidir. Hizmet düzeyi ve kapasite ölçümleri ancak birinin diğerine olan etkenliği ve iletişimi ile ölçülebilir. Herhangi bir kara tarafı ögesinin tek başına verimi bir diğer ögenin verimine bağlıdır. Mevcut şartlarda ortaya koyulan hizmet düzeyi hedefleri havaalanının gelecekteki gelişimi için uzun vadeli etkilere sahip olabilir. Sadece tek başına ögelerin nasıl hareket ettikleri ve birbiriyle nasıl etkileşim içinde bulunduklarını

dikkate alarak ve yine hizmet düzeyini etkileyen talebi dikkate alarak başarılı bir kara tarafı kapasitesi ölçülebilir. Kara tarafı kapasitesi ölçümüne dair 11 adım Şekil 2.29' da belirtilmiştir (TRBNRC,1987).



Şekil 2.29. Kara tarafı kapasitesi belirlenmesi, yönetimi ve planlama yöntemi, (TRBNRC,1987)

1) Yöntemin amaç ve hedeflerini belirlemek veya çözülmesi gereken sorunu tanımlamak: Kapasite ölçümü nedenleri bütün havaalanı kara tarafı birimleri için aynıdır. Yapılan kapasite araştırması en uygun analiz seviyesini ortaya çıkaracak ve bize en uygun çözümün bulunmasında yol gösterecektir. Yönetim ve planlama birimleri, kara tarafı kapasite ölçüm yönteminin uygulanması ile sorumludur. Sorunu tanımlamak ya da hedefi planlayıp tasarlamak; sonuçlara karar vermek bakımından kullanacak kişiler için soruna odaklanmalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Öncelikle, yöntem belirlenerek önerilen hizmet düzeyi hedefleri ortaya konmaktadır. Farklı işlevsel öğelerin özellikleri iyi anlaşılmış ise bu hedefler 7. ve 8. adımlardaki kara tarafı ögelerinin kapasitelerine karar vermede kullanılacak ögelerdir ve bunlar tekrar gözden geçirilebilir. Kara tarafı kapasite ölçümleri hesaplanan maliyetle karşılaştırılarak tekrar değerlendirilir. Bu aynı zamanda sorunu çözme aşamasında yapılan işlerin sonuçlarıyla bir ilişki kurduracaktır.

Her durumda tüm grupların talepleri havaalanı operatörleri tarafından dikkatli bir şekilde ele alınmaktadır. Yöntemin temel anahtar parçası hizmet düzeyi hedeflerini koymaktır.

2) Ölçüm yapılacak kara tarafı bileşenlerinin belirlenmesi: Hizmet sorunlarının yaşandığı bölümlerde kapasite ölçümleri yapılmalıdır. Bazen havaalanı kara tarafı birimlerinin tüm bölümlerini bu işin içine sokmak gereksiz olabilir. Ancak sorunla ilgili olan tüm ögeler işin içine sokulmalıdır. Normal olan kara tarafı kapasitesi belirlenmesinde önemli olan tüm ögeler için ölçümlerin yapılmasıdır. Zira bağlantılı birimler arasında bir sonraki ögenin ne durumda olduğunun bilinmesi yararlıdır. Bazı durumlarda genel yolcu talepleri de işin içine girse bile, ancak çok büyük miktarda yatırım yapmadan önce birimler arasındaki uygunluk tüm sistem dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

3) Herbir bileşeni tanımlama: Analizci tesisleri tanımlayabilmeli ve 2. Adımda belirtilen tüm ögelerin genel işlevsel özelliklerini ortaya çıkartabilmelidir. Her bir ögenin boyutlarına odaklanmalıdır, bu ögeler 5. adımda ele alındığı üzere talep

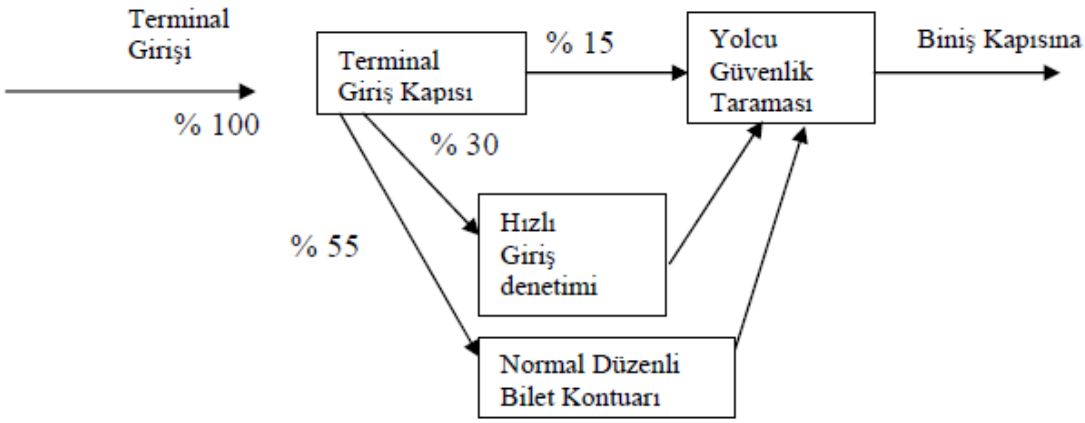
farklılıklarını da ortaya çıkartacaktır. İncelenen havaalanındaki veriler eğer uygun değilse analizciler kıyaslama yapabilirler. Bu durumda analizciler başka havaalanından gelecek olan ortalama servis oranlarını kullanmak durumunda kalacaklardır. Benzer havaalanlarından sağlanan verilerin adaptasyonu ölçümü hızlandırarak ve maliyeti düşürebilmektedir.

4) Ögelerin ilişkilerini belirleme: Analizciler yolcuların incelenen kara tarafı birimlerinde nasıl bir güzergâh izlediklerini çok iyi tanımlamalıdırlar. Sistemden geçmenin yolu tek mi? Veya alternatif yolları da mı var? Ögeler seri mi bağlantılıdır? Yoksa paralel mi? Gibi sorulara cevap aranır. Bu bağlantıları göstermenin en güzel yolu basit diyagram çizimidir. Şekil 2.25' te ögeler dikdörtgen olarak verilmiştir. Yolcuların izlediği güzergâhlarda bu dikdörtgenler arasında hat olarak gösterilmiştir. Büyük havaalanının detaylı analizi böylesi yüzlerce dikdörtgen ve hat içerir. Bu dikdörtgenler tasarımdaki hat seri mi veya paralel mi olabilirler, seri bağlantılarda yolcular bir ögeden diğer ögeye sıra halinde hareket ederler ve paralel bağda kara tarafı boyunca var olan birkaç yoldan birini seçmektedirler.

Şekil 2.30' da terminal girişi ve yolcu güvenlik taraması seri şekilde bağıntılıdır. Giriş denetimi ve bilet kontuarı paralel bağlantılıdır. Diyagramdaki her bir hattı kullanan yolcu sayısının yüzdesine direk bir gözlemle karar verilebilir ve talep özelliklerinin hesaplanmasıyla ortaya koyulabilir. Herhangi bir yolcunun kara tarafı bileşenleri boyuncaki rotası birbirleriyle bağlantılı fonksiyonel ögelerin seri halde yerleşimidir. Farklı talep özellikleri taşımakta olan farklı yolcular doğal olarak paralel güzergâhları kullanabilirler. Havayolları genelde ögelerini paralel kurarlar, çünkü onların başta gelen yolcu talep grupları iş adamları ve tatilcilerdir.

5) Talep özellikleri ve işlevsel faktörler için bilgi toplama: Analizci talebi tanımlamak için gerekli verileri toplar. Bunun yanında ilgilenilen her bir ögenin işlevsel özellikleri için de bilgi toplamalıdır. Havaalanındaki gözlemler diğer havayollarından gelen veriler başlıca bilgi kaynağıdır. Tipik olarak ihtiyaç duyulan bilgiler: Her bir birimi kullanan yolcu sayısı (kısmi olarak günün belli bir

bölümünde haftalık veya aylık değişkenlerle). Havaalanında çalışan insanların sayısı, işçi veya acentanın etkinliği (bilet kontuarı, gümrük, göçmen bürosu vb.) her bir yolcunun servis süresi ile bağıntılıdır.



Şekil 2.30. Bilet kontuarı için örnek yolcu akış diyagramı (TRBNRC,1987)

Tüm talep göstergeleri; yolcu başına denetim edilen bagaj sayısı, yolcu başına yanına alabildiği bagaj sayısı, her bir yolcuya eşlik eden ziyaretçilerin sayısı gibi bilgiler de gereklidir. Uçuş mesafeleri ve başlangıç noktaları, günlük uçuş programları uçak ve benzeri faktörler kapıyı meşgul etme süresi vb. Havaalanındaki yolcular, bunların havayolları içindeki dağılımı (başlangıç yeri veya mesafesi), tarifeli uçuşlarda havaalanına varılması gereken normal şartlardaki süreler. Havaalanına bağlantılı olarak alternatif taşıma tiplerinin yolcularca seçilmesi başlıca ihtiyaç duyulan verilerdir.

Terminal binasının mimari planı, kara tarafı tesislerini kullanan yolcuların izledikleri yolları belirlemede yararlıdır. Bunlar kapasite sorunlarının nerede olduğunu da gösterebilir. Kapasite ölçümlerinde bütün bu verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer yöntem havaalanındaki gelecekte ortaya çıkacak durumlarla da ilgileniyor ise programcı talebi ve ögenin işlevsel özelliklerini önceden görmek zorundadır.

6) Kapasiteyi etkileyen faktörleri belirleme: Havaalanı programcısı bölgesel olarak insan topluluklarının trafik hareketleri hakkında bilgiler toplamalıdır. Belirlenen talep yapısına göre kara tarafı ögelerinin işlevsel kapasiteleri

belirlenmelidir. Yapılan ölçümlerden tespit edilen faktörler bugünkü veya gelecekte izlenecek politikaları belirler.

ABD'deki havaalanlarında kapasiteyi etkileyen faktörler şu örnekleri içermektedir:

- Uçak operasyonlarındaki sınırlamalar, bunlar genelde gürültüye dayalı sınırlamalardır. Bu da uçağın tipini ya da hareket saatlerini etkilemektedir. Talep yapısı bugün için kısıtlamalar gerektirse bile gelecekteki olası talepleri dikkate alarak olası gelecek politikaları belirlemelidir.
- Devlet havayolu şirketlerine kaynak sağlamalıdır. Bu sayede oluşan havayolu şirketleri, toplumsal destek ile gelişerek büyümektedir. Bu da kapasiteyi doğrudan etkilemektedir.
- Taşıtlara ilişkin sirkülasyonlardaki kısıtlamalar veya olumsuz etkileri minimuma indiren kısıtlamalar veya daha etkili otobüs, taksi gibi havaalanına ulaşım modlarını geliştirmek için hükümet çalışmalar yapmalıdır.
- Pazarlama veya promosyon yapılması ile havayolu seyahatini geliştirmek, yeni güzergâhlar belirlemek veya mevcut olanların sayısını artırmak
- Uçak operasyonlarındaki mutlak sınırlar veya havayolu yolcu hacmi, bu yöresel hükümet tarafından belirlenen hacim ve rakamlardır. Bu limitler yeterince kullanılmayan tesisleri talep edilir hale getirmek için alternatif bir havayolu olarak tasarlanabilir. İniş ücretlerinde yapılan iyileştirme ile talebi artırmak mümkündür. Gürültü kirliliği gibi havaalanının toplum üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için çeşitli önlemler alınmaktadır.

7) Öge hesaplanması ve toplam hizmet düzeyi hesaplanması: 7. adım ve 8. adım paralel olarak ele alınmalıdır. 3. ve 6. adımda toplanan bilgi ve havaalanında yapılan gözlem birleştirilerek veya matematiksel bir modelleme ile hizmet düzeyi hesaplamak mümkündür. Burada talep gelişimini dikkate alarak ve gelecekteki şartlar göz önünde tutularak işlevsel özellikler belirlenmelidir. Basit hesaplamalar için diğer havaalanlarından gelen bilgiler ve istatistik çalışmalar

yeterli olabilir. Kapasite ölçümünde matematiksel model ya da karmaşık analizler kullanılabilir. Eğer hizmet düzeyi hedefleri tutturulabilirse ya da ölçülen tüm ögelerde bu seviyelerin üzerine çıkılabilirse sistemin fonksiyonel seviyesi yeterlidir. Ancak hizmet düzeyi bir veya daha fazla ögenin belirlenen hedefin altında olması durumunda ise tüm sistem hizmet düzeyi hedefi yine de karşılanabilir ya da aşılabilirdir. Örneğin bir kişinin park ederken küçük bir gecikmesi, buna bağlı olan diğer işlemlerinde de küçük gecikmelere yol açabilecektir. Ancak bu durum servis seviyesini etkilemez, ortalama hizmet düzeyi bütün yolcular için geçerlidir. Eğer bazı ögeler hedefi karşılamazlarsa ve hiçbir sistem istenen hedefi ortaya koyamaz ise 8. adımdaki yolcu servis hacmi belirlenmeden yolcu hizmet düzeyi kesinlikle tanımlanamaz. Servis hacminin geri beslemeli ve tekrarlı hesaplamaları için hizmet düzeyi doğal olarak gereklidir. Eğer hizmet düzeyleri istenen düzeyin daha altonda ise daha yüksek hedefler koyulabilir.

8) Şu andaki ve maksimum hizmet hacminin hesabı: Yolcu hizmet hacmi 7. Adımda hesaplanan hizmet düzeyi ile ilgilidir. Yapılan incelemeler sonucu bulunan kapasite hacimleri değerlendirilir. Eğer bazı ögeler hizmet düzeyi hedefinden daha iyi çalışıyorsa matematik modeller geliştirilerek daha sonraki yıllardaki yolcu taleplerini hesaplamak için kullanılabilir. Eğer hizmet düzeyi 7. adımdaki gibi hedefin altonda bulunursa matematik modeller yolcu hacmindeki azalmayı hesaplamak için kullanılır. Bu da istenen hedeflere ulaşmak için gerekenleri ortaya koymakta kullanılacaktır. Burada 2. ila 8. adımların tanımlanması ile mevcut ve hedef hizmet düzeyinin yeterliliği öğrenilebilir. 1. adımda ortaya çıkan soruları cevaplamak bize yolcu hizmet hacmini gösterecektir. Kara tarafı kapasitesi ölçümü yapılması tesisin durumu hakkında bize bilgi verecektir. Eğer kara tarafı kapasitesi yetersiz gözüküyorsa, ek analizler yapılarak kara tarafı ögelerinin daha iyi işleyişi sağlanmalıdır. Sistem yapılandırmalarında, operasyonlarında ve taleplerde ne gibi değişikliklerin yapılabilirliğine karar vermede, arzu edilen hizmet hacmine ya da hizmet düzeyi düzeltilmesine gidilmelidir.

9) Öğeler arası servisteki ticaret dışı faktörleri incelemek: Eğer ölçümdeki bazı ögeler hedefin üzerinde hizmet düzeyi sergilerse ve diğerleri de hedef alto kalırsa daha zayıf verim gösteren ögelerin bu verimi talep yapısını veya diğer ögelerin işlevsel özelliklerini değiştirerek düzeltebilir. Bu arada şunu da göz önünde tutmak gerekir, yüksek verim gösteren ögelerdeki hizmet düzeyindeki bir takım düşüşler genelde daha faydalı işlevleri başarmak adına kabul edilebilirdir. Bunlar talep ve kapasite arasında birbirlerine daha yakın hizmet düzeyi eşleşmesini sağlarlar ve bu da daha yüksek bir etkinlik ve genel sistem veriminde daha iyi bir sonuç çıkaracaktır. Bu sistem talebi bu ölçüm basamağında bulunmaktadır, bu da talepte uçuş programı ve yolcu seçimleri, yolcunun havaalanına varış ve ayrılışı hakkında bir sonuçtur.

10) Kapasiteyi artırmak için kısa dönem önlemleri tanımlama: Kapasiteyi artırmak için alınması gereken kısa dönem önlemler yeni kiralamalar, yapılanmalar ve anlaşmaların yapılması gerekir. Bu tip eylemlere ek olarak uçuş programlarını tekrar düzenlemek; havaalanını çalışanları için yeni bir görevlendirme programı, kapı işlev stratejisini değiştirmekte eklenebilir. Bazen kısa dönem önlemler veya eylemler, kalıcı çözümler çoğaltılırken soruna geçici bir rahatlıkta getirebilirler. Örneğin bagaj bekleme veya kapı bekleme alanlarının yolcu yüklemedeki büyümeye hizmet edecek büyüklüğe sahip olması uzak bölgedeki uçak park alanı ve taşıyıcı araçların kullanımı etkili kapı kapasitesini artırır. Burada ek kapılar yeni havayolu servislerini barındıracak niteliktedir.

11) Uzun dönem planlama ve yönetim hedefleri: Kara tarafı kapasite ölçümü uzun vadede birimlerin planlanmasından ve havaalanı ana planının geliştirilmesi bakımından önemli bir unsur olsa da kalıcı bir alternatif değildir. 1. ve 10. adımlar arasında başvurulan uzun dönem amaçların analizleri yeni birimlerin geliştirilmesini, mevcut olan birimlerdeki işlevsel uygulamalardaki büyük değişiklikler gösteren havaalanı aktivitelerini göz önünde tutan politika değişikliklerini de kapsayabilir. Bu gizli anlam 1. adımda verilen hedeflere ek olarak göz önünde tutulmak zorundadır. Eğer çok acil kara tarafı kapasite sorunları bu ölçümü hızlandırırsa havaalanı operatörü ve bu havaalanını kullanan havayolları belki de birlikte çalışarak sorun çözümleri üretebilirler.

Eğer hava trafiğinde gelecekte olası muhtemel değişiklikler şu anda olmasa da artmaya yönelik bir tehdit göstermekte ise finansal ve bu çözümlerin toplumsal etkilerini erkenden tanımlamak bu havaalanı yönetimini, havaalanındaki yatırımları ve birimlerdeki yatırımlar hakkında bu zor kararları vermekte yardımcı olacaklardır. Her iki durumda da kara tarafı kapasite ölçüm yöntemindeki geri bildirim kara tarafı hizmet düzeyi ve tüm gruplar arasındaki sonkararlar, temel amaç ve beklentilerin yeniden gözden geçirilmesine sürükleyebilir. Bu sayede sorunlar iyi anlaşılmakta önerilen çözümler de mantıklı olmaktadır (TRBNRC,1987).

2.4.6. Terminal kapasitesi

Yolcu terminal kapasitesi bir terminalin yolcu, kargo ve uçağı kabul edebilme ve bunlara hizmet verebilme yeteneğidir. Tüm terminal kapasitesini belirlemek için terminal alanındaki tüm bölümler ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu bölümler şunlardır (Wells, 2000):

1. Yolcuların iniş ve binişlerini yapacakları kapıların pozisyonları,
2. Apron sahaları,
3. Kargo apron sahaları,
4. Genel havacılık apron sahaları,
5. Yolcu terminal binaları,
6. Genel havacılık terminal binası,
7. Kargo binaları,
8. Araç park sahaları,
9. Uçak bakım tesisleri.

Bir havaalanı yolcu terminal binasının işlevi, hava ulaşım modunu kullanacak yolcuların ve bagajlarının hava tarafı ve kara tarafı ulaşımı arasındaki transferinin sağlanmasıdır. Terminal binasında gerçekleştirilen faaliyetler, bir yolcunun verilen hava taşımacılığı hizmetinin kalitesinin değerlendirilmesinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu konuda (Morlok, 1973) de ayrıntılı açıklamalar vardır.

Terminal binasında gerçekleştiren faaliyetlerin verimliliği, terminal binasının tümünde ya da belli bölümlerindeki faaliyetler ile talep arasındaki etkileşime bağlıdır. Terminal binalarının çoğu belli dönemlerde çok yoğun iken diğer zamanlarda nispeten boş olmaktadır. Bu nedenle terminal binasındaki işlevlerin verimliliği hakkında hüküm vermek talebin en yüksek olduğu dönemlerde yaşanan duruma bağlıdır.

Terminal kapasitesini belirtecek tek bir rakama ulaşabilmek için terminal binası içinde ya da çevresinde gerçekleştirilen çeşitli işlemlerin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu işlemler faaliyetlerin türüne (iç hat ya da dış hat, tek yön, aktarmalı ya da transit) göre değişiklik göstermektedir. Bir havaalanı terminal binasında gelen yolcu, giden yolcu, aktarmalı ve transit yolcu işlemleri aşağıda belirtilen faaliyetleri kapsamaktadır (Küçükönal, 1998).

Giden yolcular: 1- Güvenlik denetimi. 2- Terminal binasına yer ulaşımı.
3- Bagaj/yolcu giriş denetimi. 4- Pasaport denetim. 5- Kapı denetimi.

Gelen yolcular: 1- Pasaport denetim. 2- Bagaj teslim. 3-Gümrük denetim.
4-Terminal binasından yer ulaşımı.

Aktarmalı yolcular: 1- Güvenlik denetimi. 2- Gümrük denetim. 3- Pasaport denetim.

Transit yolcular ise pasaport ve gümrük gibi işlemlere maruz kalmadan direkt transit bekleme salonuna alınmakta ve uçuş zamanına kadar burada beklemektedirler. Aynı şekilde transit yolcuların bagajları da herhangi bir işleme tabi tutulmadan direkt yolcunun gideceği uçağa yüklenmektedir. Tüm bu işlemlerin gerçekleşmesi için, havaalanı yolcu terminal binaları yardımcı tesisleri de kapsayan birkaç bekleme alanı, değişik bölümleri birbirine bağlayan koridorları ve çeşitli işlemler için kuyrukta bekleme alanları gibi alanlarda birbirinden ayrı bir seri işlemin gerçekleştirildiği yerlerdir. Ayrıca her terminalde gelen ve giden yolcular için birbirlerinden ayrılmış alanlar mevcuttur ve hava tarafı ve kara tarafı faaliyetleri birbirinden ayrılmıştır. Büyük havalimanlarının

çoğunda farklı faaliyet kategorileri için (iç-hat, dış-hat ya da tarifeli, tarifesiz) ayrı terminal binaları bulunmaktadır. Terminal faaliyetlerinin düzgün ve akıcı bir biçimde gerçekleşebilmesi için her bir faaliyet alanının çok iyi bir şekilde planlanması ve düzenlenmesi gerekmektedir.

2.4.6.1. Terminal kapasitesine etkiyen durumlar

Bir terminal binasının kapasitesini belirleyebilmek için kapasiteyi etkileyen faktörlerin tanımlanması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu faktörler şunlardır.

1. Fiziksel özellikler: Terminal binasının kapasitesini hesaplamak için değişik bölümlerin ölçülerinin bilinmesi gerekmektedir.

2. Trafik akışı: Sözkonusu havaalanını kullanan tüm yolcu ve uçak tiplerinin göz önüne alınması gerekmektedir.

3. Hizmet kalitesi: Hizmet kalitesi, terminal binasını kullananların memnuniyetinin bir ölçeğidir. İşlemlerin hızı, yolcu konforu, yolcu trafiğinin akış kalitesi, mevcut oturma olanaklarının sayısı, bekleme süresi, binanın mimari özellikleri ve personelin verimliliği hizmet kalitesini göstermektedir.

Kapasite, hizmetin kalitesine ve hizmetin verildiği zamana bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Hizmet kalitesinin artması ya da azalması, kapasiteyi büyük ölçüde etkilemektedir.

Belirli bir hizmet seviyesine ulaşabilmek için havaalanı yolcu terminal binasındaki yolcuların hareketlerinin incelenmesi sonucu farklı yolcu tiplerinin alanla ilgili taleplerinin farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle hizmet verilen yolcu trafiğinin özellikleri incelenmelidir. Bu özellikler şunlardır (Küçükönal, 1998):

1. Toplam yolcu sayısı
2. İç-hat ve dış-hat yolcu sayısı
3. Tarifeli ve tarifesiz trafik sayısı
4. Her tip trafik (iç-hat, dış-hat) için geliş/gidiş sayısı
5. Transfer ve transit trafik sayısı
6. Yolcu başına karşılamaya ve uğurlamaya gelen kişilerin sayısı
7. Yolcu başına bagaj sayısı
8. Yolcuların kafeterya, banka, mağaza ve tuvalet gibi olanakları kullanma olasılığı ya da yüzdesi
9. Uçuşa göre yolcu grupları (uçak büyüklüğü ve tipine göre)
10. Yer ulaşım modu

2.4.6.2. Terminal kapasitesi hesaplanması

Bir terminal binasının kapasitesinin belirlenmesi için matematiksel kapasite belirleme yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak şu andaki mevcut kapasite rakamları biliniyorsa, yıllık yolcu grafiğindeki artış oranlarına bakılarak ilerideki yollarda ihtiyaç duyulacak alan gereksinimleri hesaplanabilir. Bir terminal binasının değişik bölümlerinin kapasitesinin belirlenmesi oldukça zor bir işlemdir. Bu bölümler arasında ve bu bölümlere doğru gerçekleşen yolcu hareketlerinin detaylı bir biçimde incelenmesini gerekir. Ancak bazen mevcut bir tesisin kapasitesi ya da belirli bir trafiğe hizmet vermek için gerekli tesis büyüklüğü hakkında daha çabuk bilgi edinmek gerekli olabilir. Bu amaçla çeşitli basitleştirilmiş formüller geliştirilmiştir.

Bir havaalanı yolcu terminal binasının ya da terminal binasının bazı bölümlerinin kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametre doruk saat grafiğidir. Bu amaçla FAA tipik doruk saat yolcu sayısını kullanmaktadır. Bu tam bir doruk talep değil sadece çok kısa zamanlarda aşılan bir rakamdır. Bu nedenle FAA doruk ayın ortalama bir gününün doruk saatini kullanmaktadır. Bazı Avrupalı planlamacılar ise yılın otuzuncu ya da kırkıncı en yüksek saati olan standart yoğunluk oranını kullanmaktadırlar (Ashfort ve Wright, 1992). Diğerleri ise, terminal binasındaki değişik bölümlerin alan gereksinimlerine ergonomik bir

bakış açısından yaklaşmışlardır. Kendi tasarım standartlarını oluşturan birçok havaalanı, sağlanacak alanın o alanda geçirilen zamanla ilişkili olduğunu kabul etmişlerdir. IATA (International Air Transportation Association) Çizelge 2.13' te gösterilen bir dizi alan tasarım standartları yayınlamıştır. Bu standartlar (ACI ve IATA, 1996):

Hizmet Düzeyi A: hizmet seviyesi mükemmel
Hizmet Düzeyi B: yüksek seviyede hizmet
Hizmet Düzeyi C: iyi hizmet seviyesi
Hizmet Düzeyi D: yeterli seviyede hizmet (çok kısa süreli gecikmeler olabilir)
Hizmet Düzeyi E: yetersiz seviyede hizmet (kabul edilemeyecek gecikmeler)
Hizmet Düzeyi F: kabul edilemez seviyede hizmet (sistemin çöküşü)

Çizelge 2.13. Havaalanı yolcu terminalleri için hizmet standartlarının seviyesi (m^2/kişi)

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Bilet lobisi ve giriş denetim bölgesi alanı	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	Sistem Çöküşü
Bekleme ve dolaşım	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	
Yolcu yükleme salonu (Arındırılmış salon)	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	
Bagaj teslim alanı	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	
Pasaport denetim salonu	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	

Hizmet Düzeyi "C" terminal binasında iyi bir hizmetin verildiğini göstermekte ve sağlanması gereken asgari tasarım standardı olarak tavsiye edilmektedir (ACI ve IATA, 1996). Bu tabloda A hizmet düzeyi en mükemmel iken zirve saat operasyonları sırasında arzulanan en düşük hizmet düzeyi D olarak alınmalı ve F hizmet seviyesinde ise sistemin çökeceği veya çok büyük yoğunluk yaşanacağı beklenmelidir. Bu hizmet standardı tespiti özellikle yoğunlukların yaşandığı doruk gün trafiklerindeki saatlik verilerde yapılmaktadır. Çünkü daha çok sıkıntı bu günlerde görülmektedir. İncelenen bölgedeki doruk saatteki yolcu sayısı yolcu

kullanım alanına bölünerek bir yolcu başına düşen alan (m^2/kişi) olarak hesaplanmaktadır. Bulunan bu değerler Çizelge 2.13. yardımı ile değerlendirilmektedir. Ayrıca iç hatlar için tüm brüt alan gereksiniminin 14 m^2/100 zirve-saat yolcu ve dış hatlar için bu değerin 24 m^2/100 zirve-saat yolcu olması önerilmektedir. Ancak gelen yolcu ve güvenlik gereksinimi için en az % 20 artırılması da emniyetli tarafta olmak açısından önerilmektedir (Tunç, 2003). IATA uluslararası trafiğe açık havaalanlarında belli dönemlerde incelemeler yapmaktadır. Belli hizmet seviyesi standartlarına uymayan havaalanlarını kara listeye alarak, havayolu şirketlerini uçuş yapmamaları konusunda uyarmaktadır. Bu konuda (ACI, 2000) ve (ACI ve IATA, 1996) yayınlarında ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

Bir terminal binasının kapasitesinin belirlenmesi için değişik bölümlerinin incelenmesi gerekir. Bu bölümlerin kapasitelerini etkileyen faktörler Çizelge 2.14 ve Çizelge 2.15'te verilmiştir (Küçükönal, 1998) ve (Tunç, 2003).

2.4.6.2.1. Terminal kapasitesi hesaplanmasında kullanılan diğer yöntemler

Küresel yöntem: Küresel yöntem, terminal binasının bölümlerinin yıllık yolcu trafiğine göre ayrı ayrı oranlandığı ve formüle edildiği daha sonra ise tüm terminal binasının kapasitesinin belirlendiği bir yöntemdir. Bu yöntem oldukça hızlı bir hesaplama sağlar ve istatistiksel olarak elde edilen oranların kullanımına dayalıdır. Sonuca ulaşabilmek için çok ve yeterli sayıda istatistiksel verilere ihtiyaç vardır. Trafiğin yapısı, en fazla yolcu sayısı, havaalanının büyük ya da orta büyüklükte olması hesaplamadaki dikkate alınması gereken değişkenlerdir.

Çizelge 2.14. Terminal giden yolcu bölümünde kapasiteyi etkileyen faktörler

Tesis	Ölçü Birimi	Anahtar değişkenler	Bilgi Kaynağı
Hôl	-Alan (m^2)	-Kullanım süresi -Yolcu başına alan -Yolcu başına uğurlayıcı -Uçuş türü	-Anket -Hizmet kalitesi -Anket -Tahmin
Giriş Denetimi	-Banko Sayısı	-Giriş denetimi süresi -Yolcu başına alan -Giriş denetimi türü -Uçuş türü	-Anket -Hizmet kalitesi -Görüş -Tahmin
Güvenlik Denetimi	-Yolcu bekleme sırası uzunluğu - Alan (m^2)	-Bagaj denetim süresi -Yolcu başına bagaj sayısı -Yolcu başına alan	-Anket -Anket -Hizmet kalitesi
Pasaport Denetim	-X Işını araçlarının sayısı -Bekleme sırası uzunluğu (m) - Alan (m^2)	-Pasaport denetim süresi -Yolcu başına alan -Pasaport bankolarının yerleşim düzeni	-Anket -Hizmet kalitesi -Mimari plan
Biniş Salonu	-Alan (m^2)	-Uçak tipi -Yolcu başına alan -Salon tipi -Uçuş türü	-Tahmin -Hizmet kalitesi -Mimari plan -Tahmin
Bagaj Ayırma Hôlü	-Bagaj sayısı	-Bagaj ayırma sistemi -Uçuş türü -Giriş denetim türü	-Çalışanlar -Tahmin -Görüş
Hizmet Düzeyi		-Bekleme süresi -Bekleme kuyruklarının uzunluğu -Yolcu başına alan -Gecikme (uçak/yolcu)	

Bu kapasite hesaplama yöntemi, aşağıda verilen (2.3) bağıntısı kullanılarak yapılmaktadır.

$$\boldsymbol{TA = \frac{SB}{R}} \tag{2.3}$$

Burada: *TA*: Yıllık yolcu sayısı (gelen ve giden yolcular)
SB: Terminal binasının toplam alanı (m^2)
R: Her bir yolcuya düşen alan (m^2) gösterilmiştir.

Bu kapasite hesaplama yöntemine göre iç hatlara hizmet veren bir havaalanında her 1000 yolcuya düşen alan 7-15 m^2, dış-hat trafiğine açık terminallerde ise bu oran 9 -15 m^2 arasında olduğu belirlenmiştir (Küçükönal, 1998).

Çizelge 2.15. Terminal gelen yolcu bölümünde kapasiteyi etkileyen faktörler

Tesis	**Ölçü Birimi**	**Anahtar değişkenler**	**Bilgi Kaynağı**
Göçmen Denetim	-Alan (m^2)	-Yolcu denetim süresi -Yolcu başına alan -Bankoların yerleşim düzeni -Uçuş türü	-Anket -Hizmet kalitesi -Mimari plan -Tahmin
Bagaj Teslim Salonu	-Banko Sayısı	-Alanı kullanma süresi -Yolcu başına alan -Alanı kullanma süresi -Uçuş türü -Bagaj bantlarının tipi ve sayısı	-Anket -Hizmet kalitesi -Anket -Tahmin -Görüş
Gümrük Denetimi	-Yolcu bekleme sırası uzunluğu - Alan (m^2)	-Yolcu denetim süresi -Denetlenecek yolcu yüzdesi -Yolcu başına alan -Bankoların yerleşim düzeni	-Anket -Gümrük -Hizmet kalitesi -Mimari plan
Hôl	-Alan (m^2)	-Alan kullanma süresi -Yolcu başına alan -Yolcu başına karşılayıcı -Uçuş türü	-Anket -Hizmet kalitesi -Anket -Tahmin
Hizmet Düzeyi		-Bekleme süresi -Bekleme kuyruklarının uzunluğu -Yolcu başına alan -Gecikme (uçak/yolcu)	

Karşılaştırmalı analitik yöntem: Bu kapasite hesaplama yöntemi, benzer özelliklere sahip iki havaalanının kapasitesinin karşılaştırılmasıdır. Bu yöntemin oluşturulması ve kullanılması esnasında bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Bu sorunlar:

- Karşılaştırılacak havaalanlarının özelliklerinin birbirine yakın olması gerekmektedir. Özellikle alt-sistemdeki elemanların özellikleri aynı olmalıdır.
- Sağlıklı bir sonuca ulaşabilmek için alt-sistemdeki elemanların işlevlerinin detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir.
- Terminal binaları hakkında yeterli verilere sahip olunduğu sürece her tip havaalanına uygulanabilir.

Simülasyon yöntemi: Diğer bir adı matematiksel model yöntemi olan bu kapasite hesaplama yöntemi, bilgisayarda terminal binasının her bir bölümü için değişik tipteki yolcu trafiğinin saatsel etkilerini gösteren bir simulasyon yöntemidir. Bu yöntemle ilgili (Gilbo, 1993), (Verbraeck ve Valentin, 2002), (Kiran, Çetinkaya ve Og, 2000), (Tosic, 1992), (Jim ve Chang, 1998), (Hutchison ve Hill, 2001), (Haghani ve Chen, 1998) ve (Setti ve Hutchinson, 1994) çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bu sistem değişik işletme şekillerinin ve özelliklerinin hesaplamaya katılması bakımından daha esnek ve hassas bir yöntemdir. Sonuç olarak daha hassas ve daha fazla sayıda veri elde etmek mümkündür. Bu matematiksel modelde trafiğin yapısına bağlı olarak her seferinde programın tekrar başlatılması gereklidir. En küçük havaalanından en büyük havaalanına kadar uygulamada en çok kullanılan yöntemdir. Ancak bu yöntemde yolcu işlem süresi, yolcuların beraberindeki kişilerin oranı gibi bazı bilgiler elde edilmeyebilir (Küçükönal, 1998).

2.5. Yaya Hareketleri ve Planlamaya Etkileri

Yayaların farklı ortamlardaki hareketleri belirsizdir, ancak bazı durumlarda ne tür davranışlar sergileyebileceği tahmin edilebilmektedir. Birlikte hareket hâlinde olan insan gruplarının davranışları takip edildiğinde, hareketlerinin nedenleri bulunabilmektedir.

Son yıllarda bilgisayar ve simülasyon sistemlerinin gelişmesiyle insan hareketleri araştırmaları popüler hâle gelmiştir. Bu araştırmalar insan hareketlerinin mevcut durumu nasıl etkilediği üzerinedir. İnsan hareketlerinin ve davranışlarının kalabalık hareketlerini etkilediği ve bunun da kalabalık hareketlerine yansıdığını belirtmiş ve genel bir kalabalık hareket analizi (crowd motion analysis) kavramı ortaya çıkmıştır. Literatürde bazı kalabalık davranışlarını içeren davranışlar mevcuttur.

Young (1999), havalimanı terminallerindeki insanların yürüyüş hızlarını değerlendiren bir çalışma yapmıştır. İnsanların yürüyüş hızlarını etkileyen; yaş, cinsiyet, bagaj, seyahat tipi gibi durumlara göre sınıflandırmıştır. Çalışmasında Fruin'in *Pedestrian Planning and Desing, 1971* kaynağından faydalanmıştır.

Reicher (2001) çalışmasında Le Bon vd.'nin çalışmalarından alıntılarla, grup akıl –gelenek adı altında teori geliştirmişlerdir. Teori, büyük bir kalabalığın parçası olmak, bireylerin özlük duygularını kaybetmelerinin ardından, kalabalığın geleneksel hareketlerine karışırlar.

Reicher ve Potter (1985) gruplar arası perspektif adı altındaki çalışmasında "gruplar içinde sosyal farklılık içeren iç gruplar vardır ve bunlar birbiri içinde farklı davranış eğilimleri sergileyebilir" şeklinde tanımlamıştır.

Mcphail (1991) çalışmasında Allport vd.'nin eğilim teorisini inceleyerek, şiddet gösteren bireysel eğilimler anti –sosyal kişilikler doğurur, bu bireysel eğilimler kalabalık davranışlara yansır şeklinde belirtmiştir. Mcphail (1991), Killian ve Turner çalışmalarını incelemiş ve acil örenk teorisinde, kolektif yönetim

anlayışında gelişmekte olan normlar bulunur, yani kalabalıklar belirli davranışlar ve söylemler /söylentiler ile hareket edebilir şeklinde çalışmayı toplamıştır.

Waddington vd. (1987) kalabalık grupların karmaşıklık modeli için altı bozukluk (karmaşıklık) teorisi geliştirmiştir:

Yapısal: Bağıl güç dağılımlı karmaşıklık durumu.
Siyasi /İdeolojik: Baskı grupları ve etkinliklerin durumu.

Kültürel: Kalabalıklar farklı kültürdeki insanları birarada bulundurabileceğindne farklı yönde davranış sergilerler ve karmaşıklıklar ortaya çıkar.

Bağlamsal: Söylenti ve sızıntılarla oluşan karmaşıklıklar.

Durumsal: Özel durumların oluşabildiği anlar.

Yazılı kuralları çiğneyen: Kalabalıklar arası davranışları yöneten en tehlikeli faktördür.

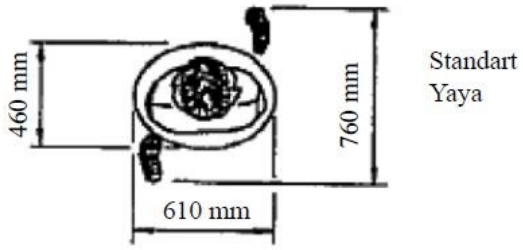
Araştırmacılara göre karmaşıklık, nadiren kasıtlı, açıklanabilir, çoğu zaman öngörülebilir bir problemdir.

Dandan vd. (2007) kaldırımlarda yayaların yürüyüşü sırasında hizmet düzeyini ölçmüş ve bunu regresyon modeli ile analiz ederek hizmet seviyesini etkileyen beş faktör belirlemiştir:

- Yol, kaldırım genişliği
- Yolcu karakteristikleri (cinsiyet, yaş vb.)
- Kaldırımda kullanılan diğer faktörler (bisiklet, kaykay vb.)
- Kaldırımdaki engeller
- Erişim /ulaşım durumu

Kalabalık hareketleri her ne kadar insan bilimcilerin alanına girse de mimar ve mühendislerin ilgilendiği konulardır. Tasarımının temelini insan ve davranışları oluşturmaktadır. Bu sebeple günümüzde birçok yapıda buna dikkat edilmedği görülmektedir.

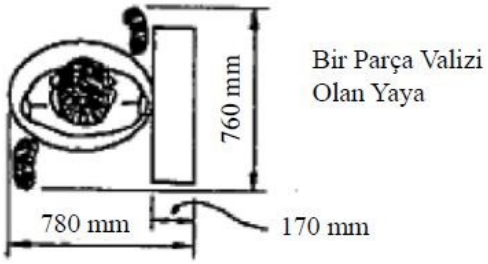
Davis ve Braaksma (1987), havalimanı terminali içerisindeki bagajlı ve el arabalı yolcuların ebatlarını belirlemişlerdir. Şekil 2.31'de standart yaya ebatları gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Standart yaya ebatları (SHGM, 2010)

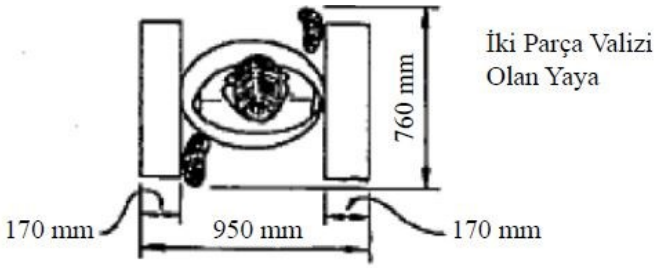
Şekil 2.31' de standart bir yayanın ebatlarını 610*760 mm ölçülerinde tanımlanmaktadır. Yayanın gövde alanı ise 460 mm olarak belirtilmiştir.

Terminal içerisindeki yolcular standart yaya ebatlarında olabildikleri gibi valiz taşıma durumlarına göre de terminal içerisinde belirli bir alanı işgâl ederler. Şekil 2.32'de bir parça valizi olan yayanın ebatları gösterilmiştir.



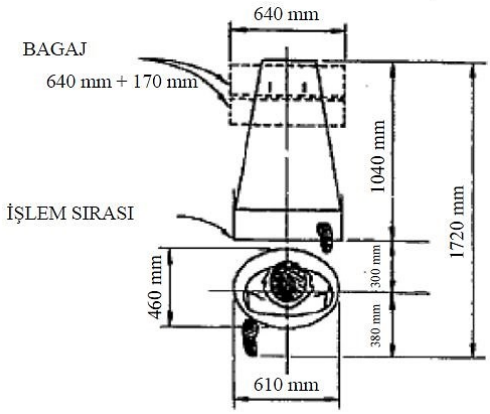
Şekil 2.32. Bir parça valizi olan yayanın ebatları (SHGM, 2010)

Terminal içerisinde bir parça valiz taşıyan yayanın standart boy ölçüsünde herhangi bir değişim olmamaktadır. Valizin oluşturduğu hacimden dolayı yayanın eni 170 mm daha artarak 780 mm olmaktadır. Şekil 2.33'te iki parça valizi olan yayanın ebatları gösterilmiştir.



Şekil 2.33. İki parça valizi olan yaya ebatları (SHGM, 2010)

170 mm civarında olan standart valiz ölçüleri dikkate alındığında yolcuların iki parça valiz taşımaları durumunda genişlikleri 950 mm olmaktadır. Şekil 2.34'te yayaların beraberlerinde taşıyamadıkları valizleri olması hâlinde yüklerini el arabasıyla taşıması durumunda terminal içinde kapladıkları alanın ebatları gösterilmiştir.



Şekil 2.34. El arabalı yaya ebatları (SHGM, 2010)

Davis ve Braaksma yayaların ebatlarını belirlemişlerdir. Birçok araştırmacı da yaya hareketleri üzerine incelemelerde bulunmuştur.

Goodwin vd. (2001), yayaların akım yönü tercihi olduğunu ve bu durumun azami hız ile değişkenlik gösterebileceğini belirtmiştir.

Turner ve Penn (2002), bir genellemede bulunmuş ve yayaların açışal yer değiştirme ihitiyaçlarını en aza indiren yolları tercih ettiklerini belirtmişlerdir.

Hine vd. (2002), dış faktörler ve şartlar değişmedikçe yaya hızı sabittir teorisini ortaya atmışlardır.

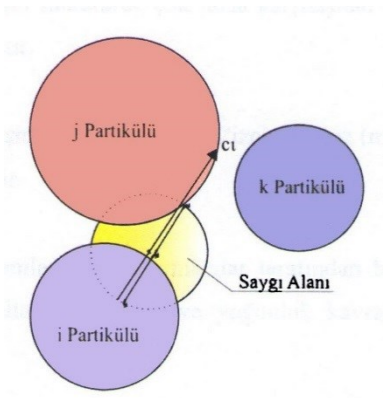
Blue vd. (1997) "hız değişimlerindeki tercih, çarpışmalardan doğar" diye belirtmektedir. Bu yaklaşımda çarpışma durumlarının yaklaşmasında yayaların sakındığını ve bunun da yayaların hızlarını etkilediğini kaydetmiştir.

Fruin (1971), hız; kalabalık yoğunluk artışı ile azalır genellemesinde bulunmuş, Daamen ve Hoogendoorn (2003), yayaların tek yönlü akışlarında hem sağdan hem de soldan geçme olasılıklarının eşit olduğunu savunmuşlardır.

Goffman (1971), yayaların yön değişimi üzerinde çalışmıştır. Yayaların yön değişikliği yaptıktan sonra, kendi özgün yolu üzere harekete dönme eğiliminde olduklarını belirtmiştir. Yayaların ters yönde hareket etme durumlarında ise sürekli sağdan geçme eğiliminde olduklarını belirtmiştir. Yayalarla ilgili birçok kuralın bu teori temelli olduğu savunulmaktadır.

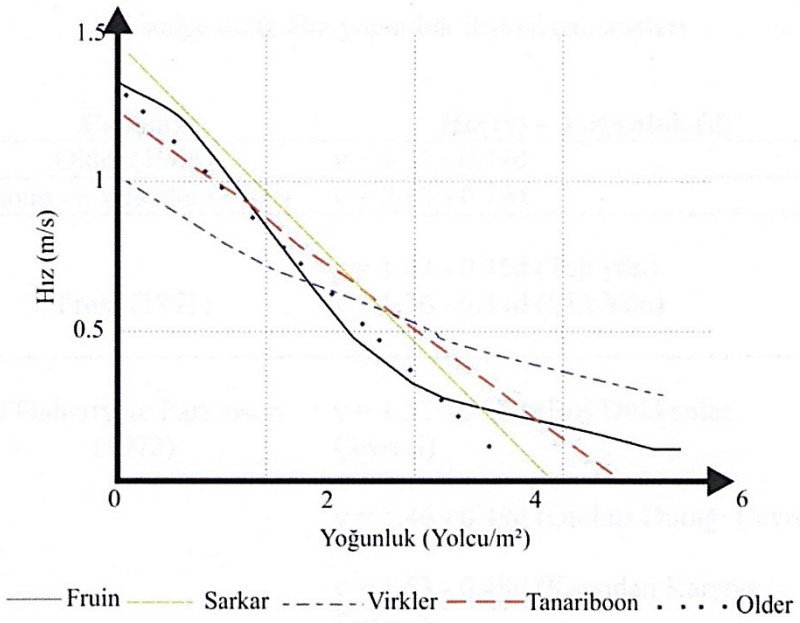
Willis vd. (2003), yayaların hareketlerinin uzaklık, mesafe, yaya tipine veya engel türüne bağlı olduğu yargısını ortaya atmıştır.

Parisi vd. (2009) yaya akışlarını deneysel verilerle sosyal kuvvet modeli ile modifikasyonu çalışmalarında "saygı alanından" bahsedilmiştir. Yayaların birbirine dokunmadan yaklaştıkları alanı tanımlamaktadır (Şekil 2.35).



Şekil 2.35. Saygı alanı (Parisi, 2009)

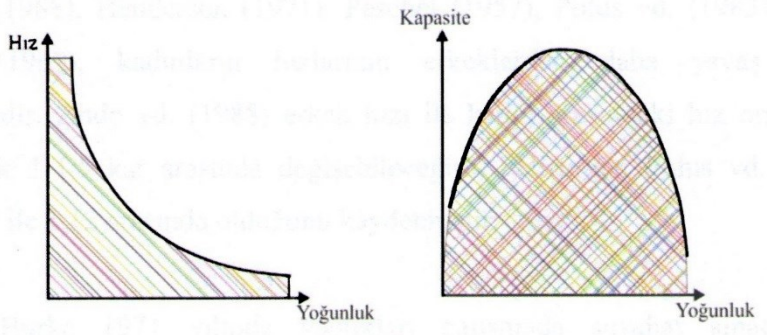
Birçok araştırmacı antropometriden çok, farklı tipteki insan grupları (yaş, cinsiyet vb.) ile uğraşmış, çeşitli deneyler yapmıştır. Bunların yanında Şekil 2.36'da farklı araştırmacıların hız-yoğunluk bağıntıları derlenmiştir.



Şekil 2.36. Farklı araştırmacıların hız–yoğunluk grafiği

Hız (m/sn) cinsinden, yoğunluk ise (kişi/m^2) cinsindendir (Çizelge 2.16).

Graat vd. (1999), çalışmasında spor stadyumlarının boşalmalarını eğim durumunda göre incelemiş ve yoğunluk kavramını hız ve kapasite ile Şekil 2.37' deki gibi ilişkilendirmiştir.



Şekil 2.37. Hız–yoğunluk–kapasite ilişkisi (Graat vd., 1999)

National Geographic (2013)'in hazırlamış olduğu "Zamanda Yolculuk –Kolezyum (Roma)" adlı programında Kolezyum ile Çin'deki "Kuş Kafesi" stadyumunun acil durum tahliyelerini mukayese eden bir kalabalık simülasyon testi uygulamışlardır. Bu testte tam kapasiteyle çalışan iki yapının, yayaların hız ve yoğunluk durumlarına göre acil durum tahliyesi kıyaslanmıştır. Test, Kolezyum 12 dk. 44 sn. ve Kuş Kafesi 12 dk. 57 sn. sonuçları ile neticelenmiştir. Bu iki yapıda yayaların oturma düzenleri farklılık göstermektedir. Kolezyumda hiyerarşik bir oturma düzeni var iken Kuş Kafesi'nde modern oturma düzeni olmasına karşın yayaların arenaları terketmesi hemen hemen aynı sürede olmaktadır.

Mekânların kullanımı ile hız ve yoğunluk kavramının birebir ilişkilidir. Mekânların işleyişi, o mekânı kullanan kişilerin mekânda oluşturduğu yoğunlukla alâkalıdır. Yoğunluğun fazla olduğu durumlarda hız, mekânı etkileyen kavramların başında yer almaktadır.

Çizelge 2.16. Hız –yoğunluk ilişkisi çalışmaları (Erkan, 2012)

Çalışma	**Hız (v) – Yoğunluk (d)**
Older (1968)	$v = 1.3 - 0.34d$
Navin ve Wheeler (1969)	$v = 2.13 – 0.79d$
Fruin(1971)	$v = 1.43 - 0.35d$ (Tek yön) $v = 1.36 - 0.34d$ (Çift yön)
O'Flaherty ve Parkinson (1972)	$v = 1.37 – 0.36d$ (Boş dükkânlar çevresi) $v = 1.46 – 0.49d$ (Otobüs durağı çevresi) $v = 1.53 – 0.49d$ (Karşıdan karşıya geçme) $v = 1.42 – 0.44d$ (Elbise mağazaları çevresi)
Polus (1983)	$v = 1.27 – 0.12d$ ($d < 0.6$) $v = 1.33 – 0.27d$ ($0.6< d < 0.75$) $v= 1.62 – 0.73d$ ($d > 0.75$)
Tanaboriboon vd. (1986)	$v = 1.26 – 0.26d$
Tanaboriboon ve Guyano (1991)	$v = 1.21 - 0.22d$
Al- Masaeid vd. (1993)	$v = (3.32 + 2.05v -1.55v^2) / d$
Virkler ve Elayadath (1994)	$v = 0.61 \ln(4.32 /d)$ ($d>1.07$) $v = 1.01 e^{-0.24d}$ ($d<1.07$)
Lam vd. (1995)	$v =1.29 – 0.36d$ (İç mekân yürüyüşü) $v = e^{0.38-0.57d}$ (Dış mekân yürüyüşü)
Sarkar ve Janardhan (2001)	$v = 1.46 - 0.35d$
Teknomo (2006)	$v = 1.02 - 0.36d$ (Tek yön) $v = 1.2 - 0.217 \ln(100d)$ (Çift yön)
Solak vd. (2009)	$v = -0.34d + 1.34$

Araştırmacılar yolcu hızlarının formülasyonunun yanısıra yaya hareket durumlarına göre (m/sn) cinsinden hızlarını belirtmişlerdir. (Erkan, 2012) Çizelge 2.17'de görülen yaya hızları farklı çalışmalardan derlemiştir.

Çizelge 2.17 Hız – yoğunluk çalışmaları

Çalışma	**Hız (v)**
Peschel (1957)	1.1 ile 1.8 m/sn (Yaşa bağlı değişim)
Hanhin ve Wright (1958)	0.80 m/sn (Londra metrosu)
Older (1968)	1.0 – 1.4 m/sn (Yürüyüş yolu)
Fruin (1971)	0.67 m/sn (Yürüyüş yolu)
Predtetschenski ve Milinski (1971)	1.23 m/sn
Henderson (1971)	1.4 m/sn – 1.6 m/sn
General Services Administration (1972)	1.11 m/sn
Van Bogaert (1986)	0.62 m/sn (Okul)
Fruin (1987)	1.3 m/sn (Kadın), 1.4 m/sn (Erkek) m/sn
Ando vd. (1988)	1.21 m/sn (Japonya metrosu)
Daly vd. (1991)	1.03 m/sn (Metro)
Cunningham ve Cullen (1993)	0.80 m/sn
Lam ve Cheung (2000)	0.91 -1.01 m/sn (Hong Kong metrosu)
Fujiyama ve Tyler (2004)	1.16 (+,-) 0.31 m/sn
Kretz vd. (2006)	1.43 m/sn
Jiang vd. (2009)	0.43 – 0.79 m/sn (Çin metrosu)

Yayaların fiziksel şartları da kendi hareketlerini etkilediği için önemli olup, yayanın yaşı, cinsiyeti, seyahat amacı, rotanın eğimi gibi faktörlerin etkisindedir (Çizelge 2.18).

Çizelge 2.18. Yaş gruplarına göre hız dağılımı

Yaş Grubu	Ortalama Hız (v)
6 -10	1.1 m/sn
13 -19	1.8 m/sn
<40 (Erkek)	1.7 m/sn
>55 (Erkek)	1.5 m/sn

Birçok araştırmacı kadınların hızının erkeklerden daha yavaş olduğuna kanaat getirmişlerdir. Ando vd. (1988), erkek ile kadın arasındaki hız oranının yaşa göre 1 -1.5 kat arasında değişebileceğini belirtirken, Polus vd. (1983) bu oranın 1.07 - 1.12 arasında olduğunu kaydetmiştir.

Fruin (1987) yolun eğiminin %5-6 civarında olması durumunda yayaların hızlarında önemsenecek bir değişme olmadığını belirtmiştir.

IATA'nın hizmet düzeyi standartları araştırmacılar tarafından yayalara göre de uyarlanmıştır. Erkan (2012) hizmet düzeyi çalışmalarından bir kısmını derlemiştir (Çizelge 2.19).

Çizelge 2.19. Araştımacıların hizmet düzeyi standartları (m^2/yaya)

Hizmet Düzeyi	Brilon (1994)	Fruin (1971)	Polus vd. (1983)	Pushkarev – Zupan (1975)	Tanaboriboon – Guyano (1991)
A	>10	>3.2	-	>12	>2.38
B	3.3 -10	2.3 -3.2	-	4 -12	1.6 -2.38
C	2 -3.3	1.4 -2.3	1.67	2 -4	0.98 -1.60
D	1.4 -2	0.9 -1.4	1.33-1.66	1.5 -2	0.65 -0.98
E	0.6 -1.4	0.5 -0.9	0.5 -0.8	1.0 -1.5	0.37 -0.65
F	<0.6	<0.5	-	0.2 -1	<0.37

Yoğunluk-akım ilişkileri ile ilgili birçok araştırma yapılmış, kapasite ve yaya hareketleri üzerine çalışan araştırmacılar formül (2.4)'teki bağıntıyı geliştirmişlerdir.

$$F\ (\text{kişi/sn}) = V_{ort}\ (\text{m/sn}) \times D_{ort}\ (\text{kişi/m}^2) \times W\ (\text{m}) \qquad (2.4)$$

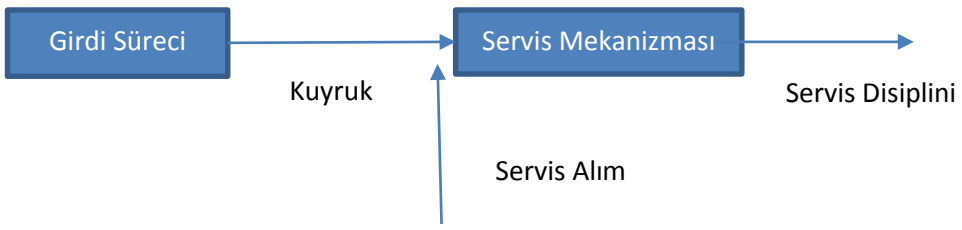
Burada, F; akımı, V_{ort}; ortalama yürüme hızını, D_{ort}; ortalama yoğunluğu, W ise yol genişliğini belirtmektedir.

2.6. Kuyruk teorisi temelleri

Kuyruk teorisinin uygulama alanını oluşturan ve skolastik faaliyetlerin görüldüğü sıra bekleme sistemlerinin dört temel özelliği vardır.

- Girdi süreci
- Kuyruk (sıra) bekleme
- Servis mekanizması
- Servis disiplini

Bu kavramlara göre en genel kuyruk sistemi Şekil 2.38'de belirtilmiştir.



Şekil 2.38. Genel kuyruk sistemi

Kuyruk teorisi temellerinin bilinmesi için temel tanımların açıklanması gerekmektedir. Willig (1999), kalabalıkların kuyruğa yerleşme mantıklarını Şekil 2.39' da basit model olarak tanımlamıştır.

2.6.1. Girdi süreci

Hizmet isteminde bulunan "müşterilerin" sisteme geliş akışını belirtir. Burada, müşteri sözcüğü kuyruk teorisinin genel bir terimi olup sisteme hizmet için gelen birimleri kapsamaktadır. Sarıaslan (1986), sistemin girdi sürecinin belirlenmesi için gelişlerin zaman aralıklarının, sayısının ve kaynağının bilinmesi gerekir. Gelişlerin zaman aralıklarının dağılımı sistemden sisteme göre değişmekle beraber ya bilinen standard istatistiksel dağılımlara uyar ya da sistemin kendisine özgü özel bir ampirik dağılımdır. Gelişlerin sayısıda sisteme göre değişir. Müşteriler ya tek tek gelir ya da guruplar halinde yığınsal olarak gelirler. Belli bir zaman birimi içinde sisteme gelen ortalama müşteri sayısına "geliş oranı" denir. Aynı şekilde, girdi sürecini belirleyen geliş kaynağı, yani müşterilerin geldiği ana kütle, ise iki biçimde sınıflandırılır. Eğer ana kütlenin sayısı küçükse (genellikle 30 ya da 50 den küçük) girdi süreci "sonlu kaynaklı", eğer daha büyük ise "sonsuz kaynaklı" diye adlandırılır. Ancak geliş kaynağının kesin olarak belirlenmesinde ölçü, geliş oranının ana kütleye olan oranına göre belirlenmelidir. Eğer bu oran çok küçükse ya da ana kütleden ayrılan müşteriler gelişlerin olasılığını önemli derecede etkilemiyorsa geliş kaynağı sonsuz aksi durumda sonlu olarak tanımlanmalıdır.

2.6.2. Servis işleyişi

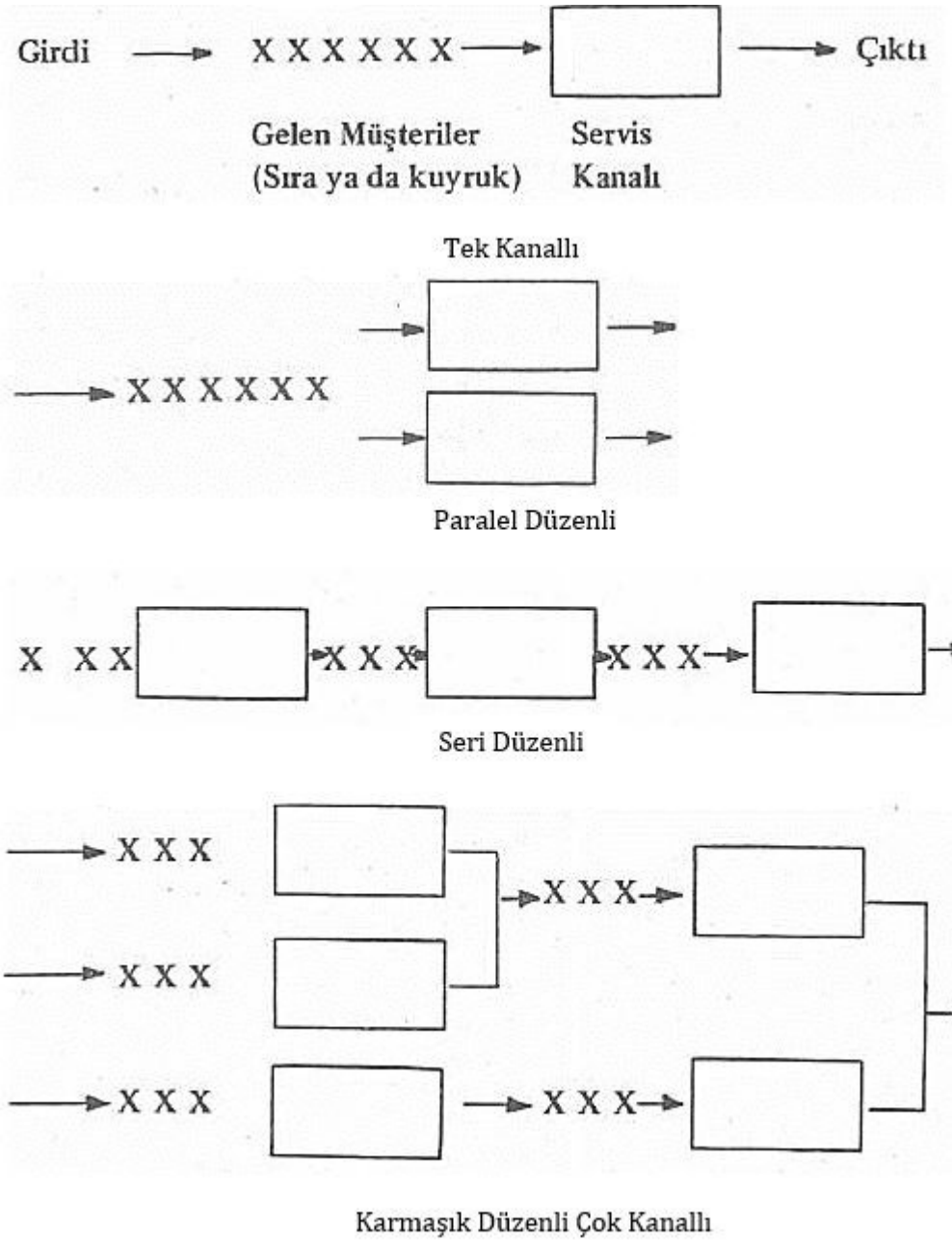
Sisteme gelen müşterilerin istedikleri faaliyetleri belirtir. Faaliyetlerin niteliği sisteme göre değişir. Servis mekanizmasının belirlenmesi için müşterilere servis sunulan noktaların ve yerlerin, aynı anda servis edilen müşteri sayısının, sunulan servis zaman aralıklarının (sürelerinin) ve belli bir zaman biriminde hizmet edilen ortalama müşteri sayısının (servis oranı) bilinmesi gerekir. Müşterilere hizmetin sunulduğu nokta ya da yerlere "servis kanalı" denilir. Bir kanalın bulunduğu sistemler "tek kanallı" birden fazla kanalın bulunduğu sistemler ise "çok kanallı" sistemler olarak adlandırılır. Çok kanallı sistemlerde kanal düzeni, aynı hizmeti sunan "paralel kanallar" ya da bir birini tamamlayan ve farklı hizmet sunan "seri kanallar" biçiminde olabilir. Seri kanal düzenli sistemlere" istasyondan istasyona" ya da çok aşamalı sistemler adı da verilmektedir.

2.6.3. Kuyruk

Herhangi bir sıra bekleme sisteminde hizmet istemi hizmet kapasitesinden büyük ise sistemde müşterilerin beklediği bir sıra ya da kuyruk oluşur. Oluşan kuyruklar kanal düzenine göre değişiklik gösterir.

Servis işleyişinde kuyruk sistemleri, tek sıralı bekleme sistemi, seri düzenli bekleme sistemi, paralel düzenli bekleme sistemi ve karmaşık düzenli çok kanallı bekleme sistemi olarak dörde ayrılır (Şekil 2.39).

Eğer servis kanalı tek ise bir tek kuyruk söz konusudur. Böyle sistemlere "tek sıralı-tek kanallı" sistemler de denir. Çok kanal bulunma durumunda ise, eğer kanallar seri olarak düzenlenmişse aynı şekilde tek kuyruk oluşur. Aksi durumda, yani kanallar paralel olarak düzenlenmiş ise, oluşacak kuyruk sayısı müşterilerin servise alınma durumuna göre değişir. Eğer müşteriler doğrudan hizmet sunan kanallara geliyorsa her kanal önünde bir kuyruk oluşur. Böyle sistemlere "çok sıralı-çok kanallı" sistemler de denir. Fakat müşteriler paralel kanallara bir tek noktadan alınıyorsa bu durumda tek kuyruk söz konusudur ve bu sistemlere de "tek sıralı-çok kanallı" sistemler adı verilmektedir.



Şekil 2.39. Kuyruk düzenleri (Sarıaslan, 1986)

Kanal önlerinde meydana gelecek sıranın uzunluğu ve sırada bekleme zamanı sistemin trafik yoğunluk oranına bağlıdır. Trafik yoğunluğu oranı formül (2.5)'teki gibidir.

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{\lambda}}{\boldsymbol{\mu}} \tag{2.5}$$

λ: Ortalama geliş oranı, μ: Ortalama servis oranı, $\boldsymbol{\rho}$: Trafik yoğunluk oranı

Trafik yoğunluğu oranı 1'den büyükse sıranın sonsuz şekilde uzayacağı düşünülür. Teoride böyle görünse de pratikte, uzayan kuyruğa girmek istemeyen yolcular diğer kuyruklara atlayacaktır.

2.6.4. Servis disiplini

Kişilerin hizmet servisine hangi düzende alınacağını belirtir. Başlıca servis disiplinleri şu şekildedir.

FIFO: ilk gelen ilk çıkar sisteminde önce gelene hizmet verilmektedir.

LIFO: En son gelene önce hizmet verilmektedir.

SIRO: Rassal servis biçimidir, kim rast gelirse ona hizmet verilmektedir.

PSPO: Tam öncelikli servis denir. Sistemde işlem görmekte olan ya da görecek kişi(ler) varsa, bu kişi(ler) çıkarılı, bunun yerine gelen kişi(ler) alınır.

NPPS: Tam öncelikli olmayan servis de denilmektedir. Sistemdeki kişinin hizmeti bitirilir ve öncelikli kişi sırada bekleyenlerden önce alınırsa bu NPPS'yi tanımlar.

Görüldüğü gibi yukarıda dört temel madde içinde belirtilen sıra bekleme sistemlerinin özellikleri çok farkh biçimler almaktadır. Bu özelliklere dayalı olarak bu sistemleri sınıflandırmak oldukça güçtür. Çünkü çoğu sistemler bu özelliklerin çoğuna aynı anda sahip olmaktadırlar. Sıra bekleme sistemlerini birbirinden ayırtetmek için aşağıdaki simgeleme biçimi kullanılmaktadır.

A/B/c : (d/e/f)

Burada;
A: Gelişler ya da gelişler arası zaman dağılımı
B: Servis zamanı dağılımı
c: Sistemdeki servis kanallarının sayısı

d: Servis disiplini
e: Sisteme alınabilecek en azami müşteri sayısı
f: Geliş kaynağının büyüklüğünü ifade etmektedir.

2.6.5. Kuyruk teorisi modelleri

Kuyruk teorisi modelleri geliş kaynaklarına göre sınıflandırılacak ve bu modellerden sonsuz geliş kaynaklı ve sıra kesilmesinin olmadığı modeller değerlendirilecektir.

Geliş ve ayrılış kabulleri bir kuyruk rejimini tanımlar. İlk değer geliş oranı kabulü, ikincisi ayrılık (çıkma) oranı kabulü ve üçüncüsü çıkış kanalları sayısıdır. Geliş ve çıkış oranları kabulünde D; deterministik, M; üslü dağılım gösterir. Buna göre D/D/1 kuyruk rejimi, deterministik geliş ve çıkışların tek bir kanallama ile yapıldığını gösterir. Benzer olarak M/D/1 rejimi, üslü geliş zamanları dağılımı, deterministik varış (geliş) zamanları ve bir servis kanalını gösterir.

Servis zaman dağılımlarına göre kuyruk teorisi modelleri:

Üstel servis zaman dağılımlı model: Üstel ya da diğer adı ile negatif üstel zamanlı modellerin en basiti "tek servis kanallı" modeldir. Bu model şu varsayımlara dayalı olarak geliştirilmiştir:

- Sisteme gelişler rassal ve Poisson dağılımlıdır
- Hizmet sürelerinin dağılımı üstel dağılım gösterir
- Sistemde trafik yoğunluk oranı 1'den küçüktür
- Müşteriler tek tek gelir ve tek tek servis edilirler
- Servis disiplini FIFO’dur. Servis disiplini sistemin genel işleyişini etkilemez. Bu sebeple bu model diğer servis disiplinleri için de kullanılabilir.

Modelde formül (2.6) kullanılır ve bu model M/M/1 modeli olarak da adlandırılmaktadır.

$$\boldsymbol{L = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}} \quad (2.6)$$

Burada, L: Sistemde olması beklenen kişi sayısı, μ: Ortalama servis oranını, $\boldsymbol{\rho}$: Trafik yoğunluk oranını temsil etmektedir.

Kuyrukta olması gereken kişi sayısını L_q, formül (2.7)'da belirtilmiştir.

$$\boldsymbol{L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}} \quad (2.7)$$

Formülde zaman göstergeleri ile ilgili formül (2.8) ve (2.9)'da geliştirilmiştir.

$$\boldsymbol{W = \frac{1}{\mu-\lambda}} \quad (2.8)$$

$$\boldsymbol{W_q = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}} \quad (2.9)$$

Burada W, kişi başına sistemde geçen ortalama zaman, W_q ise sırada geçen zamanı temsil etmektedir.

Bir kişinin sistemde ortalama bekleme zamanı (W), sistemde olması beklenen kişi sayısı (L), sisteme geliş oranı (λ) ise formül (2.10) şeklindedir:

$$\boldsymbol{L = \lambda \, x \, W} \quad (2.10)$$

Formül (2.10) değerleri L önceki değeri yerine konulur ise formül (2.11) elde edilir.

$$\boldsymbol{W = \frac{\frac{\lambda}{\mu-\lambda}}{\lambda} = \frac{1}{\mu-\lambda}} \quad (2.10)$$

Birim zamanda hizmet sunulan kişi sayısı μ ise, 1 müşteri için harcanan servis süresi 1/μ olacaktır. Bir kişinin kuyrukta bekleme süresi W_q ise formül (2.12) elde edilir.

$$\boldsymbol{W_q} = \frac{\boldsymbol{\lambda}}{\mu(\mu - \boldsymbol{\lambda})} \quad (2.12)$$

Tek noktadan müşteri alan tek sıralı çok kanallı sistemler için bu model kullanılamaz ve bunun yerine M/M/c modeli kullanılmaktadır.

Sabit servis zaman dağılımlı model: Uygulamada servis zaman dağılımının üstel olmadığı pek çok sistem vardır. Bazı sistemler mekanikleştirildiği için servis süresi sabit olabilir. Bu durumda servis zaman dağılımının varyansı sıfırdır. M/M/1 modelinin değerleri sabit zaman dağılımlı model M/D/1 için formül (2.13) ve formül (2.14)'te görüldüğü gibi yazılabilir.

$$\boldsymbol{L} = \frac{\boldsymbol{L}}{\mathbf{2}} \quad (2.13)$$

$$\boldsymbol{W} = \frac{\boldsymbol{W}}{\mathbf{2}} \quad (2.14)$$

Görüldüğü gibi sabit zamanlı model, belli bir dereceye kadar servis zamanı ile ilgili sınırlılığı kaldırmakta ve kuyruk modellerinin uygulama alanını genişletmektedir. Modelin çok kanallı biçimi M/D/c günümüzde özellikle telekominikasyon ve bilgisayar sistemlerinin düzenlenmesinde sık sık kullanılmaktadır.

Gamma servis zaman dağılımlı model: Üstel ve sabit zamanlı modellerin poisson gelişli tüm sıra bekleme sistemlerini kapsayacağı ileri sürülemez. Uygulamada pek çok sistemin bu varsayımlara uymadığı bir gerçektir. Poisson geliş varsayımının geçerli ancak üstel ya da sabit varsayımlarının servis zaman dağılımı için geçerli olmadığı sistemlerde modelin kurulması gerektiğinde Erlang dağılımı olarak da bilinen bu model servis sistemi açısından önemli esneklik sağlayan bir modeldir. Gamma dağılımı k simgesi ile belirtilen bir parametreyle şekil alır. k=l olduğunda dağılıım üstel ve k=∞ olduğunda ise sabit dağılım şeklini alır. Model tek kanallı durumlar için $M/E_k/1$ şeklinde simgeleştirilir. E_k Erlang dağılımını temsil etmektedir. Model değerlerinin bulunması için M/M/1 modeli {(k +1) /2k} ile çarpılarak bulunur.

Genel servis zaman dağılımlı model: Pollaczek ve Khintchine (1964), servis zamanı herhangi bir zamanı gösteren kuyruk bekleme sistemleri için geliştirilen modelde M/G/1 modeli için belirli kabuller olması gerekmektedir. Bunlar, trafik yoğunluk oranının 1'den küçük olması, sistemin denge durumunda olması, gelişlerin poisson dağılımı göstermesi, geliş kaynağının sonsuz olması durumları için geçerlidir ve formül (2.15) geliştirilmiştir:

$$\boldsymbol{W_q} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^2}\right)+\lambda\,\sigma^2}{2\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)} \qquad (2.15)$$

Burada $\boldsymbol{\sigma^2}$ servis zaman dağılımını temsil etmektedir.

Sarıaslan (1986), servis zamanı herhangi bir dağılım gösteren M/G/l sistemlerini yalnızca servis zamanı ortalaması ve varyansı altında incelememizi sağlamaktadır. Modelin gösterdiği üzere servis zamanı dağılımının özelliği artık sınırlayıcı bir faktör olmaktan çıkmıştır.

Yığınsal kuyruk modeli: Bundan önceki modellerin dayandığı temel varsayım kişilerin teker teker geldiği ve tek tek servis edildiği idi. Bu model kişilerin teker teker gelmediği varsayımına göre geliştirilmiştir. Ulaştırma yapılarının bilet kuyruklarında özellikle havalimanlarında, pasaport, bagaj vb. servis birimlerinde yığınsal yaklaşım görülmektedir. İki farklı yaklaşım geliştirilmiştir.

Poisson yığınsal gelişler modelinde gelişlerin rassal olarak büyüklüğü değişen kalabalıklar hâlinde poisson dağılımı belirli aralıklarla olacağı ve kişilerin tek kanaldan birer birer gireceği varsayımına dayanmaktadır. Bu durumda sistemin yoğunluk oranı formül (2.16)'da belirtildiği gibi olmaktadır.

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{\lambda.E(b)}}{\mu} \qquad (2.16)$$

Burada, *E(b)* grup büyüklüklerinin ortalamasını temsil etmekte ve bu değer 1 olduğunda model M/M/1 model biçimini almaktadır.

Griffin (1978), gelişlerin poisson, servis zamanının üstel dağılım göstermediği ya da çok kanalın bulunmaması gibi durumlarda sorunun matematiksel formüllerle çözümünün çok karmaşıklaştığına işaret eden Giffin böyle karmaşık sistemlerde çözüm için benzetim tekniğini önermektedir.

Üstel yığın servis modelinde ise, gelişleri teker teker, servisin yığınsal olarak aralıklarla tek kanaldan olacağını belirtmektedir (Sarıaslan, 1986).

Bütün modellerin genel kabulü mevcuttur. Kullanılcak model seçimi için bakılması gereken etkenler gelişlerin ve servis zaman dağılımlarının hangi modele uyduğunun belirlenmesidir. Her bir model kendi içinde çalışmakta ve doğruluğunu ispatlamaktadır.

2.7. Benzetim (Simülasyon) Modelleri

Bir sistemin davranışını anlamak ve çeşitli karar seçeneklerim değerlendirmek amacı ile gerçek bir sistemi temsil eden bir model geliştirme ve bu model üzerinde deney yapmayı kapsayan matematiksel bir süreçtir. Dolayısıyla benzetim tekniği: Sistemlerin davranışım inceleme ve tanımlanması, gözlenen sistem davranışım açıklayan teori ya da hipotezlerin deneme ve uygulanması, Bu teorileri kullanarak sistemdeki değişmelerin etkilerini belirleme ve böylece sistemin gelecekteki davranışını tahmin edilmesi amacı taşıyan deneysel ve uygulamak bir metodolojidir.

Sarıaslan (1986), Bu amaçlara yönelik bir benzetim modeli geliştirilmesi aşamalarını şu şekilde belirtmiştir.

Sistemin incelenmesi: Bu ilk aşamada sistem davranışları gözlenerek sistemin işleyişi anlaşdmaya çalışılır. Bu inceleme sırasında sistemin alt sistemleri (bileşenleri) belirlenirken alt sistemler arasındaki etkileşimde belirlenmeye çalışılır. Sistemin iç işleyişine ek olarak sistemin çevresi ve çevresi ile olan ilişkileri de belirlenmelidir. Bu inceleme sırasında sistemin işleyişine ilişkin olarak gözlenen problemler ve problemlerin giderilmesine yönelen amaçlar

geliştirilecektir. Bu amaçların açık ve anlaşılır bir biçimde belirlenmesi gerekir. Problemlerin saptanması ve amaçların belirlenmesi sistemin işleyişine ilişkin pek çok bilgi ve verininin toplanmasını, derlenmesini ve yorumlanmasını gerektirecektir.

Modelin formülasyonu: Belirlenen problemler ve bunların giderilmesine yönelik amaçların gerçekleştirilmesini sağlayacak çeşitli karar seçeneklerinin değerlendirilmesini yapabilmek için incelenen sistemi temsil edebilecek bir model formüle edilmelidir. Formüle edilecek model matematiksel ve mantıksal ifadelerden oluşur. Bu ifadelerin biçimi incelenen sisteme göre değişiklik gösterecektir ancak modeli oluşturacak matematiksel ve mantıksal ifadelerin gerçek sistemin işleyişini temsil etmesi bir zorunluluk olacaktır.

Model mantığının doğrulanması ve geçerliliğinin saptanması: Formüle edilen ve bilgisayar programı biçiminde yazdan modelin bilgisayarda düşünülen biçimde işleyip işlemediğinin ve ayrıca en önemlisi, geliştirilen modelin gerçek sistemi temsil edip etmediği geçerli bir model olup olmadığının değerlendirilmesidir.

Modelin uygulanması: Bu aşamada mantığı ve geçerliliği saptanan model ile amaçlanan karar seçeneklerinin değerlendirilmesi için deneyler yani çeşitli seçeneklerin gerçek sistemi temsil eden model üzerinde uygulama sonuçlarını görmek için tüm seçenekler denenmektedir. Gerçekte deneysel nitelikli olan benzetim modelleri istatistiksel deney hatalarına açıktırlar. Çünkü her deney gerçek evrenden (ana kütleden) alınan bir örneği temsil ettiği için istatistiksel örneklem hataları kaçınılmazdır. Bu nedenle, benzetim modelleri ile ana kütle parametreleri hakkında belli bir olasılıkla belli bir güven aralığında tahminde bulunabilmek ve istatistiksel deney hatalarını kabul edilebilir bir düzeyde tutabilmek için benzetim deneylerinin çok iyi bir biçimde planlanması gerekir.

McCabe ve Carberry (1975) simülasyon modellerini ikiye ayırmışlardır:

Hesaplama modelleri ve zaman odaklı modelleri. Bu modeller arasındaki fark Çizelge 2.20'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.20. Simülasyon modelleri karşılaştırması (McCabe ve Carberry, 1975)

Hesaplamalı Simülasyon Modelleri	**Zaman Odaklı Simülasyon Modelleri**
Makro boyuttadır	Mikro boyuttadır
Yolcu hareketleri çoğuldur	Yolcu hareketleri tekildir
Sistem belirli kurallara göre işler	Devamsız ve /veya devamlı akış vardır
Matris hesap kullanımı yaygındır	

Benzetim tekniği ilk olarak 1940'lı yıllarda matematiksel olarak hesaplanması zor ve deneysel olarak yapılması yüksek maliyetli olan nükleer çalışmalar için geliştirilen olasılıklı olmayan matematiksel bir problemi, olasılık dağılımları matematiksel problemi andıran bir stokastik faaliyet üzerinde denemeler yaparak çözmeyi kapsayan "Monte Carlo" adında bir yöntem geliştirerek benzetim tekniğinin temelleri atılmıştır. Matematiksel modeller üstünde deneyler yapma olanağı veren bilgisayarların gelişmesiyle de toplumsal bilimlerde kullanılma olanağı bulmuştur.
Benzetim teknikleri üç farklı biçimde uygulanmaktadır:

Monte Carlo yöntemi olarak bilinen, zaman boyutu içermeyen olasılıklı ve çözüm için bir formülün bulunmadığı durumlarda problemi çözmek için kullanılan gerçek evreni andıran kuramsal örnekler kullanarak çözüme ulaşmaya çalışmaktadır.

"Yöneylem oyunları" yöntemi benzetilmiş bir ortamda oyuncular ya da karar vericiler arasında menfaat çatışmasının olduğu durumları kapsar. Askeri ve yöneylem oyunları en çok bilinen iki biçimi olup askeri liderlere ve işletme yöneticilerine menfaat çatışmasının olduğu değişik ortamlarda stratejik seçenekleri deneme olanağı sağlamaktadır.

"Sistem benzetim" yöntemi gerçek sistemi temsil eden bir model üzerinde gerçek verileri kullanarak sistemin işleyişi konusunda bilgi edinilmesini sağlamaktadır.

Monte Carlo ile sistem benzetim yöntemleri arasındaki en belirgin fark, birincisinin örnek ve verileri gerçek sistem yerine gerçek sistemi andıran bir kuramsal modelden almasıdır. Fakat sistem benzetim yöntemi gerçek sistemin modelini kullanır, örnekleri gerçek evrenden seçer ve gerçek verileri işler. İkinci bir fark ise sistem benzetim yönteminde kullanılan model analitik olarak çözülebilir. Ancak modelin analitik olarak analizi ve çözümü mümkün değilse Monte Carlo yöntemi kullanılmaktadır.

Sıra bekleme sistemlerinde analitik yöntemlerin kullanılamamasının nedeni bu sistemlerin genel olarak stolastik bir özellik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Bu özellikteki bir sistemin işleyişini belirleyebilecek bilgi ve veriler genellikle yeterli değildir. Yeterli bilgi ve verileri toplamak ise zaman ve para kaybına neden olacaktır. Bu nedenle araştırmacdar kendilerine yapay veri üretme olanağı veren benzetim tekniğini, özellikle Monte Carlo yöntemini tercih etmektedirler. Monte Carlo yöntemi ile sistemde stolastik özellik gösteren değişkenlerin olasılık dağılımları belirlenir ve daha sonra bu dağılımdan rassal sayılar aracılığı ile örnekler alınarak istenilen veriler üretilir. Sıra bekleme sistemlerinde gelişlerin ve servis zamanların çoğu kez stokastik nitelikli olduğu gözönüne alınırsa, Monte Carlo benzetim yönteminin bu sistemlerin incelenmesinde sık sık kullanılma nedeni açık olarak ortaya çıkacaktır. Gerçekte bugün sıra bekleme sistemlerinde en çok kullandan benzetim yöntemi Monte Carlo'dur. Kuşkusuz olasılık dağılımları belirlenebilen stolastik problemlerin incelenmesi kadar, çözümü güç olan deterministik problemlerinde Monte Carlo ile çözümü bu yöntemin uygulama alanına girmektedir.

Zaman üzerinde gelişen sistemlerin gösterimini sağlayan simülasyon modellerine “dinamik simülasyon modelleri” adı verilmektedir (Winston, 1991). Bu modeller zaman değişimi ile karşılıklı olarak etkileşimi olan matematiksel modelleri olarak adlandırılır.

Taha (1987), sürekli çalışan sistemlerde, durum değişkenleri zaman içinde sürekli değiştiğinden dolayı, istatistiki bilgiler sadece sistemdeki durumu sürekli biçimde belirtir. Bu durum değişkenleri zaman süresince içinde

değişebildiğinden bu simülasyon tekniğine "sürekli simülasyon modeli" denilmektedir. Sürekli simülasyon, yerine getirilmesi temelde doğrudan doğruyadır ve görevlerin hazırlanmasında çeşitli kolaylıklar örnek modelin yorucu hesaplamalarını azaltmaktadır.

Winston (1991), zaman içerisinde kesikli veya sayılabilir durumlarda sistemin temel değişkeninin değerleri farklılaşmaya uğruyorsa bu sistemler "kesikli simülasyon sistemler" olarak adlandırılır.

Simülasyon tekniklerinin en önemli ortak özelliği yeni bir algoritma geliştirmiş olmasıdır.

CAST Terminal, gerçekçi yolcu akış analizi yapan çoklu aşamalı bir simülasyon programıdır. Terminal fonksiyonlarının düzenini ve operayon stratejilerini analiz etmektedir. Terminal içi tesislerin sayısını belirler. Kuyruk optimizasyonu sağlayarak yolcu rahatlığı sağlamaktadır. Terminal kapasitesinin gelişmesine olanak sağlamaktadır.

Gorstein ve McCabe (1978), ALSIM modeli fortran programlama diliyle yazılmıştır ve "kesikli süreç skolastik ana modeli" temelli bir algoritmadır. Gelen ve giden yolcuların, ziyaretçilerin bekleme sürelerini, sıra uzunluklarını oluşturan modeldir. Yürüme mesafeleri ve mekânlardaki işlem sürelerini ayrı ayrı hesaplayan bir modeldir.

Mumayız (1990), Yolcuların bir servisten diğerine transit geçtiği varsayıldığı için bu sistemin kabulünün ileride sorun olabileceğini belirtmektedir. 20.000 yolcunun 165 uçuş için, 5 kapılı havalimanında 5 saatlik pik süreci simule edebilmektedir. Terminallerin bu tür programlara ihtiyacı olduğunu, gecikmenin ve sürenin ne kadar olacağını hesaplayan algoritmaların ciddi mali getiriler sunacağını belirtmiştir.

Mccullogh ve Roberts (1979), ACAP modelini oluşturmuşlardır. Yolcu akış analizi yapan programdır. Bu model terminal içindeki mekânların birbiriyle akışını

düzenleyip, bu akışı belirli zaman aralıklarıyla simule etmektedir. Ortalama bekleme süreleri ve kuyruk uzunlukları veri teşkil ederler. Bu verilerin regresyon analizi sonuçları sonuçlar arasında verilmektedir. ACAP türündeki yolcu akış analizi algoritmaları genelde yolcuların en kısa güzergâhı tercih ettiğini varsaymaktadır.

Ayrık süreç simülasyon modelleri adı altında birçok algoritma geliştirilmiştir. Bu tür simülasyonlarda karar verme teknikleri uygulanmaktadır. Mumayız ve Ashford (1986) GPSS, Cheng ve Gilmour (1978) SLAM gibi algoritmalar buna örnek verilebilir. Bu tür sistemler her mekânda geliş ve gidiş sürelerini ayrı ayrı hesaplayabilmektedir.

Zamana bağlı süreç, ayrık süreç simülasyonlarının alt uygulamasıdır. GPSS, SLAM ve Olsen (1973)'ün GASP'ı genellikle fortran yazılımı ile oluşturulmuştur.

Simülasyon modellerinin detayı ne kadar fazla ise veri toplama işlemi bir o kadar sorunlu olmaktadır. Bu sebeple oluşturulacak modelin verilerinin sınırlarının iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Gillen ve Lall (1997), 21 farklı havalimanında yaptıkları incelemelerde kullandıkları "terminal servis modelinde" girdi olarak kapı sayısı, terminal alanını, park alanını kullanmışlar ve sonuç olarak terminali kullanacak yolcu sayısına ulaşmayı hedeflemişlerdir.

Diğer çalışmalardan farklı olarak girdi fonksiyonu olarak bilet kontrol sayısı ve bagaj taşıyan yolcu sayısını kullanan Pels vd. (2001), 1995 -1997 yılları arasında Avrupa'daki 34 farklı havalimanında DEA–BCC modellerini kullanarak yolcu sayısına ulaşmayı hedeflemişlerdir.

Simülasyon tekniklerinin avantajlarını ve dezavantajları:

Avantajları:

- Simülasyon analistleri genel düşünmeye zorlamaktadır.
- Matematik modeller ile analitik çözümlerin doğruluğunu gerçeklemek üzere kullanılabilir.
- Sistem kurulduktan sonra sonsuz sayıda farklı yaklaşım denenebilir.
- Deneylerin yürütülmesi ve olayların mevcut kosulları içerisinde gözlenmesindeki güçlük ve maliyet gibi nedenler ile simülasyon önemli bir çözüm yolu olabilir.
- Simülasyon modeli üzerinde yapılacak incelemeler için gerekli veriler çoğu kez gerçek yaşamda olduğundan daha uygun elde edilir.
- Sistemin verilerinin ayrıntılı ve yeterli olmadığı durumlarda simülasyon yöntemleri veri boşluğunu doldurabilmektedir.
- Farklı tasarımların birbiri ile karsılaştırılmasını mümkün kılmaktadır.
- İncelenen sistemin farklı zaman akışlarında ele alınmasını mümkün kılmaktadır.

Dezavantajları ise;

- Karmaşık bir sistemin modelinin olusturulmasının zorluğu
- Benzetim modelinin programlanmasında kullanılan dilin zorluğu
- Analistler simülasyon tekniklerini öğrendikten sonra bu tekniği analitik yöntemlerin daha uygun olduğu durumlarda da kullanma eğilimindedirler.
- İstatistiksel simülasyon için gerekli olan analizlerin yapılması
- Benzetim modellerinin skolastik yapısı, gerçek sistemle ilgili ancak tahminlerde bulunmayı sağlamaktadır.
- Sisteme son derecede hâkim olmak gerektirir. Örneğin terminal binası işleyiş sisteminin simüle edilmesi için sözkonusu sistemin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Ağ modeli: Akış diyagramlarının kullanıldığı benzetim tekniğine ağ modelleri adı verilmektedir. krtik–yol analizi kullanan bu yöntem dir. Özellikle havalimanı gibi

karmaşık sistemleri basite indirgeme ve tüm sisteme hâkim olunmasını sağlamaktadır.

Karmaşık sistemli yapılardaki bir yığılma veya aksaklık, birimin bağlı olduğu tüm sistem bileşenlerini etkilemektedir. Yığılmaların oluşmasını önlemek için kalabalık oluşmasının engellenmesi gerekmektedir.

Bir sistemdeki yolcu işlem ve hareketlerinin, sistemi etkileyen durumları; gecikme, hizmet ve yürüme süreleridir.

2.8. Görüntü İşleme

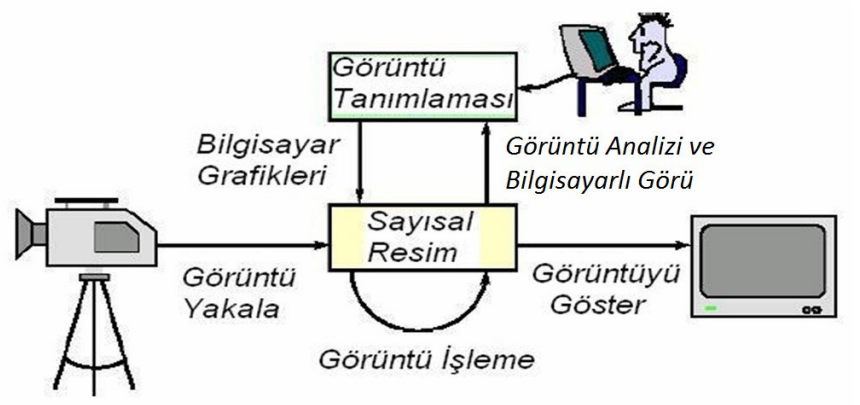
Havalimanı kapasitesinin incelenmesinde muhtelif yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin temelinde uygulanan modellerin gerçek veriler ile uyumunun sağlanması amaçlanmaktadır. Kapasitenin incelenmesinde farklı yöntemlerin denenmesi kapasitenin gelişmesini ve verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle kapasitenin incelenmesinde farklı metotlar denenerek bu sektörün günümüz şartlarıyla beraber büyümesine katkı sağlanmaldır.

Kaynak özetlerinin bu ikinci kısmında havalimanı kapasitesinin incelenmesinde kullanıcak olan görüntü işleme ve kişi sayma sistemlerinin bileşenleri, oluşumları, yöntemleri ve kullanımı vb. gibi hususlar aktarılmıştır.

Görüntü işleme, 80'li yıllardan bugüne cihazların bellek kapasitelerindeki ve veri işleme hızlarındaki artış sayısal görüntü işleme teknolojilerinde kullanılan yazılımlarında gelişmesine olanak tanımıştır. Dijital teknolojilerin hızlı ilerleyişinin bir neticesi olarak görüntü işleme teknolojileri kullanımları daha yaygın hâle gelmiştir ve muhtelif alanlardaki çalışmalara üstün faydalar sağlamaktadır.

Yıldırım vd. (2003), Görüntü İşleme: Dijital bir resim haline getirilmiş olan gerçek yaşamdaki görüntülerin, bir girdi resim olarak işlenerek, o resmin özelliklerinin ve görüntüsünün değiştirilmesi sonucunda yeni bir resmin oluşturulmasıdır

(Şekil 2.40). Görüntü işlemenin kısaca faydalarına da değinilerek resimlerin genelde analog ortamlardan dijital ortamlara geçirildiğini ve bu sebepten dolayı (noise) yani bozulmaların görüldüğünü, görüntü işleme vasıtasıyla bu bozulmaların giderilebileceğinden veya tıbbi alanda kan sayımlarının yapılabileceğinden veya posta takiplerinin yapılabileceğinden bahsedilmiştir.



Şekil 2.40. Görüntü işleme sistem yapısının blok şeması

Görüntü işleme; tasarım, imalat, güvenlik, tıp, elektronik, makine ve jeodezi gibi alanlarda çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Aşağıda, uygulama alanlarına örnekler verilmiştir:

► Askeri (hedef tanıma, izleme)
► Tıp (damar analizi, bilgisayarlı tomografi, ultrason)
► Güvenlik (nesne takibi, hareket algılama, yüz tanıma)
► Trafik (trafik kontrol, plaka tanıma, trafik ışığı, trafik işareti tanıma)
► Endüstri (nesne sayma, kalite kontrol, robotik uygulamalar)
► Tarımsal uygulamalar (ekin verimliliği tespiti)
► Astronomi (uydu görüntüleri ile hava tahmini)
► Jeodezi ve Fotogrametri (uzaktan algılama)
► Perakende (insan sayma, davranış analizi, mağaza izleme)
► Çevre güvenliği (çevre kirliliği tespiti)

Asmaz (2006), iki boyutlu numunelerin dijital görüntülerinden, parçaların tanımlanmasını, sınırların çıkarılmasını ve boyutlarının tespitini, grafik modellerine veri sağlamak amacıyla bir çalışma yapmıştır.

Yılmaz (2007), çalışmasında arkaplan ve istatistiksel yöntemler kullanarak yapılan uygulamada görüntüler arası piksel farklılıklarını karşılaştırarak gerçek zamanlı güvenlik uygulaması gerçekleştirmiştir.

Aydın (2013), Sayısal görüntü işlemeyi, sensörlerden gelen görüntünün bilgisayara aktarılıp üzerinde herhangi bir işlem yapılması ve ardından görüntüleyici çıkışa iletilmesi olarak tanımlamıştır. Görünütü işlemede kullanılan bazı temel kavramları açıklamıştır.

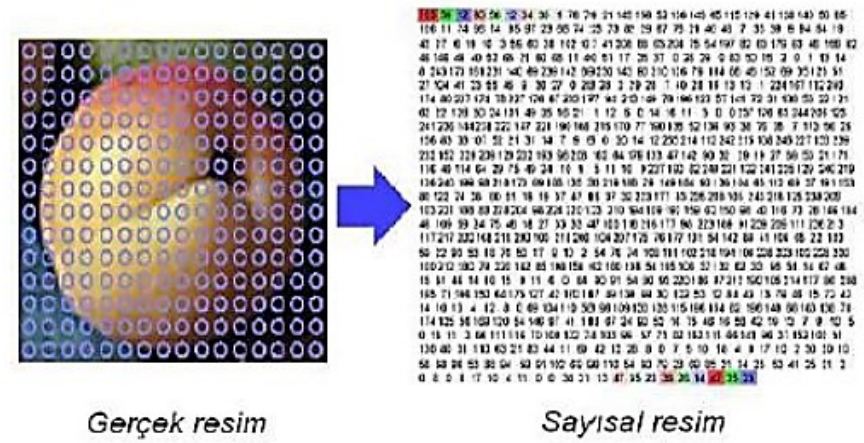
2.8.1. Görüntü işlemede temel kavramlar

Piksel: Görüntünün birim elemanını ifade eder.
Parlaklık: x ve y uzaysal boyutlar olmak üzere I(x,y), x ve y koordinatlarındaki pikselin parlaklık değerini gösterir.
Ayrıklaştırma: Analog görüntünün sayısal sistemde ifade edilebilmesi için önce uzaysal boyutlarda sonlu sayıda ayrık parçaya bölünmesi (örnekleme, sampling), sonrada her bir parçadaki analog parlaklık değerinin belli sayıda ayrık sayısal seviyelerden biri ile ifade edilmesi (kuantalama, quantizing) gerekir.
Çözünürlük: Görüntünün kaç piksele bölündüğünü, yani kaç pikselle temsil edildiğini gösterir. Çözünürlük ne kadar yüksekse, görüntü o kadar yüksek frekansta örneklenmiş olur ve görüntüdeki ayrıntılar o kadar belirginleşir.
Uzaysal Frekanslar: Uzaysal boyutlarda belli bir mesafede parlaklık değerinin değişim sıklığını ifade ederler.

2.8.2. Analog ve sayısal görüntü

Gerçek yaşamda, bir görüntü veya resim basit iki değişkenin bir fonksiyonu olarak tanımlanır. a(x,y) gibi bir fonksiyonla ifade edilen bir resimde a bir şiddet birimi (örneğin parlaklık) ve x ve y değişkenleri ise resmin gerçek koordinatlarıdır.

Analog görüntünün örneklenmesi ile elde edilen sayısal görüntünün matrissel içeriği Şekil 2.41' de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.41. Analog görüntünün örneklenmesi ile elde edilen sayısal görüntü

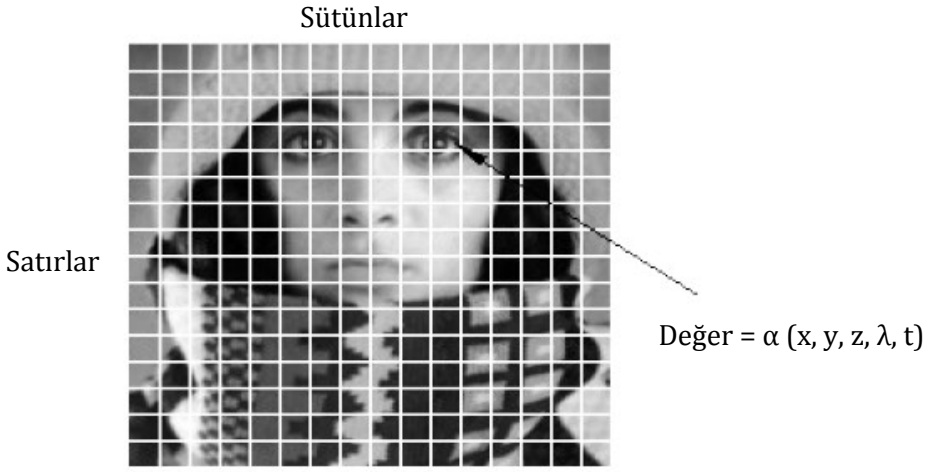
Dijital görüntü sayısal değerlerden oluşur. 1 ve 0'lardan oluşan sayısal görüntü yapımıza [m,n], 2 boyutlu dünyadan elde edilen a(x,y) fonksiyonundan örnekleme tekniği kullanılarak oluşturulur.

2.8.3. Görüntü işleme bileşenleri

Bir imgeyi doğru bir şekilde işleyebilmenin yolu görüntü işleme elemanlarına vâkıf olunmasıyla mümkün olur. Doğru bilgi ve kullanım sayesinde imgeler en verimli şekilde kullanılabilir. Aksi hâlde imge üzerindeki aksaklıklar ilgili çalışmanın verimliliğiyle doğrudan alakalıdır. Bu sebeple bazı görüntü işleme kavramlarının irdelenmesi gerekmektedir.

2.8.3.1. Dijital görüntü tanımlamaları

Sayısal görüntümüz M ve N sayılarında satır ve sütünlardan oluşur ve satır ve sütünların kesiştiği her bölgeye pixel denir. O piksel'deki değer ise derinlik (z), renk (λ) ve zamanın (t) bir fonksiyonudur (Şekil 2.42).

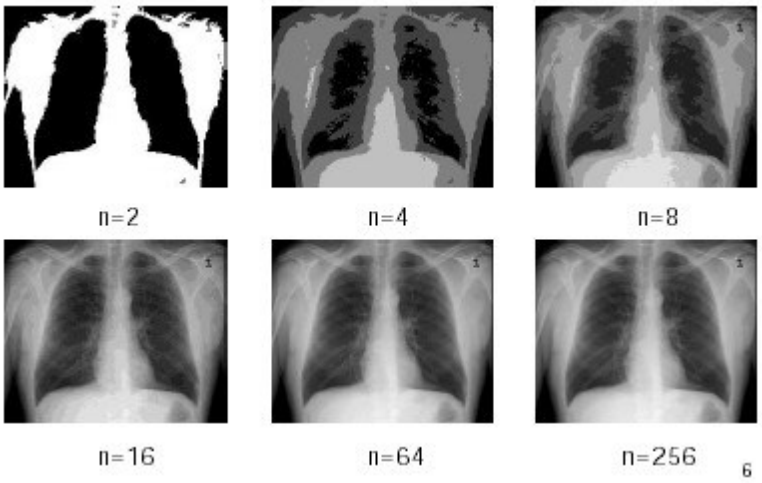


Şekil 2.42. Sayısal görüntü pikselleri ve piksel değerleri

Şekil 2.42' de N=16 ve M=16'dır. Her piksele atanan değer ise o pikselin parlaklık değerinin en yakın tamsayıya yuvarlatılmış halidir.

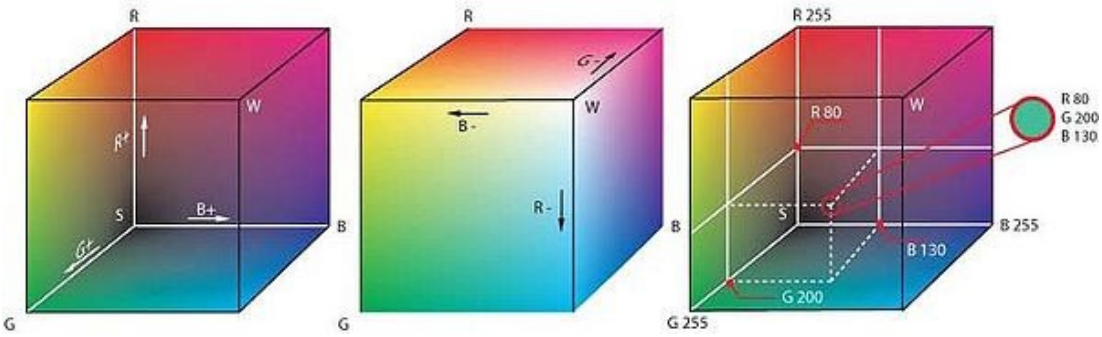
2.8.3.2. Niteliklendirme

Görüntünün piksel değerlerinin belirli aralıklarda olması, meydana gelen görüntünün niteliğini değiştirir. Örneğin; 0 beyazı ve 1'de siyahı temsil ederse ve bu değerler arası gri tonlarını ifade eder. Burada $n= 2^b$ olmak üzere, b değeri görüntünün 1 pikselini ifade etmek için gereken bit sayısıdır. Örneğin; b=8 ise 256 adet gri tonu bulunmaktadır. B=1 ise resim sadece 0 ve 1 'lerden oluşur ve buna ikili resim (binary image) denir (Şekil 2.43).



Şekil 2.43. İkili resim (binary image)

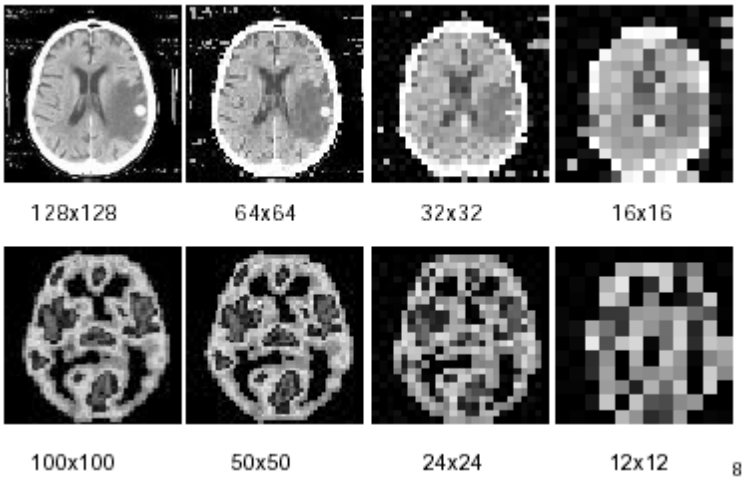
Sayısal bir görüntünün en temel parçası piksel olarak adlandırılır. Her bir piksele iliskin bir renk söz konusudur. En sık kullanılan renk uzaylarından biri RGB'dir. RGB renk uzayı, "Kırmızı" (Red), "Yesil" (Green) ve "Mavi" (Blue) ana renklerinin belirli oranlarda karısımı ile elde edilen yaklasık 17 milyon rengi içerir (Şekil 2.44).



Şekil 2.44. RGB uzayına göre renklerin oluşturulması

2.8.3.3. Uzaysal çözünürlük

Bir resmin uzaysal çözünürlüğü, o resmin 1 pikselinin fiziksel büyüklüğüne eşittir. Kısaca, bir resmin detaylanabilir en küçük parçasıdır (Şekil 2.45).



Şekil 2.45. Uzaysal çözünürlük

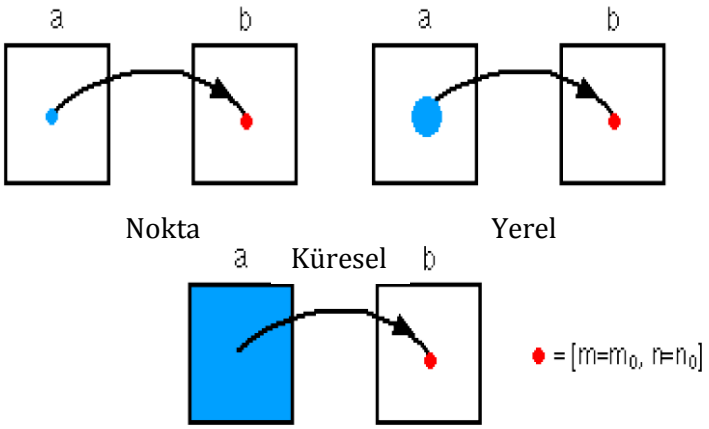
2.8.3.4. İndekslenmiş görüntüler

Resimleri daha iyi ve verimli saklamak için diğer bir yöntem ise indekslemedir. İndekslenmiş resimlerin bir renk paleti vardır. Bu palet 3 adet kolonu olan ve her satırın o bir rengin RGB değerini içerdiği bir matristir. Dolayısıyla her piksel, bu tabloya bir indeks değeri içerir.

Değişik renk paletleri kullanılarak aynı resim değişik şekillerde ifade edilir. Renkli resimlerde ayrı ayrı RGB değerlerinin tutulması yerine palet tutulması, bu bakımdan daha avantajlıdır.

2.8.3.5. Görüntü operasyonları

Görüntü operasyonları, a[m,n] gibi bir girdi görüntüsünü, b[m,n] gibi bir çıktı görüntüsüne çevirir. Operasyonlar, nokta, yerel, küresel olmak üzere üç sınıfta toplanırlar (Şekil 2.46).

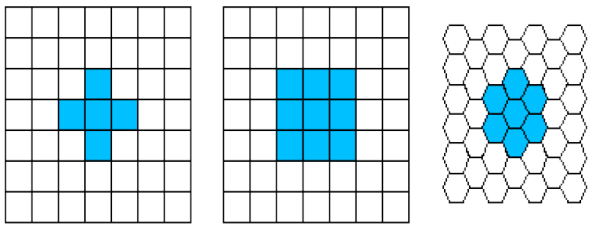


Şekil 2.46. Görüntü operasyonları

2.8.3.6. Komşuluk ilişkileri

Sayısal görüntü işlemede komşuluk ilişkileri çok önemlidir. Komşuluk ilişkileri ise ancak görüntü örnekleme yapılarak elde edilebilir. Temel örnekleme yöntemleri Şekil 2.47'de görüldüğü gibidir.

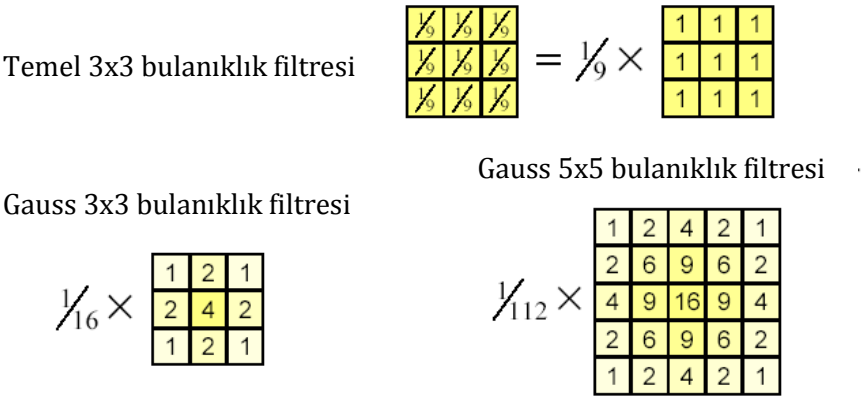
Dikdörtgensel örneklemede resmin üzerinde dikdörtgensel bir ızgara olduğu düşünülür.
Altıgensel örneklemede ise resimin altıgenlerden oluşmuş parçalar içerdiği düşünülür.



Şekil 2.47. Komşuluk ilişkileri temel örnekleme yöntemleri

2.8.3.7. Filtreleme

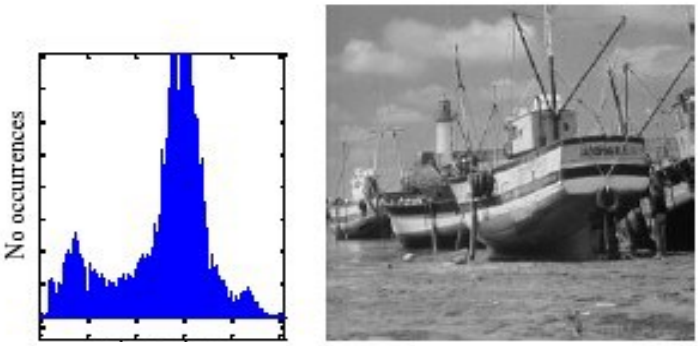
Filtreleme görüntünün üzerinde bir filtre varmış gibi düşünüp her piksel değerinin yeniden hesaplanmasıdır. Filtreler sayesinde girdi resminden yeni resim değişik efektler verilerek elde edilir (Şekil 2.48).



Şekil 2.48. Görüntü filtreleme

2.8.3.8. Histogram

Görüntünün içerdiği piksel değerlerinin ağırlığını belirten grafiksel bir gösterimdir (Şekil 2.49).



Şekil 2.49. Histogram

Görüntünün netleştirilmesi de histogram eşitlenmesi ile olur. Daha net bir görüntü için histogramın daha ayrık ve düzgün bir yapıya gelmesi sağlanmalıdır (Şekil 2.50).



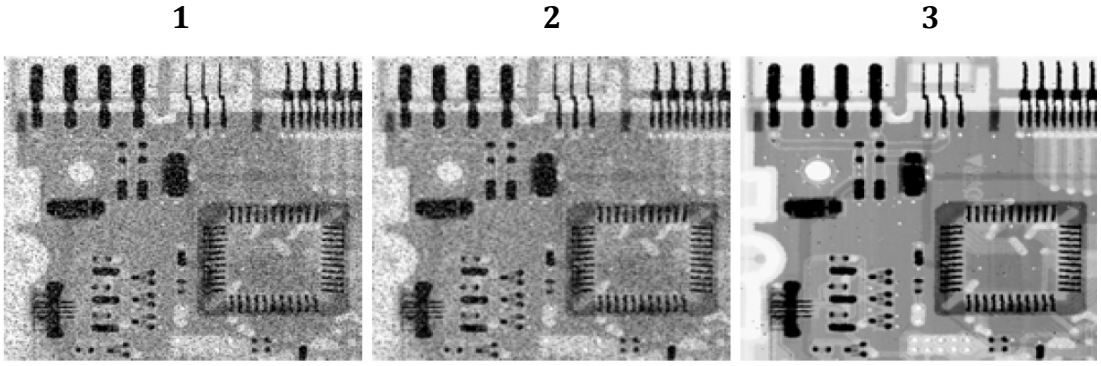
Orijinal görüntü

Histogram eşitlemesinden sonra

Şekil 2.50. Histogram eşitlemesi

2.8.3.9. Görüntünün gürültüden arındırılması

Resimlerin analog ortamlardan sayısal ortamlara geçirilmesi süreci sonrasında yeni olusan görüntü, bozukluk içerir ve bu durum gürültü (noise) olarak adlandırılır (Şekil 2.51).



Şekil 2.51. Görüntüdeki bozukluklar ve giderilme yöntemleri

[1] Tuz ve biber gürültüsü

[2] 3 x 3 ortalama maske (averaging mask) ile gürültü indirgeme

[3] 3 x 3 ortanca filtre (median filter) ile gürültü indirgeme

2.8.4. Görüntü işleme aşamaları

Sayısallaştırılan resmi griye çevirerek gürültü temizleme yapılmaktadır. Filtrelemeler uygulanarak gerekli algoritmalarla yeni görüntüler elde edilmektedir. Görüntü islemede tüm islemler, resim üzerindeki en küçük resim elemanı olan pikseller üzerinde gerçeklestirilmektedir. Görüntü işlemek için, gürültü temizleme, koyuluk, parlaklık, doğru renk ayarlama, görüntüyü keskinleştirmek ve bulanıklaştırma işlemleri yapılmaktadır (Şekil 2.52).



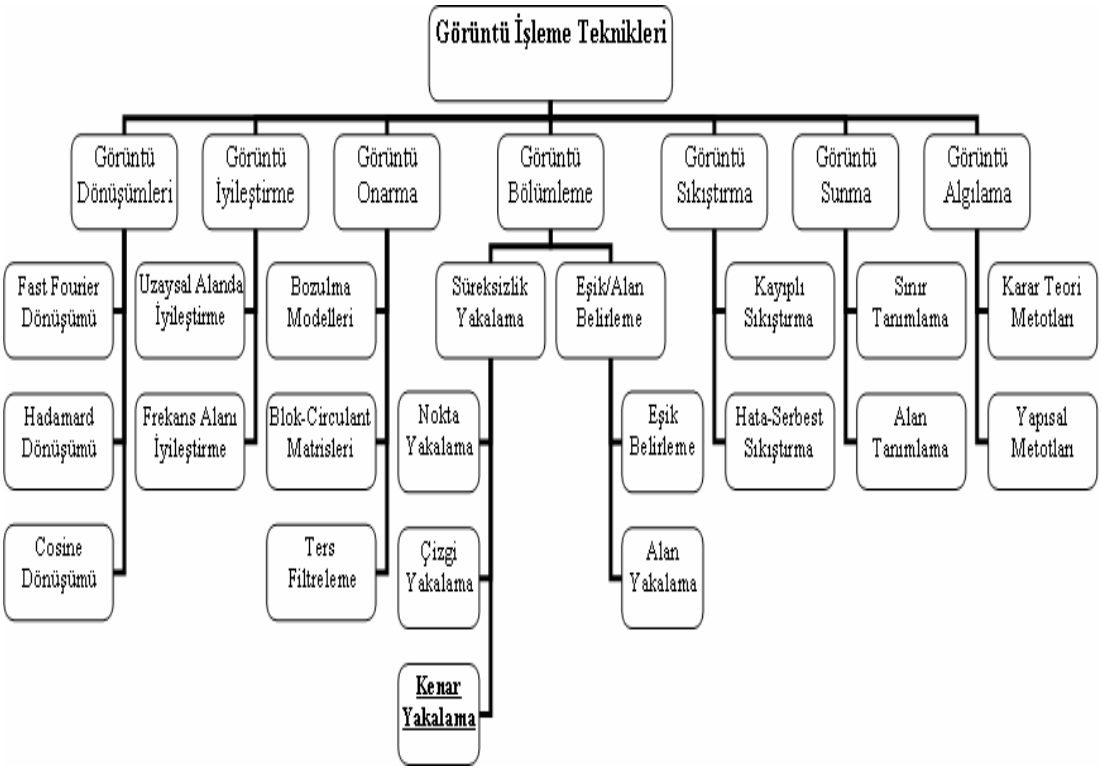
Şekil 2.52. Görüntü işleme aşamaları

2.8.5. Görüntü işlemede kullanılan temel yöntemler

- Geometrik dönüştürme: Boyutlandırma, büyütme, küçültme ve döndürme gibi işlemler.
- Renk düzeltme: Parlaklaştırma, keskinlik ayarı, renk dönüştürme gibi işlemler
- Sayısal karıştırma veya optik karıştırma: İki veya daha fazla görüntüyü birleştirme
- Görüntü düzenleme: görüntünün kalitesini yükseltme ve görüntü netleştirme
- Sabit cisimleri tespit ederek iki boyutlu nesne tanıma
- Parazit olusturma
- İstatistiksel bilgiler çıkarma
- İşlem ve filtre seçenekleri (Gaussian Filtresi)
- Görüntü üzerinde birtakım bilgileri gizleme
- Kayıpsız görüntü sıkıştırma

- Diğer matematiksel ve morfolojik işlemler
- Görüntü anlama yöntemleri

Şekil 2.53'te görüntü işleme teknikleri belirtilmiştir.



Şekil 2.53. Görüntü işleme teknikleri

2.8.5.1. Görüntü işleme yöntemlerinin sınıflandırılması

Yıldız (2010), Görüntü işlemek için kullanılan yöntemler farklı şekillerde sınıflanabilir. İşleme giren piksellere göre bir sınıflandırma yapıldığında üç farklı türde görüntü işleme yöntemi vardır:

• Her pikseli birbirinden bağımsız olarak işleme,
• Her pikseli komşularını da hesaba katarak işleme,
• Hareketli görüntülerde ardışık çerçeveler arasında görüntü işleme.

Her pikselin bağımsız olarak işlendiği durumda piksel değeri bir katsayı ile çarpılır, bir eşik ile toplanır veya kendisi ile başka bir işleme tabi tutulur. Ancak

bu işlemler yapılırken diğer piksellerin değerleri dikkate alınmaz. Örnek vermek gerekirse her piksel değerinin pozitif bir tamsayı ile toplanması durumunda görüntünün parlaklığı artar. Başka bir örnek görüntünün 0-255 aralığı yerine 0-50 aralığında değişen piksel değerlerine sahip olmasıdır. Bu durumda görüntü birbirine yakın koyu renk tonlarından oluşur ve dolayısıyla görüntünün karşıtlığı düşüktür. Her piksel değeri 5 ile çarpılırsa görüntünün piksel değerleri 0-250 aralığına dağıtılmış olur, dolayısıyla görüntünün karşıtlığı artar. Bu tür işlemlerde her ne kadar pikseller bağımsız olarak işlem görse de görüntünün tamamı için bir istatistik çıkartılması gerekebilir. Görüntünün piksel değerlerinin 0-50 aralığında olduğu bilgisi bu tür istatistiksel bir bilgidir.

Görüntü işlemede çoğu zaman komşu piksellerin de birbiri ile ilişkilendirilmesi istenir. Bunun için her bir piksel, belirli bir komşuluğunda bulunan pikseller ile ağırlıklı olarak toplanabilir. Ağırlık katsayılarının bulunduğu matrise maske (veya şablon, İngilizcede mask veya template) adı verilir. Maske veya şablon ismi, her bir pikselin çevresiyle aynı ilişkinin kurulmasının resmin üzerinde maske dolaştırma işlemine benzetilmesi ile ortaya atılmıştır. Şekil 2.54' te 4×4 boyunda örnek bir giriş görüntü parçası, 3×3 boyundaki maske ve maskenin görüntü üzerinde gezdirilmesi ile elde edilen çıkış verilmiştir.

$$\boldsymbol{g\ddot{o}r\ddot{u}ntü\ par\c{c}as\imath} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} \\ \mathbf{3} & \mathbf{6} & \mathbf{5} & \mathbf{4} \\ \mathbf{2} & \mathbf{1} & \mathbf{1} & \mathbf{2} \\ \mathbf{7} & \mathbf{9} & \mathbf{2} & \mathbf{6} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{maske} = \begin{bmatrix} \mathbf{0.1} & \mathbf{0.1} & \mathbf{0.1} \\ \mathbf{0.1} & \mathbf{0.2} & \mathbf{0.1} \\ \mathbf{0.1} & \mathbf{0.1} & \mathbf{0.1} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\c{c}\imath kış} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \mathbf{2} & \mathbf{3.8} & \cdot \\ \cdot & \mathbf{3.7} & \mathbf{3.7} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

Şekil 2.54. Komşu piksellerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi

Girişteki ve çıkıştaki görüntülerin ortasındaki dört değere bakılırsa girişteki komşuların 1-6, çıkıştakilerin ise 3-3.8 aralığında olduğu görülür. Bu sonucun gerçek bir görüntüdeki görsel karşılığı bulanıklaşmadır (blurring). Kenardaki piksellerin çıkış değerlerinin yazılmamasının nedeni sınırdaki belirsizliktir. Bu

problemi çözmek için sınır pikselleri ya hesaplanamaz, ya da sınırın dışında sanal pikseller oluşturulur.

Üçüncü yöntem ise hareketli görüntülerde çerçeveler arasında ilişki kurmaya dayanır. Aslında buradaki amaç görüntünün zamanla değişimindeki bir özelliğini yakalamaktır. Bu yöntem çoğunlukla h264 gibi modern görüntü sıkıştırma algoritmalarında kullanılır.

2.8.6. Görüntü işleme algoritmaları

Görüntü işlemede, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ya da bulanık mantık gibi sistemler birer yöntem olarak kullanılabilir, fakat çalışma genel olarak görüntü işlemek olarak adlandırılır. Görüntü işleme problemleri için kullanılacak yöntem ve teknikler, tercih edilecek platform ve araçlar ile üzerinde çalışılacak görüntüler büyük öneme sahiptir. Yöntem ve tekniklerin birlikte kullanılması, çalışmaların gerçeklenebilirliği, verimliliği, esnekliği ve etkililiği üzerinde çeşitli etkilere sahiptir. Bu algoritmaları iki ana başlık altında sınıflandırabiliriz;

a) Uzaysal algoritmalar
   - Doğrusal dönüşümler
   - Morfolojik Filtreler
   - Histogramlar ve istatistikler
   - Renk dönüşümü
   - Nesne Tespiti

b) Zamansal algoritmalar
   - Hareket tespiti (Motion detection)
   - Arka plan çıkarımı (Background subtraction)
   - Optik akış (Optical flow)
   - Görsel izleme (Visual tracking)

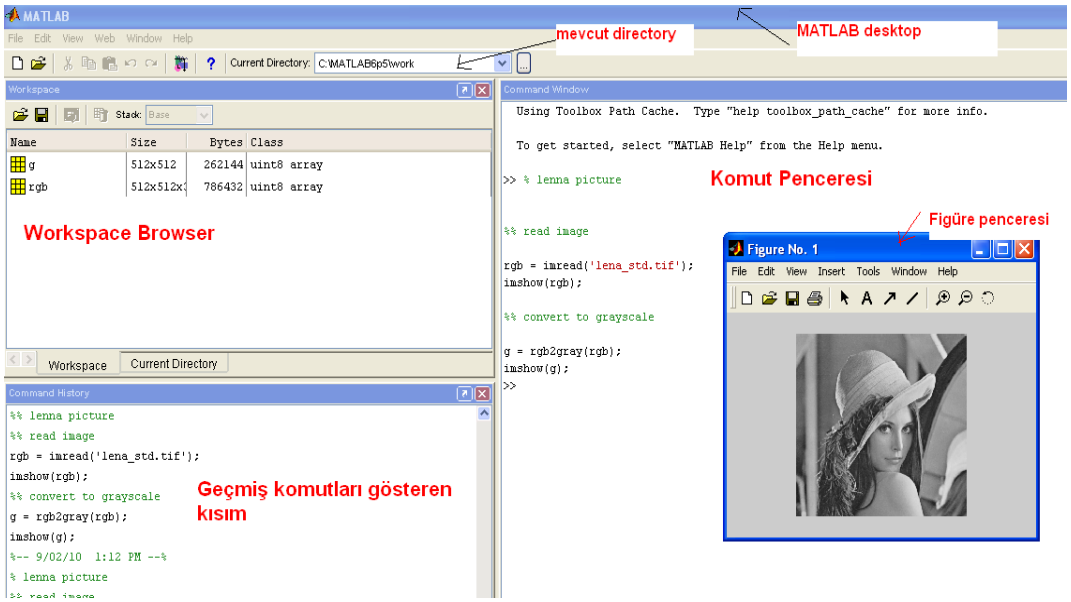
2.8.7. Görüntü işleme yazılımları ve masaüstü tabanlı uygulamaları

Bilgisayarların veri işleme hızı ve bellek kapasitelerindeki artış, görüntü işleme çalışmalarının çeşitli platformlarda yapılmasına olanak sağlamıştır. Bilişim teknolojileri bu çalışmaların sahalarını internet üzerine taşıyarak genişletmiştir. Kullanımı yaygın olan masaüstü tabanlı uygulamalarının başlıcaları şunlardır: Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, GIMP, PixBuilder Studio, ArtWeaver. Bunların yanısıra görüntü işleme tekniklerini icra edebilmek için çeşitli kütüphaneleri ve araçları bulunan yazılımlar da mevcuttur. OpenCV, EmguCV, Pixastic, Victor, PaintbrushJS kütüphaneleri ve Matlab görüntü işleme araç kutusu (Image Processing Toolbox) bunlara örnek gösterilebilir.

Matlab matris veri yapısına hâkim olmasının yansıra birçok hazır görüntü işleme algoritmasını da içinde barındırmakta ve ayrıca görüntü işleme tekniklerini hızlı bir şekilde icra edebilmektedir. Bu sebeple tez çalışmamızda Matlab programı kullanılmak istemiştir. Bu minval üzere programın görüntü işleme temel bileşenlerini nasıl icra ettiğinin anlaşılması gerekmektedir.

2.8.8. Sayısal görüntü işlemede Matlab kullanımı

Görüntü işleme teknikleri ile sayısal görüntüler iyileştirilerek, nesne tanıma, hedef tanıma gibi işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Görüntü işleme, amaca göre çeşitli işlemlerden oluşmaktadır. Hemen hemen her sektörde uygulama alanı bulan görüntü işleme tekniklerini ve Matlab'ın yaygın kullanılan görüntü işleme komutlarını inceleyelim. Öncelikle komutlarının girildiği Matlab arayüzü açıklanmalıdır (Şekil 2.55).



Şekil 2.55. Matlab arayüzü

Matlab masaüstü: Matlab ana uygulama alanıdır. Program açıldığında gelen ilk kısımdır. Default görünüm olarak Şekil 2.56'daki gibidir.

Command window (Komut penceresi): Matlab komutlarının ve denklemlerin, ">> " işaretinin yazıldığı kısımdır. Sonuçlar ve komutlar burada görüntülenir.

Workspace browser: Command window'da tanımlanan değişkenler hakkında bilgi verilen yerdir. Değişken üzerine çift tıklandığında detay verir.

Current directory: O anki çalışılan directory ismidir. C:Matlab\Work directory'si default directory'dir. Çalışılacak image dosyaları buraya kopyalandığında bu dosyalar sadece isimleriyle işleme sokulabilir.

Command history window (Geçmiş komutların gösterildiği yer): Önceden yazılmış komutların görüldüğü yerdir. Buradan seçilen komutlar, komut pencerine kopyalanarak yeniden çalıştırılabilir.

Imread: Üzerinde çalışılmak istenilen fotoğraf bir değişkene atanarak matlab workspace için tanımlanır ve ardından imshow ile pencerede gösterilebilir. Workspace'te imgenin boyutu, çözünürlüğü gibi bilgileri görüntülenebilir.

Imtool: Imtool ile bazı işlemlerin yapılabileceği bir pencere açılır. Örnek kodları yazarken workspace'deki verileri temizlemek için, clear all ve clc komutlarını en başa yazılmaktadır.

```
I = imread('ornek.jpg')
imshow(I)
imtool(I)
```

Warp: Görüntüyü belli yüzeylerde gösterir.

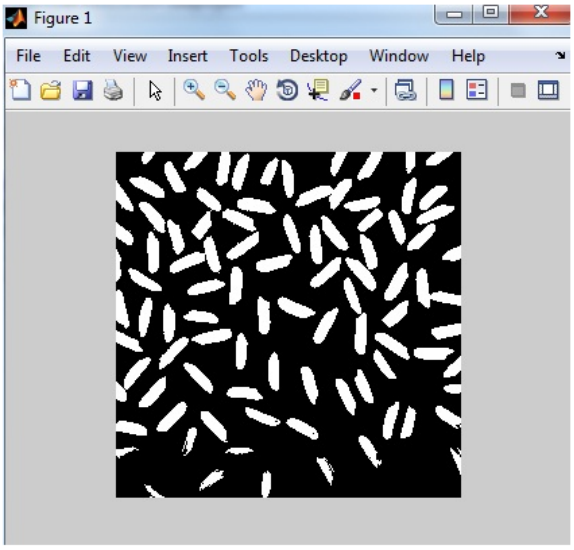
```
resim = imread('rice.png');
[x1,y1,z1] = cylinder;
[x2,y2,z2] = sphere;
imshow(resim); title('Orijinal resim');
figure;
subplot(1,2,1); warp(x1,y1,z1,resim); title('cylinder');
subplot(1,2,2); warp(x2,y2,z2,resim); title('sphere');
```

2.8.8.1. Tür dönüşüm komutları

rgb2gray: renkli görüntüyü gri seviyeye çevirir.
hsv2rgb: hsv renkleri rgb renklere çevirir.
graythresh: graythreshold komutu görüntüdeki parlaklık eşiğini otomatik olarak belirler ve sonuç olarak 0 – 1 arasında bir sayı (level) oluşturur. Görüntüdeki parlaklık sınırları ile yapılacak işlemlerde graythreshold' tan elde edilen sayı kullanılır. Görüntü üzerinde belirli işlemlerin yapılabilmesi için öncelikle gri seviyede çalışılması gerekmektedir.

Bunun için I= rgb2gray(I) komutu kullanılır.

Bu kod örneği ile görüntünün binary şekli elde edilir (Şekil 2.56).



Şekil 2.56. Matlab'da ikili resim (binary image) oluşturulması

im2uint8: uint8 renk hassasiyetine dönüştürür. Genelde görüntüler uint8 türündedir. Her piksel işaretsiz 8 bit (0–255) arası değere sahiptir.

Diğer dönüşüm komutları; demosaic, gray2ind, grayslice,im2int16, label2rgb, im2double, im2uint16, mat2gray komutlarıdır.

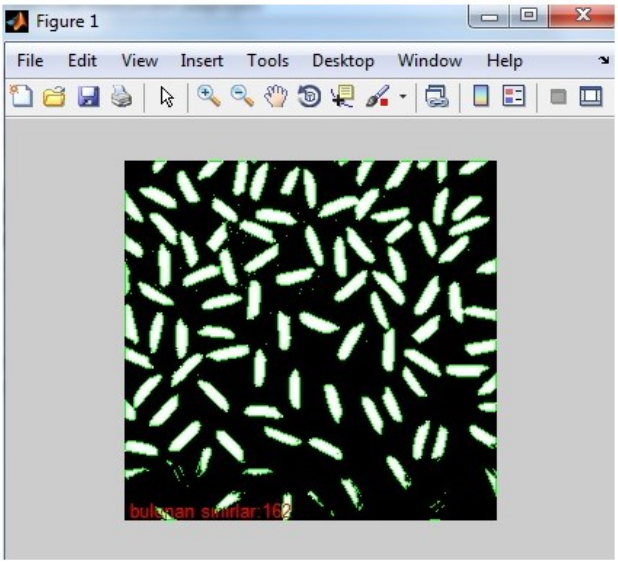
2.8.8.2. Uzamsal dönüşüm komutları

Fiziksel değişiklikler yapılabilecek bazı komutlar: imcrop, imresize, imrotate, imtransform

2.8.8.3. Görüntü analizi komutları

Bwboundaries: Binary modda bölgelerin sınırlarını belirler.

Şekil 2.57' de yeşil çizgiyle sınırlanmış alanların sayısı belirlenebilir. Morfolojik işlemler gerçekleştirilerek basit nesne sayma uygulaması yapılabilinir.



Şekil 2.57. Matlab'da görüntünün sınırlarının belirlenmesi

Edge: özel filtreler yardımıyla gri seviyedeki görüntülerin sınırları belirlenir.

```
I = imread('rice.png');
imshow(I);
BW1 = edge(I,'prewitt');
BW2 = edge(I,'canny');
figure; imshow(BW1);
figure; imshow(BW2);
```

Kullanılan diğer analiz komutları: hough, houghlines, corner komutlarıdır.

2.8.8.4. Doku analizi komutları

entropy: Gri seviye görüntünün entropisini hesaplar.
entropyfilt: Yerel entropi hesaplar.

```
I=imread('circuit.tif');
e=entropy(I)
ye=entropyfilt(a);
imshow(ye,[])
```

rangefilt: Görünütünün 3x3 komşuluğunda sınıflandırması yapar.
stdfilt: Görüntünün 3x3 komşuluğunda standart sapmasını hesaplar.

```
clear all,  clc
I=imread('circuit.tif');
I1=rangefilt(I);
I2=stdfilt(I);
figure; imshow(I);
figure; imshow(I1);
figure; imshow(I2);
```

2.8.8.5. Aritmetik işlem komutları

imadd: İki görüntüyü toplar veya bir görüntüye sabit bir sayı (parlaklık) ekler.
imcomplement: Binary modda siyah alanlar beyaz, beyaz alanlar siyaha çevrilir.

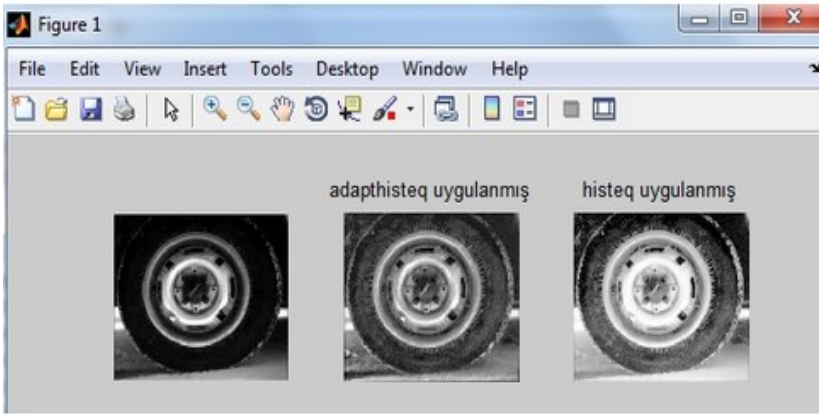
```
I = imread('rice.png');
J = imadd(I,50);
subplot(1,2,1), imshow(I);
subplot(1,2,2), imshow(J);
lvl=graythresh(I);
BW=im2bw(I,lvl);
bw = imcomplement(BW);
figure;
subplot(1,2,1),imshow(I);
subplot(1,2,2),imshow(bw);
```

2.8.8.6. Görüntü iyileştirme komutları

imadjust: Görüntü yoğunluğu değerini ve renk haritasını ayarlar.
histeq: Histogramı eşitleyerek kontrastı artırır.

adapthisteq: CLAHE (kontrast sınırlı adaptif histogram eşitleme) algoritması kullanarak kontrastı artırır (Şekil 2.58).

```
I = imread('tire.tif');
A = adapthisteq(I,'clipLimit',0.02,'Distribution','rayleigh');
B = histeq(I);
subplot(231),imshow(I);
subplot(232),imshow(A); title('adapthisteq uygulanmış');
subplot(233),imshow(B); title('histeq uygulanmış');
```

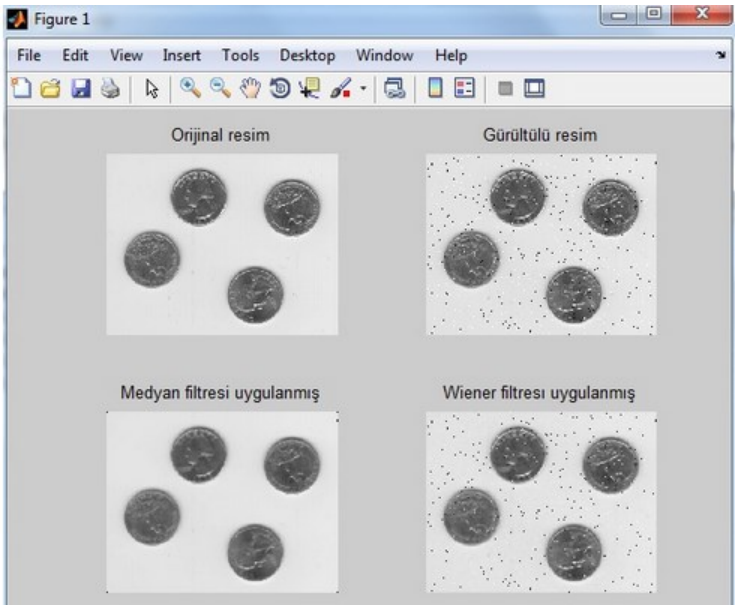


Şekil 2.58. Görüntüye adapthisteq ve histeq uygulanması

medfilt2: 2 boyutlu medyan filtreleme yapar.
wiener2: 2 boyutlu adaptif gürültü temizleme filtresidir.

Şekil 2.59' da medyan ve wiener filtreleri uygulanmış ve gürültüden arındırılmış görüntü gösterilmiştir.

```
I=imread('eight.tif');
no=imnoise(I,'salt & pepper',0.02);
filt1=medfilt2(no); filt2=wiener2(no);
subplot(2,2,1); imshow(I), title('Orijinal resim')
subplot(2,2,2); imshow(no), title('Gürültülü resim')
subplot(2,2,3); imshow(filt1), title('Medyan filtresi uygulanmış')
subplot(2,2,4); imshow(filt2), title('Wiener filtresı uygulanmış')
```



Şekil 2.59. Görüntüye medyan ve wiener filtresi uygulanması

2.8.8.7. Doğrusal filtreleme komutları

fspecial: önceden tanımlanmış 2 boyutlu filtreleri oluşturur.

Kullanım şekli; F = fspecial('filtre' , parametre)

imfilter: çok boyutlu görüntüleri filtreler.

Çizelge 2.21'de doğrusal filtreleme komutları listelenmiştir.

Çizelge 2.21. Doğrusal filtreleme komutları

average	Ortalama filtresi
disk	Dairesel ortalama filtresi
gaussian	Gaussian alçak geçiren filtresi
laplacian	İki boyutlu laplace işlemi benzetimi
log	Gaussian filtrenin laplacian'ı
motion	Motion hareket benzetimi
prewitt	Özel kenar filtresi
sobel	Özel kenar filtresi
unsharp	Kontrast geliştirme filtresi

2.8.8.8. Morfolojik işlemler

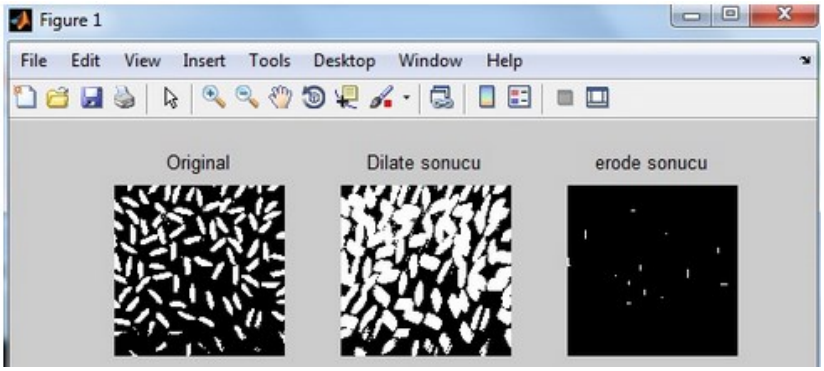
strel: strel, morfolojik işlemlerde kullanılan yapısal filtre elemanıdır. Morfolojik işlemleri hangi şekil ve parametrelerle uygulayacağımızı strel ile belirleriz.

Kullanım şekli; SE = strel (filtreleme şekli, parametre)
Örnek; SE =strel('disk', R) R; yarıçap
SE = strel('square', L) L; karenin bir kenarının uzunluğu

imdilate: açma işlemini yapar.
imerode: aşındırma işlemi yapar.

```
bw = imread('rice.png');
lvl=graythresh(bw);
bw=im2bw(bw,lvl);
se = strel('line',11,70);
se1 = strel('square',8);
bw2 = imdilate(bw,se);
bw3 = imerode(bw,se1);
subplot(231), imshow(bw), title('Original')
subplot(232), imshow(bw2), title('Dilate sonucu')
subplot(233), imshow(bw3), title('erode sonucu')
```

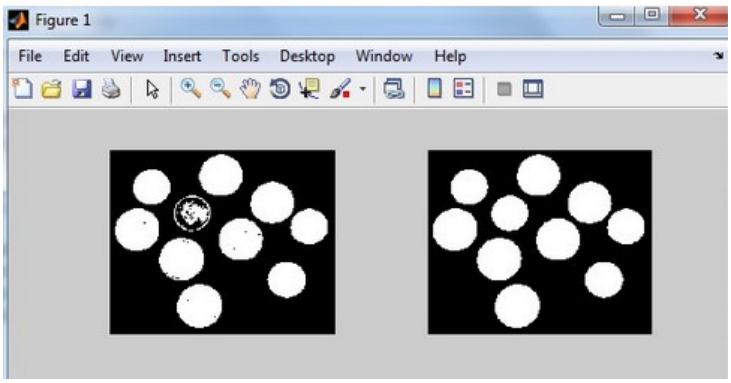
Örnekte; "rice.png" görüntüsü sonucun daha anlaşılır görünmesi için binary moda çevrilir. İşlemler gri seviyede de yapılabilir. se ve se1 olarak iki tane maske belirlenir. Maskelerin parametreleri isteğe göre değiştirilebilir. Açma işleminin daha belirgin olması için se maskesinin parametreleri artırılmalıdır. se1 maskesinde 8 sayısı 12 yapıldığında beyaz noktaların tamamen kaybolduğu görülmektedir (Şekil 2.60).



Şekil 2.60. Görüntünün morfolojik işlemlerden geçirilmesi

imclose, imopen: imdilate ve imerode işlemlerinin birlikte kullanılması ile oluşan filtrelerdir. Uygulama mantıkları benzerdir.

imfill: Gri seviyede veya binary modda açıklıkları doldurur (Şekil 2.61).



Şekil 2.61. Görüntüye imfill komutu uygulanarak açıklıkların doldurulması

bwarea: Binary modda alan nesnelerin alanını hesaplar.

bwareaopen: Binary modda küçük parçaları (bağlı olmayan) yok eder ve aşındırma işleminin benzeridir.

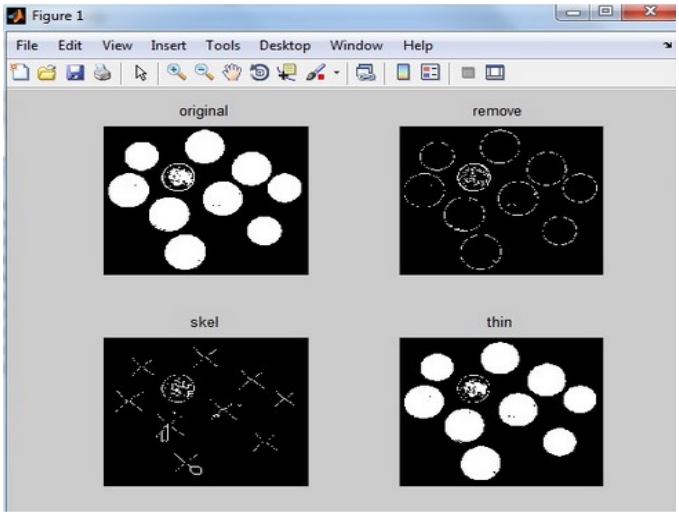
bwconncomp: bağlı komponentleri buldurur.

```
BW = imread('text.png');
CC = bwconncomp(BW);
numPixels = cellfun(@numel,CC.PixelIdxList);
[biggest,idx] = max(numPixels);
BW(CC.PixelIdxList{idx}) = 0;
figure; imshow(BW);
```

Şekil 2.61'de; en büyük yer kaplayan harflerin sillindiği görülmektedir.

bwmorph: Binary modda morfolojik işlemler yapılır. Birçok maskeleme çeşidi vardır. Bu maskeleme çeşitlerinin bazıları Şekil 2.62' de gösterilmektedir.

```
BW = imread('coins.png');
lvl=graythresh(BW);
BW=im2bw(BW,lvl);
BW2 = bwmorph(BW,'remove');
BW3 = bwmorph(BW,'skel',Inf);
BW4 = bwmorph(BW,'thin');
subplot(221),imshow(BW), title('original');
subplot(222),imshow(BW2), title('remove ');
subplot(223),imshow(BW3),title('skel'),
subplot(224),imshow(BW4),title('thin'),
```



Şekil 2.62. Morfolojik işlemler yapılan ikili resme uygulanan maskeleme çeşitleri

2.8.9. Kişi Sayma

Gelişen ve büyüyen dünyada artmakta olan nufüsla beraber bireylerin hizmetlere daha kolay ulaşılabilir olması, gelişen sektörlerin kendilerine yeni pazarlar oluşturması ve bu sektörlerde hizmet veren oluşumların artması hasebiyle rekabetçi piyasa ortamı oluşmaktadır. Hâl böyle iken teşkilatların büyümesi, verimliliği, karlılığı gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Bu gereklilikler göz önüne alındığında en önemli etkenin bireyler olduğu anlaşılmaktadır. İnsana servis verilen ve operasyonun insan odaklı yönetildiği tüm noktalarda kişi sayma ve analiz yapmak, mevcut durumun ve iyileştirmelerin tespit edilmesinde ciddi bir öngörü sağlamaktadır.

Kişi sayma, bir alan, koridor veya kapıdan geçmekte olan yayaların sayısını tutmaya denilir. Kişi saymanın insan eliyle yapılması, kişilerin sayısındaki düzgün olmayan artışlar ve kişilerin hareketlerinin öngörülmesindeki zorluklardan ötürü bir hâyli zor olmaktadır. Görüntü işleme teknolojilerinin gelişmesiyle bu işlerin takibi cihazlara devredilmiştir.

Kişi sayma sistemi ise, yukarıda bahsedilen sayma ve türevi işleri, çeşitli teknolojiler kullanan cihazlar vasıtasıyla yapan sistemlere denir.

Kişi sayma sistemi pazar araştırmaları (yaya trafik yönetimi), güvenlik uygulamaları (yapılarda o an için bulunan kişilerin tahliyesi) veya hizmet verimliliği (pik saat kişi sayısı için servis fonksiyonları artırımı) için önemlidir.

Bu konuda yapılan çalışmalara genel bir bakışta görülüyor ki, en güvenilir sitemlerin hassas sesörlü video kameraların olduğudur. Lâkin bu sistemlerde hesaplamaların çok ağır ve maliyetinin çok fazla olduğu bir gerçektir. Son yıllarda yapılmış ve yayınlanmış çalışmalara bakıldığında farklı metotlarda görüntü işleme yapılarak kişi sayımı ve takibi yapıldığı görülmektedir. Bu metotlar genel olarak insan silüeti çıkararak, tepe kamerası kullanarak tıkanıklardan kaçma, çift kamera kullanarak bölgedeki insanların ayrımı şeklindedir. Kişi sayımı ve takibi yapılacak ortama uygun çözümler

sunulabilmesi için ortam gereksinimleri ve kişilerin talepleri doğrultusunda uygun sistemler teşkil edildiği görülmektedir.

Kişi sayma ve türevi uygulamaları günümüzde birçok yerli ve yabancı meşeili ticari firma tarafından yapılmaktadır. Bu sebeble araştırmamızda internet kaynaklı çalışmalar çoğunluktadır. Bu firmalardan ilgi çekici olanların birkaçı Çizelge 2.22' deki gibidir.

Çizelge 2.22. Kişi sayma sistemleri üreten firmalardan bazıları

Firma ve Ürün Adı	**Web Sitesi**	**Alanı**
Via-vis,Crosscan	http://www.via-vis.com/	Mağazacılık, müşteri akış ve davranış analizi, yoğunluk analizi
Rima Elektronik, Digifort	http://www.rimaelektronik.com/	Kişi ve araç sayma, güvenlik kontrol
Axxon	http://www.axxonsoft.com/	Güvenlik kontol, video işleme tabanlı kişi takibi ve sayma
Infodif	http://www.infodif.com/	Kişi ve araç sayma, plaka tanıma, güvenlik ihlâli, endüstriyel kalite kontrol

Çizelge 2.22'de görüldüğü gibi farklı alanlara hizmet veren birçok firma bulunmaktadır. İçlerinden bazıları, yapı içinde bulunan kişilerin sayımı sırasında davranış ve güzergâh analizi yapabilmekte ve ayrıntılı raporlar sunabilmektedir. Böyle karmaşık sistemlerin bulunmasına rağmen kişi sayma sistemini basitçe, sensörler (tespit ve sayım) ve yazılımlar (veri yönetimi) diye iki bölüme ayrılıp incelenmesi gerekmektedir.

2.8.9.1. Kişi sayma yöntemleri

Birçok sistemde, katın 2 ila 4 metre yüksekliğine duvarın üstüne kurulan video kamera bir kapıdan gelip geçen insanları tespit etmektedir. Mevcut piyasadaki bazı yabancı menşeili video analitik firmalarının ürünlerinde sistemde elde edilen görüntüler bir sunucu ağa gönderilerek analiz edilmektedir. Bu yöntem sunucu için oldukça ağır iş yükü getirmektedir. Lefloch (2007), 320*240

çözünürlükteki RGB_{24} formatındaki bir videonun saniyedeki veri yükünü formül (2.17)'de hesaplamıştır. RGB_{24} üç kanaldan (red, green, blue) oluşan bir formattır. Bu formattaki her kod 3 byte ile kodlanmıştır ve böylece 2^{24} farklı renk elde edilebilir. Video kameranın saniyede 15 kare çekim yaptığı varsayılırsa,

$\boldsymbol{I = 3 * 320 * 240}$, $\boldsymbol{I = 230400\ bytes = 225\ kB}$, $(\mathbf{15}[\boldsymbol{fps}] * \mathbf{225}$=3375 kB= 3.3MB/sn

(2.17)

Veri yükü: I = 3.3 MB/sn'dir. Bu yöntem ile sadece bir kameradan saniyede 3.3 MB'lık bir akıl almaz bir işlem yüküne sebep olmaktadır. Bu işlem yükünün hafifletilmesi için her kameraya görünütü işleme algoritmalı bir mikro işlemci entegre edilerek, sisteme sadece sayım ve analiz bilgisinin gitmesi sağlanır. Bu sistem sadece sayım için gerek uygulama, gerekse maliyet açısından bir hâyli fazla olduğundan. Sistem diğer güvenlik uygulamalarında (tehlike durum ve tespiti) veya perakende (müşteri davranış analizi) en net sonuçları sağlayabilir. Kırmızı led ışık tarafından üretilen kızıl –ötesi ışın, kişi sayma için bir başka yöntemdir. Birkaç kırmızı led ışıktan yapılmış ve kızıl –ötesi ışın yayan cihaz ve içerisinde hattan geçen kişileri tespit eden sensör bulunan başka bir cihazı kullanılan sistemde, kişilerin giriş mi yoksa çıkış mı yaptıklarının anlaşılması için iki hat üzerindeki sensörlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Lazer ışın tabanlı sistemler, bir önce ki sistemle aynı ilkede çalışır. Böyle bir sistemin avantajı asgari maliyette olmasıdır ama bu sisteme "akıllı" denilemez. Bu sistemin dezavantajları hat üzerinden geçenlerin insan olup olmadığını ayırtedememesi ve hat üstünden aynı anda beraber geçen iki insanı ayırtedememesidir. Böyle bir sistem, dar geçişli kapılarda veya koridorlarda sadece insanların kullanımında olan yerlede işe yarayabilir.

Kişi saymada iyi bilinen yolardan birisi de termal sensörlü sistemlerdir. Bu tür sistemler alandaki ısı varyasyonlarından insanları tespit edebilmektedir. Havanın insanların iç ısısına yakın derecelerde olduğu sıcak havada açık veya

kapalı alanlarda sensörler işlevsizleşebilir, ısı farklarında hassasiyet göstererek kullanışsızlaşabilir.

Var olan diğer sistemler adım sensörleri kullanan sistemlerdir. Bu adım sistemleri ağırlık veya ses sensörleri bulundurur. Her iki sensör de yükler altında işlevlerini yitirebilmektedir. Gelip geçmekte olan kişileri ayırt edemezler. Bu sebeplerle kişi sayma için uygun olduğu düşünülmemektedir.

Açıkçası en doğru sonuçları veren sistemler turnikelerdeki mekanik sayıcılardır. Bu sistemler üzerinden atlayan birileri olmadığı müddetçe neredeyse mükemmele yakın sonuçlar verebilir yalnız bu sistem ticaret merkezleri, süpermarketler gibi yaya trafiğinin rahat olması gerektiği yerlerde tıkanıklara yol açabileceğinden kullanılması tercih edilmemektedir.

2.8.9.2. Kişi sayma çalışmaları

Bu bölümde bir fikir sağlaması amacıyla son yıllarda çözülmüş karmaşık kişi sayma problemlerini araştırılmıştır. Hesaplamanın hızlı gelişimi sayesinde bilgisayar görüşü kullanılarak kişi sayımı yapılması mümkün olmuştur. Bu sorunun çözümü için birçok yöntem vardır. Birkaç öneri, çoklu kamera kullanımından yanadır.

Hashimoto vd. (1997), kişi sayma sorununun çözümü için kendilerinin tasarladığı özelleştirilmiş görüntü sistemi kullanmışlardır (kızılötesi şeffaf lensler, kızılötesi hassas seramikler ve mekanik doğrama parçaları gibi). Sistemleri termal görüntü oluşturmak için ikinci saniyede analiz edilen arka plan çıkarımı kullanır. 95% oranında kişi sayabilen sistem geliştirmişlerdir. Yani sistemleri kesindir ama bazı durumlar da söz konusudur. İyi durumlarda çalışması amacıyla, geçen insanları ayırtetmesi için sistemin en az 10 cm aralığı olması gerekmektedir. Böylece, iki kişiyi birbirinden ayırıp sayabilmektedir. Sistem aynı zamanda saymadaki bazı sorunların, geniş kol ve bacak hareketleri yüzünden çıktığını gösteriyor. Öyle ki bu sistem, yüksek yoğunlukta kişinin girip çıktığı ticaret merkezleri için uygun sayılmamaktadır. Aslında çoğu

zaman, insanlar böyle yerlere aileleriyle birlikte gelerek, birbirine çok yakın gruplar oluşturduğu için çözülmesi zor bir kişi sayım sorunu haline dönüşmektedir.

Conrad vd. (1994), tepe kamerası kullanarak tüm kişi sayma sürecini basitleştirmiştir. Bu çözüm tıkanıklık sorununun büyük ölçüde azalmasına olanak tanımıştır. Bu sorunun farklı hâllerinden sakınmak için arkaplan çıkarımı yerine ardışık çerçeve farklılaştırma kullanmışlardır. Sınır hesaba ulaşıldığı zaman, algoritma çalışma alanını tüm sahneden küçük bir alana azaltır ve aynı zamanda, hızlı ve basit bir algoritma ile her bir pencerenin merkezindeki yığınların güzergâhını belirlemeye olanak tanır. 7491 kişide 95,6% gibi yüksek bir doğruluk oranı elde etmişlerdir.

Segen vd. (1996), Ayrışım işleminden sonra görüntü işlemeye odaklanmışlardır. Farklı alakalı bölgeleri belirlemede standart bir algoritma kullanmışlardır. Sonra, algoritma çerçeveler arası takip özelliklerini her farklı bölgede tanımlar. Süreç boyunca kişinin hareketi kaydedilir ve kişinin izlediği yolu temsil eder. Sonra, algoritma bu güzergâhları kullanarak kaç kişinin sanal hat boyunca yürüdüğünü kolayca belirleyebilir. Bu sistem tıkanıklık durumuyla başa çıkamaz. Eğer çok sayıda kişi mevcut ise video kameranın çalışma alanını azaltarak çalışır. Sistemdeki veriler çoğaldıkça tüm yollar arasındaki kesişimleri hesaplaması giderek karmaşık hale gelmektedir.

Sexton vd. (1995), sadeleştirilmiş segmantasyon algoritması kullanarak etkili bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Sistemlerini Paris tren istasyonunda denemişler ve 1% - 20% aralığında bir hata payları olmuştur. Çoğunluğun tıkanmasından sakınmak amacıyla tepe kamerası kullanılmıştır. Sistemleri insanları arkaplandan ayırmak için arkaplan çıkarımı kullanmaktadır. Arkaplan görüntüsü yani referans çerçevesi segmantasyonu geliştirmek için sürekli olarak güncelleyerek parlamaları ve çevre etkilerini azaltmışlardır. Takip algoritması, arkaplan çıkarım işlemi verilen sonuç blob'uyla en yakın merkezi eşleştirilerek yapılır. Yakın takibi, birbiri ardına gelen çerçevelerdeki blob sonuçlarında en yakın merkezi kullanarak yapmaktadır.

Haritaoğlu vd (2001), gerçek zamanlı kişi takibi için farklı bir metot adapte etmişlerdir. Arkaplandan silüetleri ayırtetme amacıyla, piksel değerlerinin renkleri ve yoğunluğu tabanlı bir arkaplan çıkarımı tercih etmişlerdir. Bu bilgiler görüntüdeki tüm pikselleri sınıflandırmaya yardımcı olmaktadır. Önplan, arkaplan ve gölge adında üç sınıflandırma kullanılmıştır. Sonra tüm pikseller, farklı bölgeler yapmak için önplan gibi sınıflandırılmıştır. Tüm bu önplan grupları iki farklı hareket baskısı kullanarak kişilerin şahsi geçici ve küresel ayrımları yapılır. İzleri takip etmek amacıyla algoritma, renk ve kenar yoğunluğu tabanlı görünen bir model kullanır.

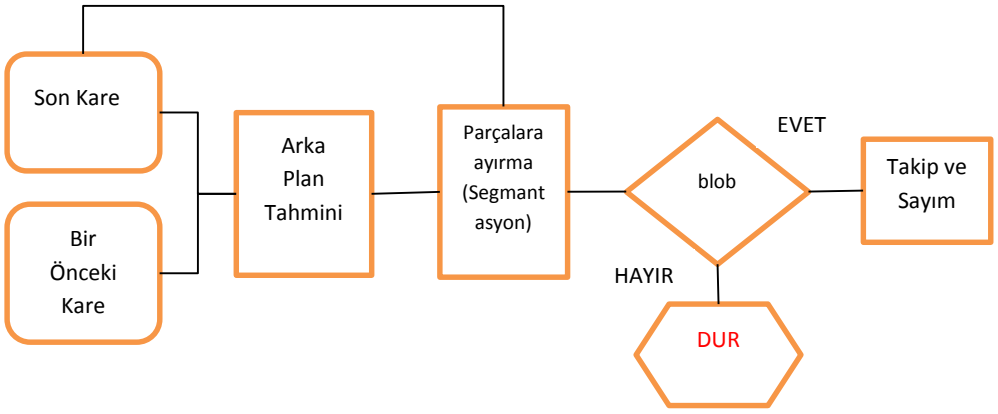
Güler vd. (2013), Tepe kamerası ile çekilmiş kaynak video üzerinden takip ve sayma uygulaması yapmışlardır. Bu işlemlerin yapılmasını basit görüntü işleme algoritmaları kullanarak Matlab platformunda bir prototip geliştirmişlerdir. Test neticesinde 88,5%'lik bir doğruluk oranı elde etmişlerdir. Doğruluk oranındaki bu kayıplarını, görüntünün sol tarafının bir kısmını gürültüden kaçmak amacıyla sıfırladıkları için o bölgeden geçen kişileri saymamıştır. Bazen birbirine çok yakın yürüyen kişilerin ayrımını tam yapamayıp bu kişileri tek kişi olarak algılamıştır. Birbirine çok yakın kişilerin ayrımında meydana gelen hataları en aza indirmek için tespit edilen kişilerin genişlikleri, uzunlukları, toplam piksel alanları gibi parametreler kullanılarak yapay sinir ağlarıyla beraber makine öğrenmesi yapılmıştır. Ancak kamera görüntülerinde tam bir tutarlılık olmadığından düzgün sonuçlar alınamamıştır. İkinci olarak nesnenin bir sonraki görüntü karesinde nerede olacağını bulmak için Kalman Filtreleri kullanılmak istenmiştir ancak cisimler görüntüde çok uzun süre durmadığından basitçe şimdiki konumundan bir önceki konumunu çıkarılarak anlık hızı tespit edilmiş ve bir sonraki karede arama işlemi bu hız dikkate alınarak yapıldığından Kalman Filtrelerine ihtiyaç kalmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre arkaplan çıkarma tekniğini proje için yeterli görmüşlerdir.

Terada vd. (1999), Sanal bir hat kullanarak kişilerin hareket yönünü ve sayısını belirleyen bir sistem oluşturmuştur. Kişilerin hareket yönünü "space-time

image" kullanarak belirlemiştir. Bu sistemin avantajı, kamera önündeki alandan geçen insanların oluşturabileceği tıkanıklıktan uzak durmasıdır.

Görsel programlama tabanlı kişi sayma, sayılan diğer metotlara bir alternatif oluşturur. Bu sistemlerin ortak sorunu kişileri bir arka plandan ayırt etmesidir.

Kişi sayma algoritmalarının bölümleri ve akış şeması Şekil 2.63'teki gibi olmaktadır.



Şekil 2.63. Kişi sayma algoritması

2.8.9.3. Görüntü kazanımı (Image acquitision)

Öncelikle imgenin RGB_{24} fortmatında ve 320*240 boyutlarında olması gerekmektedir. Sonra imge, görüntü işlemeye hazırlık için siyah –beyaz görüntüye dönüştürülür. Bu dönüşüm her pikselde üç kanaldan meydana gelmektedir.

2.8.9.4. Kare farklılaştırma (Frame differencing)

İki video karesi arasındaki farklılıkları kontrol eden bir bilgisayar tekniğidir. Pikseller değişmiş ve görünümlerinde birşeyler değişmekte ise (Jain ve Nagel, 1979; Haritaoğlu vd., 2000) sonuçlarda nesnenin yerini verme amaçlı kullanılır. Belirlenmiş bu pozisyonlar, sonradan dörtgen şablonlar sağlamak için kullanılır

(boyutları nesnenin ölçülerine bağlıdır). Nesne pozisyonunu değiştirdikçe şablon dizileri oluşturulmaktadır.

Kare farklılaştırma kişi sayma algoritmasının en önemli bölümlerinden biridir ve bu sürecin ilk aşamasıdır. İki ardışık kare arasında piksel piksel farklılaştırma yapılır. Bu farklılaştırma sonucunda oluşturulan imgede, bu iki ardışık kare arasındaki farklar gösterilir. Bu iki kare arasındaki farkın oluşturduğu yeni imge neticesinde hareket tespiti yapılabilmektedir. İki kare arasında hiç boş sahne yok ise, bu iki kare arasındaki değişikliğe bakılır ama iki kare arasında kullanılan kameranın çekim kalitesi yüzünden imgede bozulma veya kameranın görüntülediği alanda bu iki kare arasında hareket oluşmamaktaysa sonuç çıktısı boş olmamaktadır. Tüm piksel değerleri istenilen büyüklükte değildir ve bu iki ardışık kare sonuçları aynı değilse de birbirlerine çok yakındır. Bu sebeple hareketin varolması için eşik değerlerinin tanımlanmış olması gerekmektedir.

Eşik değer uygulaması iki farklı şekilde yapılabilmektedir:

- İlki; her piksel arasındaki eşiğin tüm farklarının, kesin eşikten küçük olduğu yani boş piksel gibi düşünülerek yapılabilir. Bir diğer düşünülmesi gereken husus ise; siyah –beyaz azami değerinin eşik ile karşılaştırılmasıdır. Azami değerin eşikten büyük olduğu durumlarda video kameranın alanında hareket oluştuğu görülür.

- Bu yöntemde tüm farklılaştırılmış imgede bir eşiğin yapılmasıdır. Eğer tüm piksellerin değeri kesin eşikten küçük ise farklılaştırılmış imge boş imge olarak düşünülebilir. Eşik değeri görüntünün çözünürlüğüne bağlı olduğundan, bulunmasının zorluğu bu yöntemin sorunu olarak görülmektedir.

Bu algoritma aynı zamanda nerede hareket oluşuyorsa oradaki bölgenin tespitinde kullanılabilmektedir.

2.8.9.5. Arkaplan tahmini (Background estimation)

Sistemin kişilerin yerini tespit etmeye kalkışmasından önce hareketin tespit edilmesi amacıyla sahneyi öğrenmesi gerekmektedir. Arkaplan tahmini algoritması, sahne görüntülerinden arkaplanı temsil eden bir görüntüyü referans yapmaktadır. Arkaplan görünütüsü sayım yapma ve takip gerçekleştirmek için temel fonksiyondur ve ön plan ile arkaplan arasındaki ayrımı yapmak için kullanılmaktadır. Piksellerde oluşan azami bozulma etkisinden kaçınmak için, iyi tamin modeli elde etmek amacıyla ardışık beş kare arasında medyan filtresi uygulanmaktadır. Her piksel için, medyan filteresi beş karedeki değerleri tutar, sıralar ve ortalamasını alır. Bu süreç her piksel için uygulandıktan sonra yeni arkaplan görüntüsü oluşturulur.

Güvenilir bir kişi sayma algoritması için arkaplan plan tahmini sürekli güncellenebilir olmak zorundadır. Kişi sayma sistemini bir yapının girişine yerleştirdiğimizi düşünürsek, gün içerisinde meydana gelen yavaş ve küçük değişiklikler, bilhassa arkaplan çıkarma algoritmalarında parazite sebep olabilir. Gerçekte, gün içerisinde güneş ışığının yoğunluğu değişir veya çalışma sahnesine bazı nesneler çıkarılıp eklenebilir. Bu yüzden, arkaplan tahmini güncellenmez ise algoritma sürekli değişiklik tespiti yapabilir.

Arkaplan çıkarımı esnasında video kameranın çalışma alanında hiçbir hareket olmamalıdır. Hareket olmazsa arkaplan görüntüsü güncellenir. Hareket var ise arkaplan güncellemesi bir sonraki arkaplan tahmininde yapılmaktadır (Şekil 2.64).

3*3 pikselden oluşan siyah–beyaz görüntü formatı düşünülecek olursa, beş ardışık kareyi temsil eden matrisler aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\text{Kare}_1 = \begin{bmatrix} 25 & 53 & 22 \\ 2 & 11 & 88 \\ 33 & 255 & 65 \end{bmatrix} \quad \text{Kare}_2 = \begin{bmatrix} 28 & 55 & 18 \\ 5 & 20 & 98 \\ 31 & 248 & 70 \end{bmatrix} \quad \text{Kare}_3 = \begin{bmatrix} 21 & 50 & 10 \\ 0 & 25 & 77 \\ 39 & 250 & 45 \end{bmatrix}$$

$$\text{Kare}_4 = \begin{bmatrix} 10 & 42 & 38 \\ 20 & 30 & 79 \\ 45 & 250 & 45 \end{bmatrix} \quad \text{Kare}_2 = \begin{bmatrix} 25 & 54 & 22 \\ 2 & 11 & 89 \\ 33 & 225 & 65 \end{bmatrix}$$

5 karedeki tüm değerlerin sıralaması

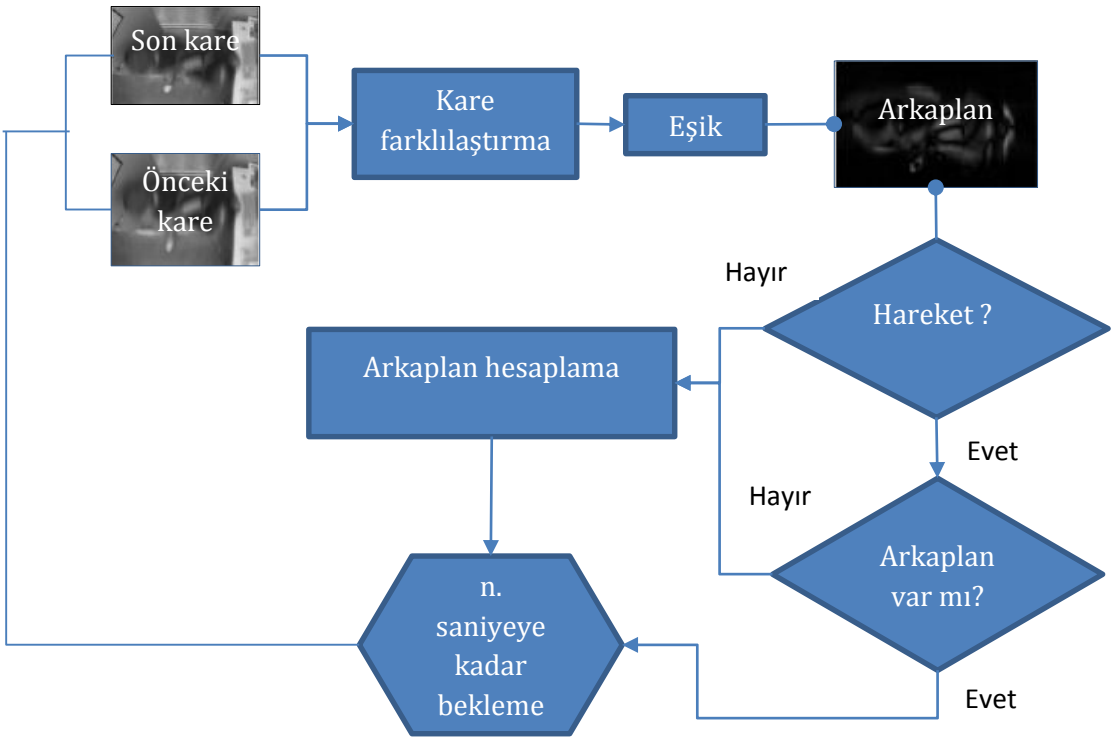
$$P_{11} = \begin{pmatrix} 10 \\ 21 \\ 25 \\ 25 \\ 28 \end{pmatrix} \quad P_{12} = \begin{pmatrix} 42 \\ 50 \\ 53 \\ 54 \\ 55 \end{pmatrix} \quad P_{13} = \begin{pmatrix} 10 \\ 18 \\ 22 \\ 22 \\ 38 \end{pmatrix}$$

$$P_{21} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 2 \\ 5 \\ 20 \end{pmatrix} \quad P_{22} = \begin{pmatrix} 11 \\ 11 \\ 20 \\ 25 \\ 30 \end{pmatrix} \quad P_{23} = \begin{pmatrix} 77 \\ 79 \\ 88 \\ 89 \\ 98 \end{pmatrix}$$

$$P_{31} = \begin{pmatrix} 31 \\ 33 \\ 33 \\ 39 \\ 45 \end{pmatrix} \quad P_{32} = \begin{pmatrix} 248 \\ 250 \\ 250 \\ 255 \\ 255 \end{pmatrix} \quad P_{33} = \begin{pmatrix} 45 \\ 45 \\ 65 \\ 65 \\ 70 \end{pmatrix}$$

Her vektör için ortalama değerlerden oluşan arkaplan görüntüsü

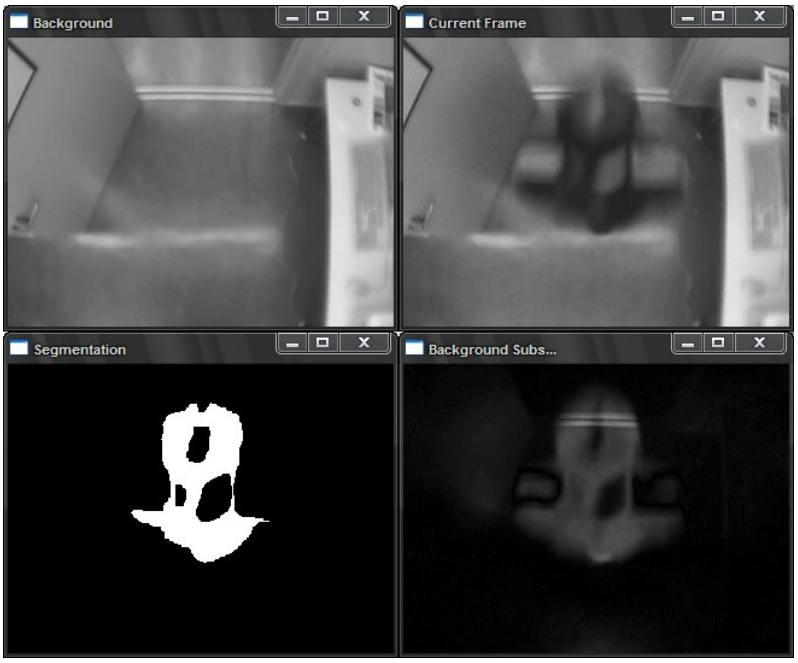
$$\text{Arkaplan} = \begin{bmatrix} 25 & 53 & 22 \\ 2 & 20 & 88 \\ 33 & 250 & 65 \end{bmatrix}$$



Şekil 2.64. Arkaplan tahmini algoritması

2.8.9.6. Arkaplan çıkarımı ve segmantasyonu

Arkaplan tahmini işlemi tamamlandığında, algoritma önplan ile arkaplanı birbirinden ayırmak için kullanır. Bu işlem kare farklılaştırma ile birbirine çok yakın görünebilir ama tam anlamıyla öyle değildir. Kare farklılaştırma ile önplan ve arkaplan görüntülerini birbirinden ayırmak çok zordur çünkü ön plandaki nesnelerin kenarlarını vurgulama yönelimindedir ve bu durum görüntü analizini sonradan daha zor bir hâle getirir. Kare farklılaştırma algoritmasının kullanılmamasının bir diğer sebebi ise, önplandaki sabit nesneleri tespitindeki verimsizliğidir. Sonuç olarak, arkaplan çıkarımı nesneleri tespit etmek için, kare farklılaştırma ise hareket tespit etmek için kullanılır (Şekil 2.65).



Şekil 2.65. Arkaplan çıkarımı ve segmantasyonu

Bu algoritmanın ilk aşaması, anlık arkaplan ile anlık kare arasındaki farktan yeni bir imge (arkaplan çıkarımı) oluşturmasıdır. Arkaplan çıkarım görüntüsü siyah–beyaz görüntü formatındadır. Segmantasyona girmesi için ikili resme dönüştürülmesi gerekmektedir. Siyah–beyaz (255 değer) görüntüyü, ikili (2 değer) görüntüye dönüştürme, bir eşiğin müdahalesi ile olur. Bu eşik değerinden küçük olan tüm piksel değerleri arkaplan sahnesi olarak görünür. Böylece bozulma barındıran birçok piksel elenmektedir ve çoğu zaman hareket eden nesnenin oluşturduğu gölgeninde yakın değerdeki bir kısmınıda elemektedir. Nesnelerin gölgesi çoğu zaman piksellerdeki renkleri değiştirmemekte olduğundan arkaplan çıkarımında küçük değerlere sahiptir.

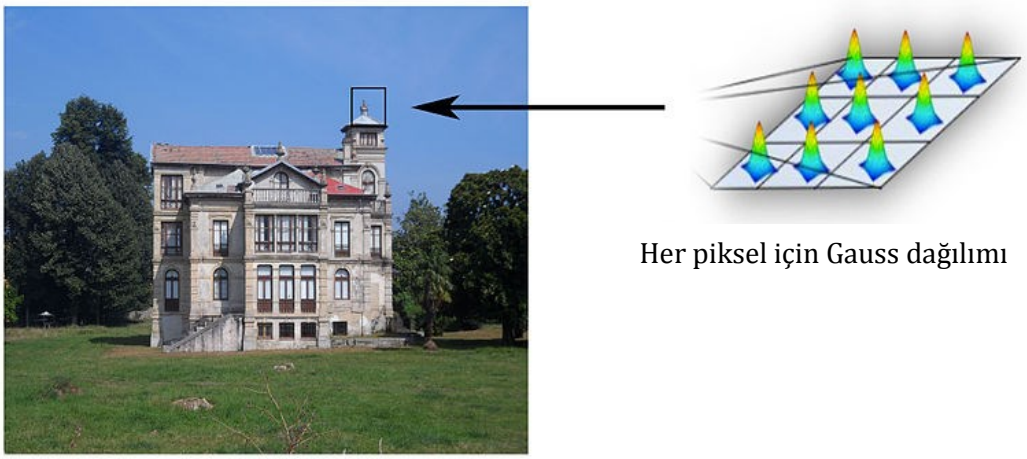
Eşik değeri sahnenin arkaplanındaki pikseller gibi tüm hatalı pikselleri eleyememektedir. Bu algoritmanın ikinci aşaması; ikili resimden yani segmantasyon yapılmış olan bir görüntüden fiziksel açılım yapmasıdır. Fiziksel açılımın önemi, imgede gürültü (bozulma) oluşturan küçük nesneleri ortadan kaldırabilmesidir. Fiziksel açılım, birbirine benzer iki temel (aşınma ve genişleme) bileşenden oluşur. Görünürde, aşınma (erosion) ve ardından genleşme (dilatation) işlemlerini yapmak aynı yapının elemanları gibi görünmektedir ama bu durumlar için geçerli değildir. Aşınma işleminde bazı

küçük nesneler silinebilir ama eğer genleşme işlemi yapılmazsa silinen nesneler tekrardan görünebilmektedir böylece fiziksel açılımın ikili imgedeki sonuçları orijinal görüntüdeki ile aynı olmamaktadır.

Arkaplan çıkarımı, önplan nesnelerine tekabül eden lekeli (blob) imgeler oluşturur.

2.8.9.7. Gauss karışım modeli

Videodaki her pikselin yoğunluk değeri Gauss karışım modeli kullanılarak varsayılır. Basit sezgisel olarak büyük olasılıklı arkaplan belirlenir. Sonra bunlar ile eşleşmeyen pikseller ön plan pikselleri olarak adlandırılır. Önplan pikselleri 2 boyutlu bağlantılı bileşen analizi kullanılarak boyutlandırılır (Şekil 2.65).



Şekil 2.66. Her pikselin yoğunluk değeri varsayımı için Gauss dağılımı

Bir sınıfa ait örneklerin yoğunluk dagılımı Gauss işlevi şeklinde olmasa da, bunların dogrusal bir karışımı seklinde gösterilebilmektedir. Yani, sınıfın örnek dağılımını modellemek için Gauss karışım modeli kullanılabilir. Bu modelle, herhangi bir şekle sahip yoğunluğun düzgünlestirilmiş bir yaklaşımı elde edilir. Modeldeki bileşen sayısı arttırılarak, istenilen hassasiyette örneklerin dağılımının modellenmesi mümkündür (Eskidere ve Ertaş, 2007).

Bir Gauss karışım yoğunluğu, *M* bileşenli yoğunlukların ağırlıklı toplamı olup formül 2.18'deki gibi ifade edilir.

$$\boldsymbol{p}\left(\frac{\boldsymbol{x}}{\boldsymbol{\lambda}}\right) = \sum_{\mathrm{i}=1}^{\boldsymbol{M}} \boldsymbol{p_i}\, \boldsymbol{b_i}(\boldsymbol{x}) \tag{2.18}$$

Burada *x*, *D* boyutlu rastgele değişken bir vektör, $b_i(x)$, bileşen yoğunlukları *(i=1,……,M)* ve p_i ise karışım ağırlıklarıdır. Her bir bileşen için *D* boyutlu Gauss fonksiyonu formül 2.19'da görülmektedir.

$$\boldsymbol{b_i}(\boldsymbol{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{D/2}|\boldsymbol{C_i}|^{1/2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\boldsymbol{x}-\boldsymbol{m})'\boldsymbol{C_i^{-1}}(\boldsymbol{x}-\boldsymbol{m_i})\right\} \tag{2.19}$$

Burada m_i, ortalama değer vektörü ve C_i ise ortak değişinti matrisidir. Olasılık yoğunluk fonksiyonunun bir gereği olarak karışım ağırlıkları formül 2.20'de verilen şekilde sınıflandırılmıştır.

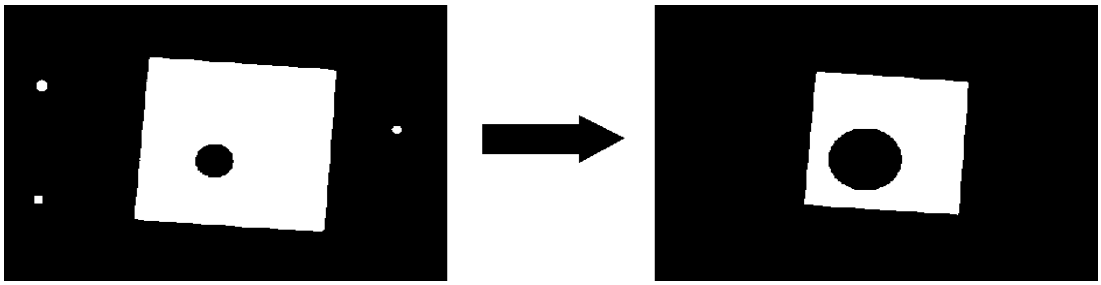
$$\sum_{\mathrm{i}=1}^{\boldsymbol{M}} \boldsymbol{p_i} = \mathbf{1} \tag{2.20}$$

Bir Gauss karışım yoğunluğu, her bileşenin ortalama vektörü, ortak değişinti matrisi ve karışım ağırlık değerleri ile formül 2.21'deki gibi kısaca ifade edilmektedir.

$$\boldsymbol{\lambda} = \{\boldsymbol{p_i}, \boldsymbol{m_i}, \boldsymbol{C_i}\} \qquad \mathrm{İ} = \mathbf{1}, \ldots., \boldsymbol{M} \tag{2.21}$$

2.8.9.8. Aşınma (Erosion)

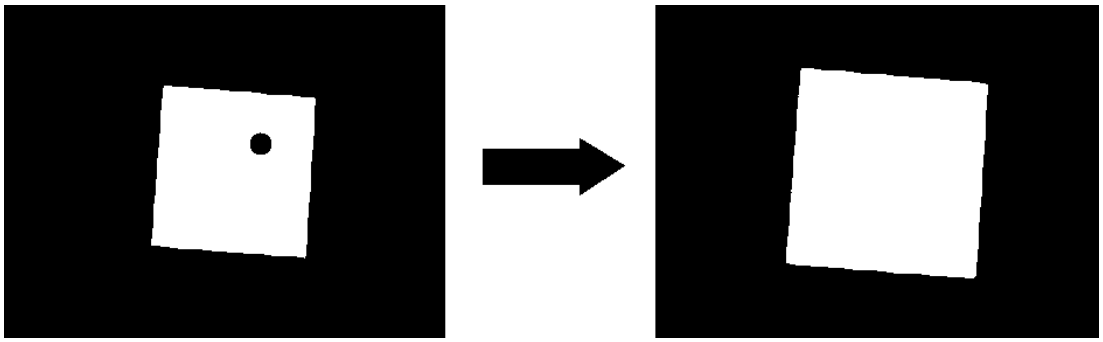
Kullanılan ilk fiziksel operasyon aşındırmadır. Bu temel işlem operasyonun birincil özelliği farklı ön plan bölgelerinin sınırlarını küçültmesidir. Böylece bu önplan nesneleri daha küçülürken nesne içindeki delikler büyümektedir (Şekil 2.67).



Şekil 2.67. İkili görüntüye aşındırma fiziksel operasyonu uygulanması

2.8.9.9. Genleşme (Dilatation)

Aşındırma operasyonu gibi genleşme, ikinci temel operasyondur ve bu operasyonun birincil özelliği, farklı önplan bölgelerinin sınırlarını genişletmesidir. Böylece bu önplan nesneleri büyürken, nesnedeki delikler küçülmektedir (Şekil 2.68).

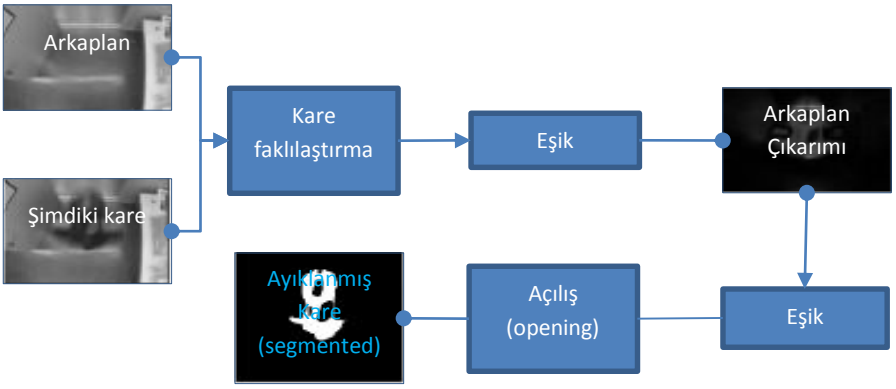


Şekil 2.68. İkili görüntüye genleşme fiziksel operasyonu uygulanması

2.8.9.10. Açılış (Opening)

Açılış (opening) operasyonu, iki temel operasyon olan aşındırma ve genleşme operasyonlarının birleşimidir. Aşındırmanın genleşmesidir. Birincil özelliği ise küçük nesnelerin oluşturduğu bozulmaları yok etmesidir. Açılış operasyonu, küçük tabakalarla birbirine bağlı olan lekeleri (blob) birbirinden ayırmaktadır.

Şekil 2.69'da segmantasyon işlem aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 2.69. Segmantasyon işlem aşamaları

2.8.9.11. Nesne takibi

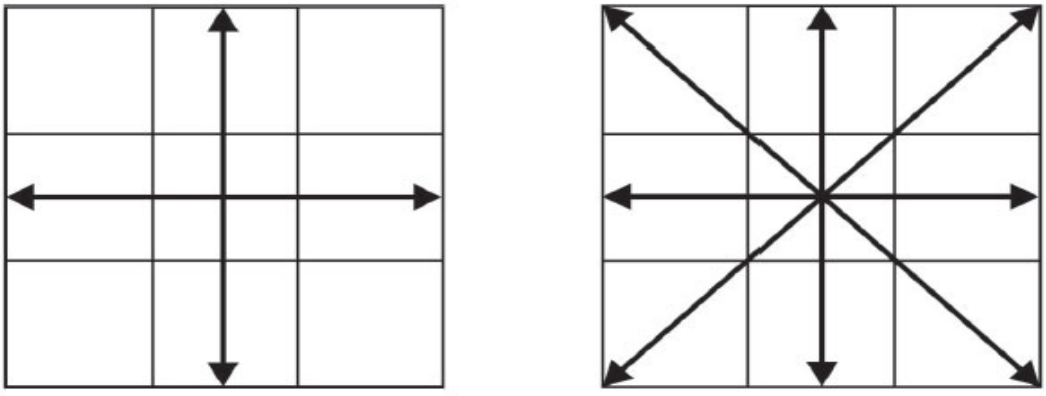
Gerçek zamanlı nesne takibi farklı bilgisayar görsel uygulamaları için zor bir görevdir (Kettnaker ve Zabih, 1999; Collins vd., 2001; Greiffenhagen vd.,2001). Nesne takibi videodan oluşturulmuş kare dizilerinde hareket eden nesnelerin yörüngesinin tahmininden oluşmaktadır. Bilgisayarlı nesne takibi otomasyonu zor bir iştir. Çoklu parametrelerin dinamikleri temsil edilen özellikleri değiştirir ve nesnelerin hareketlerinin oluşturduğu geçici veya tam tıkanma durumlarının düşünülmesi gerekmektedir. (Hanna, 2001).

Nesne takibi birtakım durumlar yüzünden karmaşıklaşabilir (Yılmaz vd., 2006).

- 3 boyutlu dünyadan 2 boyutlu imgeye alınan izdüşümün sebep olduğu bilgi kaybı
- İmgedeki bozulmalar
- Karmaşık nesne hareketleri
- Rijit olmayan eklemli doğa nesneleri (Richard vd., 2004)
- Kısmi ve tam nesne sıkışıklıkları, karmaşık nesne şekilleri
- Sahne yansıması değişimi
- Gerçek zamanlı işleme gereksinimleri
- Yansımadaki değişimler
- Hareketli nesnelerin gölgeleri

- Kare kare takip edilen nesnelerin çokluğu
- Davranışların, hareketlerin ve yörüngelerin tahmini

Görüntü işlemede segmantasyon işlemi biter bitmez, ikili imgede bir diğer görüntü işleme başlatılmalıdır. Aslında, nesneleri takip etmek amacıyla ilk adım sahnedeki tüm nesnelerin özelliklerinin hesaplanıp tanımlanmasıdır. Bu süreç Blob Analizi olarak tanımlanmaktadır. Blob Analizi, imgede farklı bölgelerde birbirine bağlı pikselleri tanımlama çalışmasıdır. Bu algortima pikselleri değerlerine göre iki kategoride sınıflandırır: Ön plan (sıfır olmayan değer) ve arkaplan (sıfır değerli pikseller). Blob analizi ikili imgenin analizinden oluşmaktadır. Tüm blobları bulup, her bir tanesi için istatistikleri hesaplayıp vermektedir. Genellikle bloblar, çevre, lokasyon ve şekil olarak hesaplanır. Bu aşamada, blobları özelliklerine göre filtrelemek mümkün olmaktadır. Eğer asgari alanı olan bloblar aranıyor ise, bu sınırlara uymayan bazı bloblar bu algoritma ile elenebilir (blobları sınırlandırarak düşük hesaplamalara izin vermektedir). Uygulamaya bağlı olarak blob analizinde iki farklı bağlantı yolu tanımlanabilir. Bunlar; yatay ve dikey doğrultuda uzanan bitişik piksellerden ve diagonal doğrultudaki piksellerden oluşmaktadır (Şekil 2.70).



Dört bağlantılı kafes

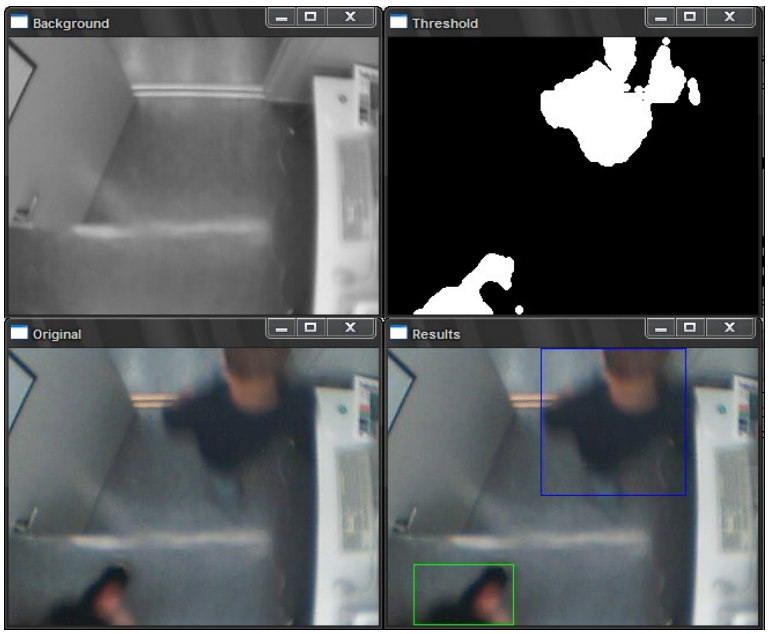
Sekiz bağlantılı kafes

Şekil 2.70. Bitişik pikseller için iki bağlantı kuralı

Temas halindeki piksellerin kuralının ayarlanması önem arzetmektedir aksi takdirde blob analizi sonuçları farklı olabilmektedir.

Blob analizinin performansı tamamiyle segmantasyonun kalitesiyle doğru orantılı olmaktadır. Kötü bir segmantasyon durumunda blob analizi, görüntüdeki bozulmalar ve yansıma durumları yüzünden birtakım alakasız birleşmeleri tespit edebilmektedir.

Görüntüde takip kutuları oluşturulduğunda, takip algoritması her bir takibi hafızasında tutma amacıyla numaralar vererek tanımlandırır. Buna etiketlendirme işlemi denilmektedir. Fakat bir dizi karedeki her blobun etiketinin tutulması için algoritmanın her blobun özelliğinin kaydını tutması gerekmektedir. Bunun yapabilmesi için en basit yol ise, her blob için boyutların merkezin ve çevre kutularını (bounding box) hafızaya aldıktan sonra anlık karede en iyi eşleşen blobun bulunması ile mümkün olmaktadır. Bazı birleşen bloblarda iyi bir eşleşme mümkün olmamaktadır. Bu durumun tespiti hâlinde algoritma, oluşturulmuş yeni birleşmiş blobu belirlemek zorundadır. Algoritma, sahnedeki blobların bilgilerini kaybetmemektedir. Bu bilgiler sayım işlemi için temel teşkil etmektedir (Şekil 2.71).



Şekil 2.71. Blob analizi ile takip işlemi yapılması (Lefloch, 2007)

2.8.9.11.1. Nesne takibi için Kalman filtresi kullanılması

Kalman filtresi her ne kadar filtre olarak geçse de bir filtre değil tahmin edicidir. Nesne takibi için tasarlanmıştır. Fiziksel objelerin gelecekteki durumlarının tahmin edilmesinde, tespit edilen alandaki bozulmaların (nosie) azaltılmasında veya çoklu fiziksel objelerin uyumlu izlerinin bağdaştırılmasında kullanılır. Kalman filtresi her fiziksel objenin çoklu nesne takibi için yapılandırılabilir. Kalman filtresinin kullanılması için nesnenin hareketi sabit hızda veya sabit ivmede olmalıdır.

Kalman filtre uygulaması iki adımdan oluşmaktadır. Tahmin ve doğrulama. Doğrulama aynı zamanda adım güncelleme olarak bilinmektedir. Tahmin adımı, önceki konumu kullanarak sonraki adımı tahmin etmektedir. Doğrulama adımı ise, bulunulan yeri doğrulamak için nesne lokasyonu gibi anlık ölçülendirmeyi kullanmaktadır. Kalman filtresi lineer durum -uzay sistemde soyut zaman uygular.

Kalman filtresinin, kontrol uygulamaları, navigasyon, görsel bilgisayar programlama, zaman serili ekonometri gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır.

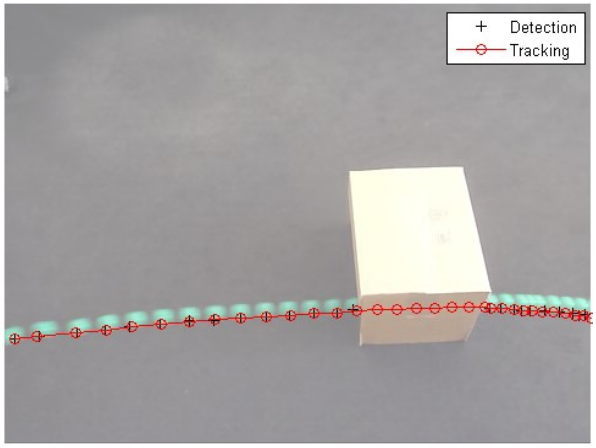
Kalman filtresinin üç önemli özelliği bulunmaktadır:

- Nesnenin gelecekteki lokasyonunu tahmin etme,
- Doğru olmayan tespitlerdeki bozulmaları azaltma,
- Çoklu nesnelerin takiplerinin kolaylaştırılması

Kalman filtresi pek çok farklı alanda sistemin durumunu, değerlerini kestirebilen (tahmin edebilen) bir yöntemdir. Matematiksel olarak doğrusal sistemlerin (lineer sistemlerin-hareket denklemleri birinci derece olan denklemler) durumlarını tahmin eder. Pratikte çok faydalı bir filtredir. Ayrıca teorik yönüde güçlüdür. Çünkü mevcut filtreler içinde kestirim hatasını (tahmini) minimize eden (gittikçe azaltan) tek filtredir. Doğrusal sistemler için optimal bir kestiricidir (tahmin edicidir). Ancak gerçek dünyada çok az sayıda doğrusal

sistem vardır. Bu problemin üstesinden gelmenin yaygın bir yaklaşımı, Kalman filtresini kullanmadan önce sistemi doğrusal hale getirmektir ve bu yaklaşım "Genişletilmiş Kalman Filtresi" olarak bilinir. Bununla birlikte, doğrusallaştırma kararsız kestirimler (kontrol edilemeyen tahminler) gibi bazı problemlerin çıkmasına da yol açabilir (Çayıroğlu, 2012).

Algoritma, gürültülü veriler üzerinde özyinelemeli gerçek zamanlı çalışarak hataları, enaz-kareler eğriye sığdırma yöntemi ile filitre eder ve sistemin fiziksel karakteristiklerinin modellenmesi ile üretilen gelecek durumun matematiksel tahminine göre optimize eder (Şekil 2.72).



Şekil 2.72. Kalman filtresi ile hareket tahmini

Model tahmini, gözlem ile karşılaştırılır. Elde edilen fark, Kalman kazancı (Kalman gain) olarak bilinen bir çarpan ile ölçeklendirilir. Daha sonra sıradaki tahminleri iyileştirmek için modele bir girdi olarak geri besleme uygulanır (feedback). Kazanç performansı iyileştirmek için ayarlanabilir yapılır. Yüksek bir kazanç ile filtre gözlemleri daha yakın olarak takip edilir. Düşük bir kazanç ile filtre model tahminlerini daha yakın olarak takip edilir. Yöntem, gerçek bilinmeyen değerlere, model tahminlerine dayanarak elde edilebilecek tahminlerden daha yakın tahminler üretmeye çalışır.

Her bir zaman adımında, Kalman Filitresi, gerçek bilinmeyen değerlerin tahminlerini belirsizlikleriyle (uncertainty) beraber üretir. Sıradaki ölçümün

sonucu gözlendiğinde, bu tahminler, belirsizliği düşük tahminlere daha fazla ağırlık vererek, ağırlıklı ortalama ile güncellenir.

2.8.9.11.2. Model oluşturma

Tüm adımlardan en önemlisi Kalman filtrenin şartlarını (Kalman filtrering conditions) probleme uygun hale getirmektir. Kalman filtrenin iki denklemi formül (2.22) ve (2.23)'te belirtilmiştir.

$$\widehat{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{k}} = \boldsymbol{K}_{\boldsymbol{k}}\boldsymbol{Z}_{\boldsymbol{k}} + (\mathbf{1} - \boldsymbol{K}_{\boldsymbol{k}})\widehat{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{k-1}} \tag{2.22}$$

$$\boldsymbol{X}_{\boldsymbol{k}} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{X}_{\boldsymbol{k-1}} + \boldsymbol{B}\boldsymbol{u}_{\boldsymbol{k}} + \boldsymbol{W}_{\boldsymbol{k-1}} \tag{2.23}$$
$$\boldsymbol{Z}_{\boldsymbol{k}} = \boldsymbol{H}\boldsymbol{X}_{\boldsymbol{k}} + \boldsymbol{V}_{\boldsymbol{k}}$$

Burada alt indis olarak kullanılan k harfi durumları/evreleri (states) gösterir. Biz onu ayrık/kesikli zaman aralıkları (discrete time intervals) olarak varsayabiliriz. Burada $\widehat{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{k}}$, x sinyalinin tahminidir. Z_k, ölçülen değerdir. K_k, Kalman kazancı ve $\widehat{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{k-1}}$ değeri ise sinyalin önceki durumdaki tahminidir.

Sinyalin her bir X_k değeri birinci denklem kullanılarak bulunur. (doğrusal-rastsal denklem). Herhangi bir X_k değeri, önceki değerinin X_{k-1} üzerine kontrol sinyali U_k ve önceki işlem gürültüsü W_{k-1} eklenerek oluşturulan lineer bir kombinasyonla bulunur. Çoğu zaman kontrol sinyali U_k pek kullanılmamaktadır.

İkinci denklem bize şunu söylemektedir. Herhangi bir ölçüm değeri Z_k, sinyalin değeri X_k ile ölçümün gürültüsünün V_k lineer bir kombinasyonundan oluşur. (doğrusal olarak birleşiminden yani birinci derece bir denklem olarak, kare ya da küp kök bir denklem halinde değil). Her ikisi de (W_{k-1},V_k) Gaussian olarak ele alınır.

İşlem/süreç gürültüsü (process noise) W_{k-1} ve ölçüm gürültüsü (measurement noise) V_k istatistiksel olarak birbirinden bağımsızdır.

A, B ve H elemanları matrislerin genel gösterimidir. Çoğu sinyal problemlerinde bunlar sadece nümerik bir değerdir (bir sayıdır). Ayrıca ek bir kolaylık olsun diye, çoğu zaman, her bir aşamada bu değerler değişebilmesine rağmen, bu değerler sabit varsayılabilir.

Eğer sistem güvenilir ise geriye sadece gürültü fonksiyonlarının W_{k-1}, V_k aritmetik ortalamasını (mean) ve stantart sapmasını (standart deviation) tahmin etmek kalır. Bilinmektedir ki gerçek dünyada hiç bir sinyal Gaussian değildir. Fakat bir miktar yaklaşık alma ile (approximation) böyle kabul edebilmektedir. Bu büyük bir problem değildir. Çünkü Kalman filtresinin doğru tahminlere doğru yakınsamaya (converge) çalıştığı görülmektedir. Hatta Gaussian gürültü parametreleri kötü bir şekilde tahmin edilmiş olsa bile bu mümkündür. Gürültü parametreleri için yapılan iyi tahminler, daha iyi tahmin sonuçları elde edilmesini sağlamaktadır.

2.8.9.11.3. Tahmin ve düzeltme işlemleri

İki ayrı denklem takımı vardır. Zaman güncelleme/tahmin (Time update/prediction) ve ölçümü güncelleme/düzeltme {measurement update/correction). Her iki denklem takımı da k. durumda (her bir zaman diliminde) işleme konulur (Çizelge 2.23).

Çizelge 2.23 Tahmin ve düzeltme denklemleri

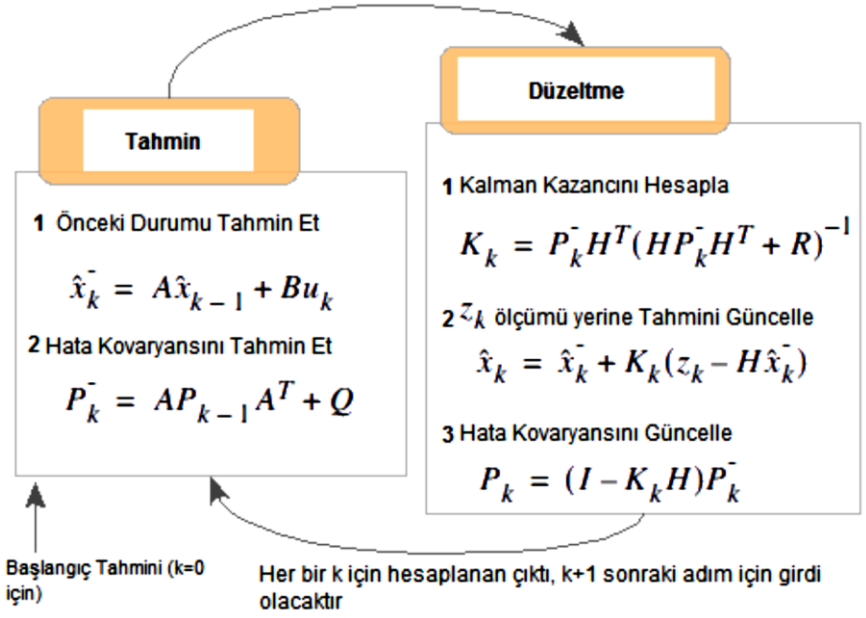
Tahmin / Zamanı Güncelleme	Düzeltme / Ölçümü Güncelleme
$\widehat{\boldsymbol{X}}_{\bar{\boldsymbol{k}}} = \boldsymbol{A}\widehat{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{k-1}} + \boldsymbol{B}_{\boldsymbol{uk}}$ $\boldsymbol{P}_{\bar{\boldsymbol{k}}} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{k-1}}\boldsymbol{A}^{\boldsymbol{T}} + \boldsymbol{Q}$	$K_k = P_{\bar{k}}H^T(HP_{\bar{k}}H^T + R)^{-1}$ $\hat{X}_{\bar{k}} = \hat{X}_{\bar{k}} + K_k(Z_k - H\hat{X}_{\bar{k}})$ $P_k = (1 - K_kH)P_{\bar{k}}$

Çizelge 2.23'teki denklemlerde ise en zor belirlenecek katsayılar R ve Q dur. R'yi bulmak daha kolaydır. Çünkü genellikle etraftaki gürültüden çoğunlukla emin olunur. Fakat Q değerini ise ortaya çıkarmak o kadar kolay olamamaktadır.

2.8.9.11.4. İterasyon (döngüsel hesaplamalar)

İhtiyaç olunan tüm bilgileri topladıktan sonra işleme başlanır. Önceki tahminler mevcut durum için girdi olacaktır. Yani her önceki tahmin bir sonraki hesaplamanın girdisi olacaktır.

Burada $\widehat{\boldsymbol{X}}_{\bar{\boldsymbol{k}}}$ önceki tahmindir. Yani ölçümü düzeltme güncellemesi yapılmadan önceki ham tahmindir. Aynı zamanda $\widehat{\boldsymbol{P}}_{\bar{\boldsymbol{k}}}$' da önceki hata kovaryansıdır (hatanın ortak değişme miktarı). Bu iki değeri bir sonraki aşama olan Ölçümleri Güncelleme/Düzeltme aşamasında "önceki" (prior) değerler olarak kullanılır. Yani bir sonraki aşamaya girdi olarak verilmektedir (Şekil 2.73).



Şekil 2.73. Döngüsel hesaplamalar

Ölçüm güncelleme aşamasındaki denklemlerde gerçek $\widehat{\boldsymbol{X}}_{\boldsymbol{k}}$ değeri bulunur. Bu değer x'in k anındaki değeridir. Yani esas bulmak istenilen değerdir. Aynı zamanda P_k değeri de bulunur. Bu iki değeri bir sonraki gelecek (k+1) aşaması için hesaplanır. K_k Kalman kazancı bir sonraki aşama için gerekli olduğundan hesaplanmamaktadır. Bu değer gizli olmakla birlikte, bu denklemlerin en önemli parçasıdır.

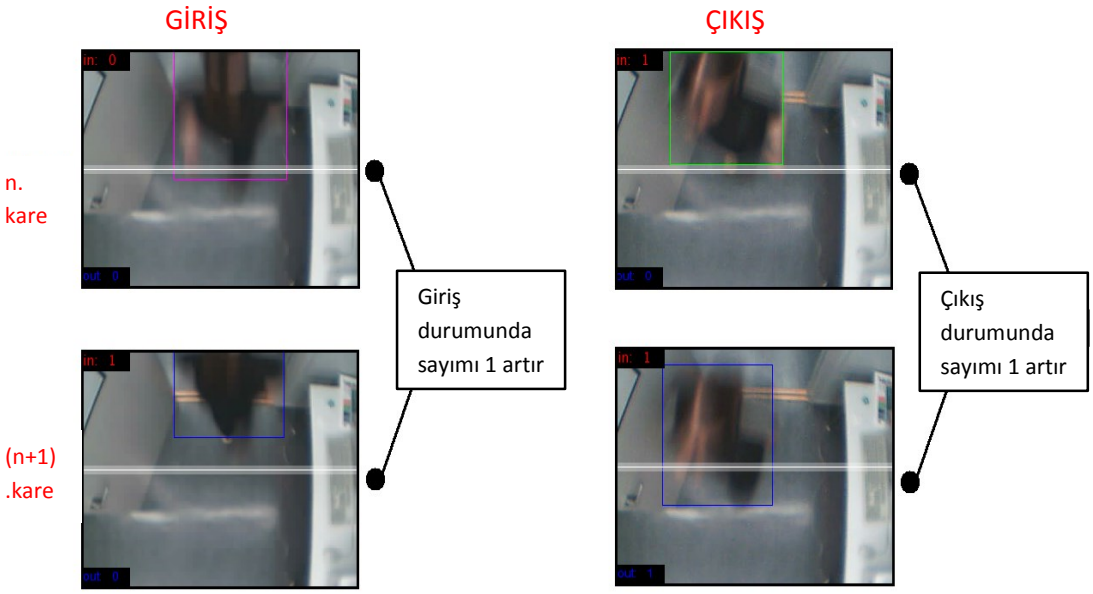
Bu ikinci aşamadaki (ölçüm güncelleme aşaması) değerler “sonraki” (posterior) değerlerdir.

2.8.9.12. Sayım (Counting)

Sayım sürecini, sanal bir hat üzerinden geçen blobların yönünün belirlenmesi oluşturmaktadır. Tepe kamerası kullanıldığı durumlarda bu süreci gerçekleştirmek için iki yol bulunmaktadır.

Bunlardan ilki, giriş ve çıkışları temsil eden iki sanal hat kullanmaktır. Eğer bir blob bu sanal çizgilerden birtanesini düzgün bir doğrultuda geçerse algoritma uygun sayıcıyı artırmaktadır. Eğer bahsi geçen blob, birleşik bir blob ise algoritma bunun kaç blobtan oluştuğuna bakmaktadır ve aynı sayımı o doğrultuda artırmaktadır. Çünkü algoritma her blobun özelliklerini hafızasında tutmaktadır ve böylece hareketin yönünü anlamaktadır.

İkinci yöntem ise sadece giriş ve çıkış alanlarını ayıran bir sanal hat kullanarak gerçekleştirebilir. Çoğu çalışmada bu basit yöntem tercih edilmektedir. Kişileri saymak için, algoritma sadece iki ardışık kare arasındaki her kutunun (bounding box) alt bölümünün pozisyonuna bakmaktadır. Şekil 2.74’teki kare T’de parça sanal hattın altında kalırsa ve sonraki karede aynı parça yukarıda olmaktaysa, o zaman algoritma giriş kısmının sayacını bir artırır. Bounding box’ın alt parçasını kullanmak çıkış sayımı yapmak için büyük öenm arz etmektedir yoksa algoritma sayımda, daha kişi çıkmadan birkaç kez girdi yaparak hata yapabilir. Kişinin sadece giriş alanında tur attığı durumlarda bu hatayı yapabilir. Sayım için diğer bir yol ise, bir sanal hat kullanarak her blob’un merkezinin durumuna bakılmasıdır (Lefloch, 2007).



Şekil 2.74. Sanal bir hat üzerinde yapılan sayım örneği (Lefloch, 2007)

(Thou-Ho vd., 2006) bir kapı veya koridordan geçen iki yönlü sayım sistemi önermiştir. Bu sistemin karşılaşabileceği sorunların analizini yapmıştır. Genelde insanların birarada yürümesinden kaynaklanan sayım sorunlarını, blob'ların birleşme ve ayrılma tiplerini sınıflandırarak, kaç kişiden oluşabileceği yönünde bir aralık tayin etmiştir. Görüntü işleme süreçlerinin detaylı algortimasını çıkarmıştır. Genelde kullanılan tek sanal hattın dışında çift hat kullanarak bir gözetim alanı oluşturmuştur. Bu hatlar arasında bounding box'ların alt kısımlarının hat ile temas durumlarına göre sayım işlemini gerçekleştirmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından 14 Mayıs 2002 tarih ve 24755 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Havaalanı Yapım, İşletim ve Sertifikalandırma Yönetmeliği" gereğince havalimanlarının ICAO ve ECAC tarafından zorunlu kılınan işletme ruhsatı alabilmesi için "havaalanı gelişim ve master planı" sahipliği koşulu getirilmektedir. IATA'nın tanımladığı master plan şeması Şekil 3.1' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.1. IATA tarafından tanımlanmış master planı (IATA, 2004)

IATA'nın master plan tanımında belirtildiği gibi bir havalimanının tesislerinin incelenebilmesi için mevcut durum analizinin yapılması gerekmektedir.

Çalşımada, belirlenen havalimanı terminal binaları incelenmiş olup, terminal binası içindeki birimlerin fonksiyonu belirlenmiş ve terminalde yolcuların işlem süreleri ve mekânlar arası hareketleri tespit edilmiştir.

Yolcuların terminal içinde dolaşım hâlinde olduğu yerlerde anlık sayımlar yapılmış ve yolcuların izledikleri güzergâhlar analiz edilmiştir. Yolcuların yürüme hızları ile işlemde kalma sürelerinin tespiti yapılmıştır. Yapılan uygulamalar sayesinde terminal içi anlık yoğunluğu veya birimlerinin yoğunluk durumunun tespiti yapılabilmektedir.

Geliştirilen programın analiz kapsamı, terminal girişinden başlayarak, uçuş kapısında yolcuların terminali terketmesine kadar olan tüm bölümleri kapsayabilmektedir.

Geçiş süresi, yürüme hızları, güzergâh tespiti ve sayım yapabilmekte olan program ile anlık hizmet düzeyleri tespit edilebilmektedir. Aynı şekilde pik saatlerde, terminal içerisindeki bu durumların tespiti yapılabilmektedir. Böylece istenilen hizmet düzeyleri için gerekli olan stratejiler belirlenebilmektedir.

3.1. Materyal

Çalışmamızda, ölçekleri birbirinden farklı 2 havalimanı büyüklüklerine ve mimari yapılarının farklılıklarına göre seçilmiştir. Seçilen halimanlarında gerçekleştirilen uygulamalar DHMİ'den izin alınarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada her havalimanı için, mekândaki yolcu işlem süreleri ve yolcu aksları tespit edilmiştir. Bu incelemeler havalimanlarında yapılan video çekimleri ile gerçekleştirilmiştir.

Yolcuların sayımları, mekânda geçirdikleri süreler ve hareket aksları, video kayıtlarının analizi ile ölçülmüştür. Bu işlemlerin sonuçlarının elde edilmesi, görüntü işleme algoritması kurularak MATLAB programında gerçekleştirilmiştir.

3.2. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı

1997 yılında hizmete giren Isparta Süleyman Demirel Havalimanı (ICAO Kodu: LTFC, IATA: ISE) Isparta, Burdur il merkezleri ile Keçiborlu, Dinar ilçe merkezlerinin ortasında, 37°51`54"N, 30°22`55"E koordinatlarında bulunmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Süleyman Demirel Havalimanı uydu görüntüsü

Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nın toplam 6000 m^2'lik iç ve dış hat ortak kullanımlı 1.500.000 yolcu/yıl kapasiteli terminali bulunmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası

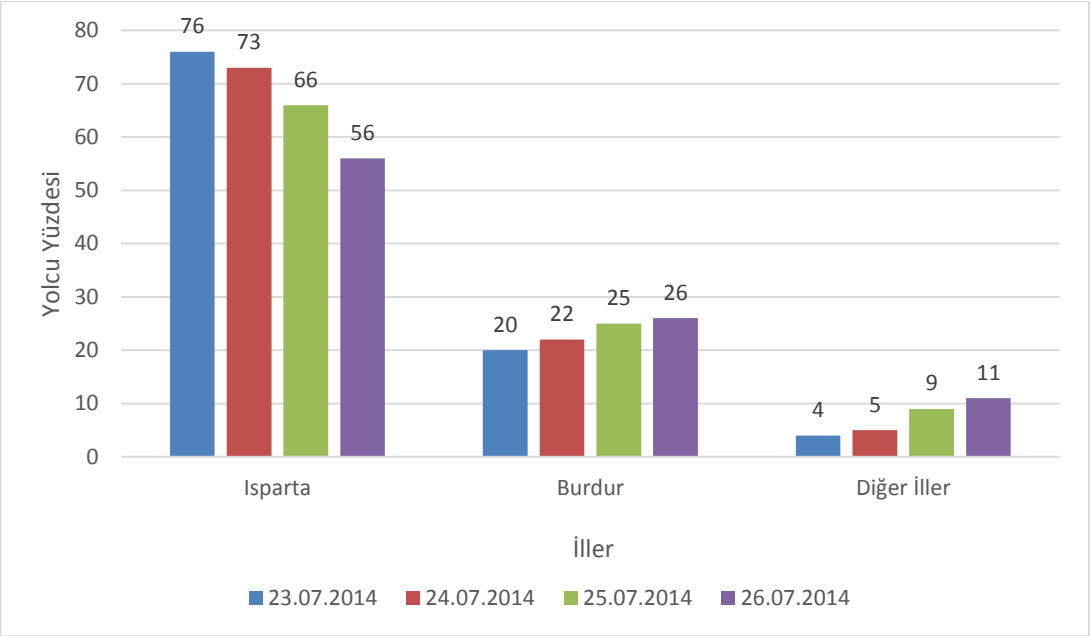
Terminal binası küçük ölçekli havalimanlarında olduğu gibi tek bir yapıdan oluşmaktadır. Gelen ve giden yolcu salonları, bagaj ayrım holü, giden yolcu bekleme salonu, yeme içme mekânları, bilet satış noktaları zemin katta bulunur. Önümüzdeki yıllarda Kara Havacılık Okulu'nun Isparta'ya taşınması ve havalimanının askeri ve sivil ortak kullanımı planlanmaktadır. Türkiye'nin üçüncü büyük uçak bakım hangarının da devreye girmesiyle pek çok uçağın bakımını bu hangarda yapılmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Süleyman Demirel Havalimanı uçak temizlik ve bakım hangarı

3.2.1. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yerel etki alanı

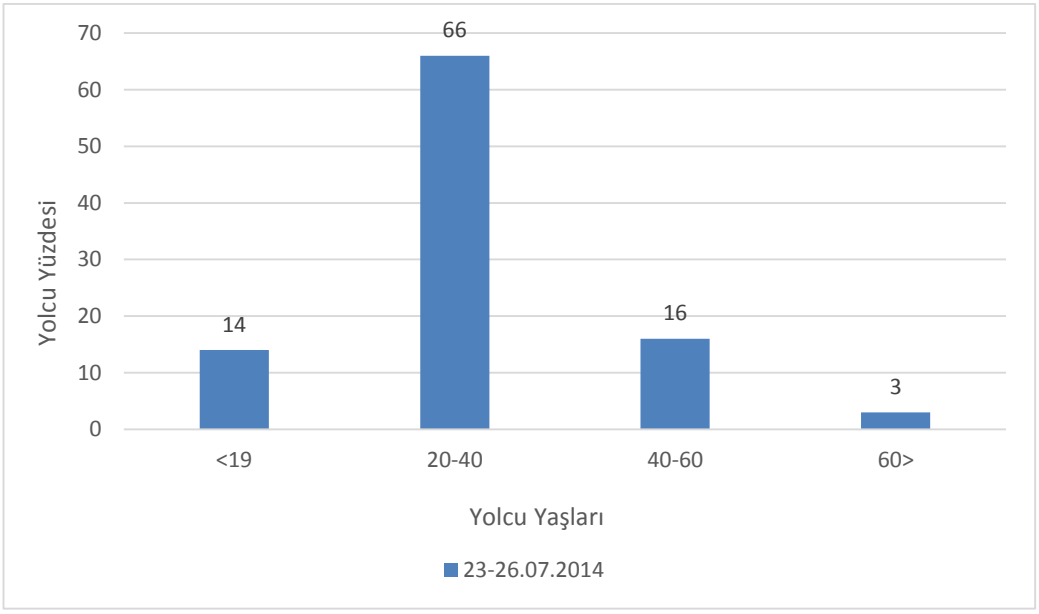
Süleyman Demirel Havalimanının yerel konumundan ötürü, yolcularının büyük çoğunluğunu Isparta ve Burdur'da ikamet eden insanlar oluşturmaktadır. Yolcular genellikle seyahatlerini İstanbul'a gerçekleştirmektedir. İstanbul'u Ankara ve İzmir seyahatlari takip etmektedir. 23.07.2014 ile 26.07.2014 tarihleri arasında 154 yolcu ile yapılan kısa anketler neticesinde (gelen yolcular ile bagaj alım salonunda, giden yolcular ile bekleme alanı ve arındırılmış salonda görüşülmüştür) havalimanını kullanan yolcuların yerleşim yeri profili çıkarılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Süleyman Demirel Havalimanı yolcu orjini (Temmuz, 2014)

3.2.2. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yolcu profili

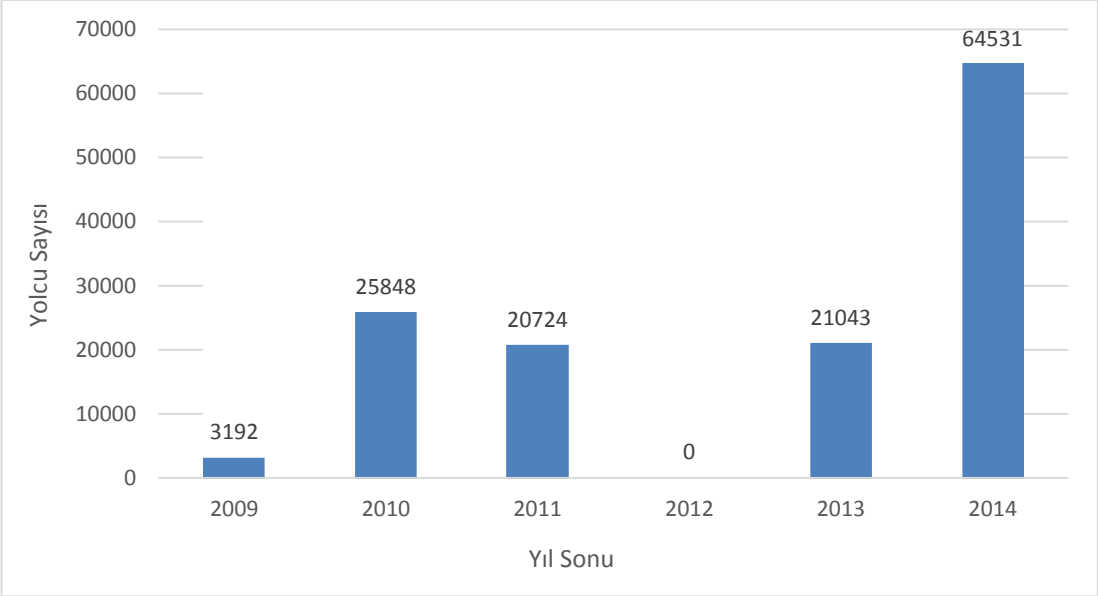
Süleyman Demirel Havalimanı'nı kullanan yolcuların yaklaşık %80'ini erkek yolcular oluşturmaktadır. Havalimanını kullanan yaş grupları dağılımı incelendiğinde 20-40 yaş grubunun çoğunluğu oluşturduğu görülmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Süleyman Demirel Havalimanı yolcu profili (Temmuz, 2014)

3.2.3. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı uçuş bilgileri

Süleyman Demirel Havalimanı uçuş bilgileri, son 5 yıldaki yolcu trafiği incelendiğinde iç hat yolcu sayısında düzensizlik olduğu görülmektedir (Şekil 3.7). Süleyman Demirel Havalimanı genellikle günde 1-2 uçuş ile hizmet veren bir havalimanıdır. Özellikle İran uçuşları eklendiğinde, bu sayı 5-6'ya çıkabilmektedir. 2014 yılı itibari ile haftada 4 gün iç hat ve haftada 4 gün dış hat seferleri yapılmakta ve yaz aylarında sefer sayıları iç hat ve dış hat için haftanın her gününde yapılmaktadır.



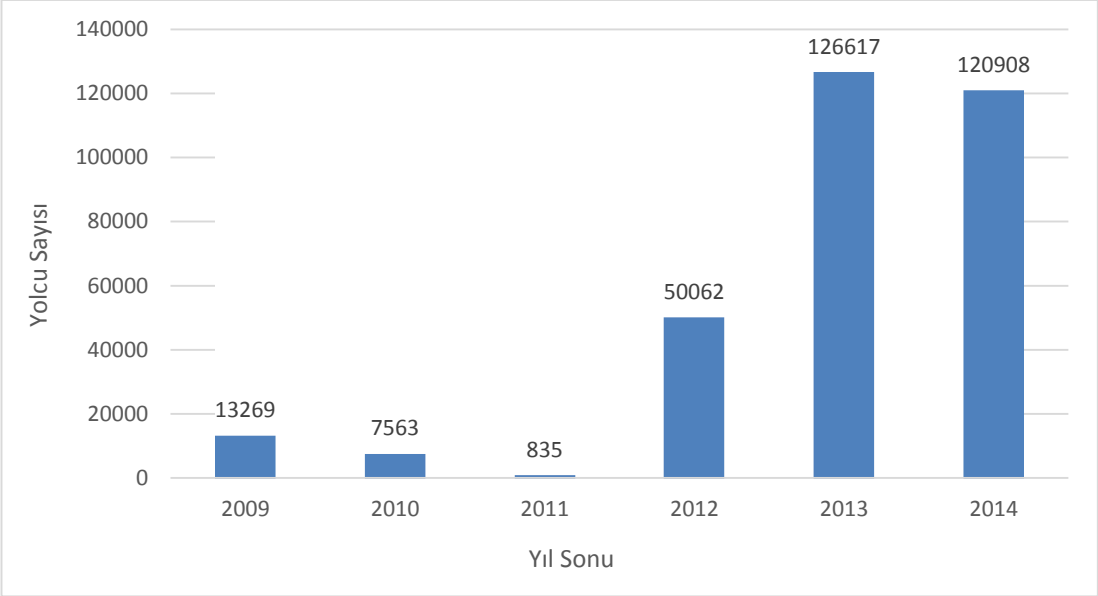
Şekil 3.7. Süleyman Demirel Havalimanı iç hat yolcu sayısı (DHMİ, 2014)

Uçaklardaki yolcu sayıları 90-150 aralığında olmaktadır. Nisan-Ağustos ayları arasında uçaklar genellikle 90%-95% doluluk oranı ile uçmaktadır. Yılsonu genel ortalama dikkate alındığında bu oran 80% civarında olmaktadır. 2014 yılı iç hat yolcu sayıları dikkate alındığında bir önceki yıla göre yolcu sayısında 207% oranında bir artış gerçekleşmiştir.

İstanbul Atatürk Havalimanı'ndan Isparta'ya 29 Kasım 2007 günü saat 23:20' de havalanması gerekirken, Priştine seferinden geç dönmesi nedeniyle 30 Kasım'da saat 00:51' de toplam 50 yolcu ve 7 mürettebat ile İstanbul'dan kalkış yapan KK4203 sefer sayılı uçak, saat 01:36'da Süleyman Demirel Havalimanı'na inişe

geçtiği sırada Isparta'ya 18 km mesafede Keçiborlu'da düşmüştür. Özel havayolu şirketi başkanı kazadan kimsenin sağ kurtulamadığını açıklamıştır. Bu elim kaza Isparta uçuşlarının güvenirliliği konusunda yolcuları tedirgin etmiş, 2008 yılı iç hat uçuşları yapılamamıştır. 2012 yılı iç hat seferleri ise özel havayolu firmalarının şirket politikaları hasebiyle iç hat seferleri iptal edilmiştir.

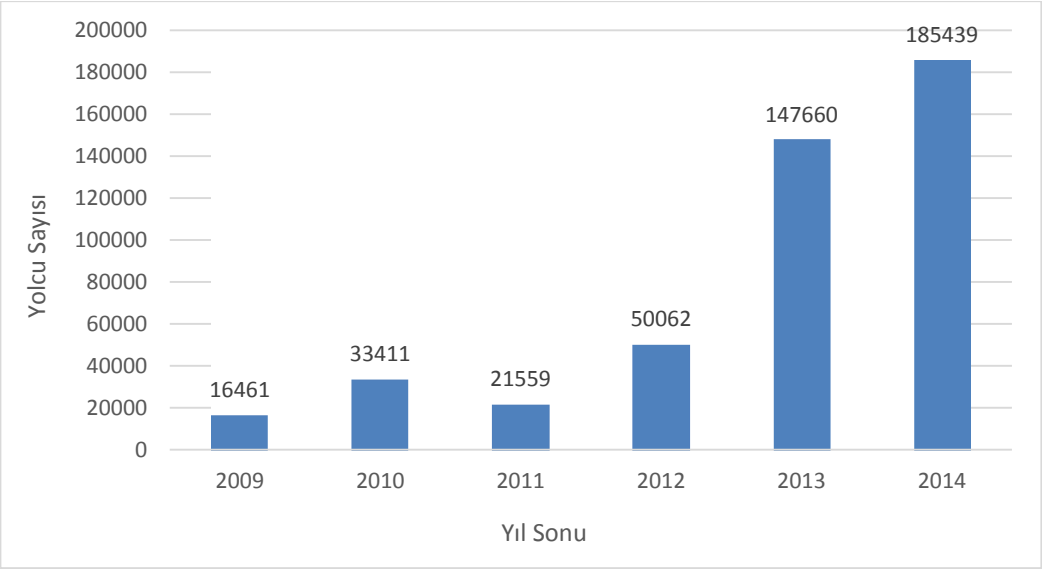
İran'a direkt uçuşların açılmasıyla dış hat uçuşları son üç yılda yükselme ivmesini yakalamıştır. (Şekil 3.8), Süleyman Demirel Havalimanı'nın dış hat uçuşları yolcu grafiğini göstermektedir.



Şekil 3.8. Süleyman Demirel Havalimanı dış hat yolcu sayısı (DHMİ, 2014)

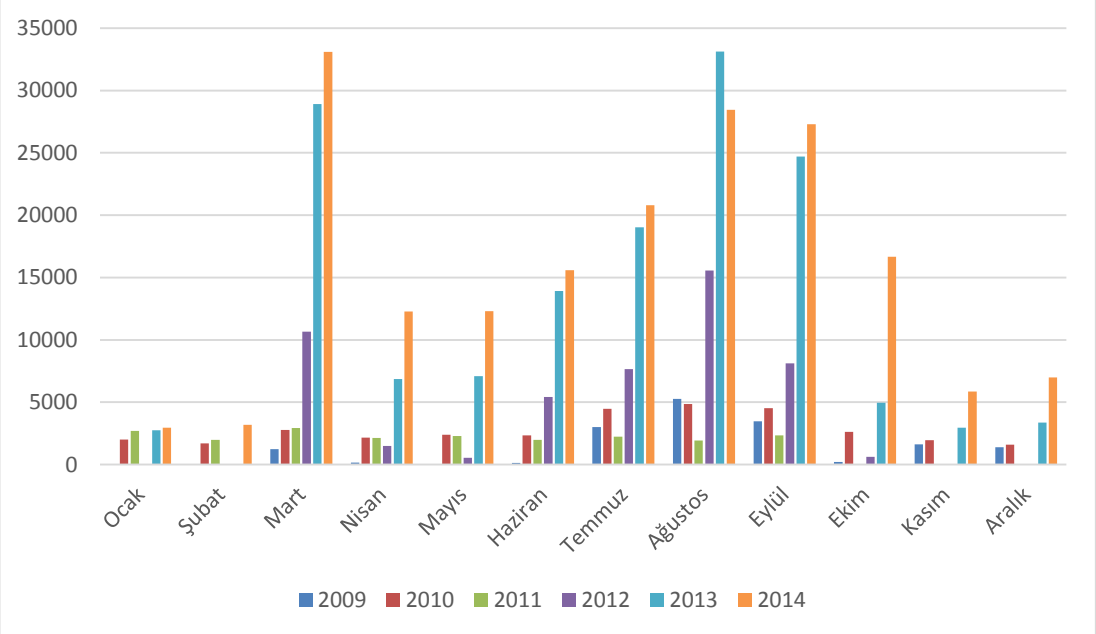
2014 yılı dış hat yolcu sayıları dikkate alındığında, iç hatlardaki büyüme oranına rağmen, dış hatlardaki yolcu sayısında bir önceki yıla göre 5% oranında düşüş yaşandığı görülmektedir.

Süleyman Demirel Havalimanı 2014 yılsonu toplam yolcu sayısı verilerine göre hizmete girdiği 1997 yılından beri en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu verilere göre Süleyman Demirel Havalimanı'nın kapasiteye oranla, düşük seviyelerde bir işletme hacmiyle hizmet verdiği anlaşılmaktadır (Şekil 3.9). Havalimanı kendi kapasitesinin 10%-13%'ünü kullanmaktadır.



Şekil 3.9. Süleyman Demirel Havalimanı iç ve dış hat toplam yolcu sayısı (DHMİ, 2014)

Yıllara ve aylara göre 2013 ve 2014 yılları, toplam yolcu sayılarının en fazla yoğunlukta olduğu yıllardır. 2013 yılı için Mart-Eylül ayları en yoğun aylar iken 2014 yılında bu aralık bir ay daha uzayarak, 8 ay gibi uzun bir periyoda yayılmıştır. 2014 yılı göz önüne alındığında en fazla yoğunluğun Mart ayında yaşandığı görülmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Süleyman Demirel Havalimanı ay yoğunlukları (DHMİ, 2014)

3.2.4. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafiği

Süleyman Demirel Havalimanı yer hizmetleri yetkililerinden ve DHMi istatistik yıllıklarından edinilen bilgilere göre, pik gün ve pik saat yolcu trafiğini gösteren Çizelge 3.1 oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1. Süleyman Demirel Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafiği (DHMİ İstatistik Yıllığı 2013, 2014)

Trafik	Yıl	Gün	Saat	Yolcu Sayısı		
				Gelen	Giden	Toplam
Pik Gün	2013	06.09	-	1136	995	2131
	2014		-			
Pik Saat	2013	15.08	22:05-23:05	297	354	651
	2014	24.07-25.07	23.30-00.30	288	298	562

Pik gün yolcu trafiği: Havalimanlanında gerçekleşen günlük trafiklere göre belirlenen pik günün ticari uçak trafiğinin yolcusudur.

Pik saat yolcu trafiği: Yıl içindeki 24 saatlik dilime göre belirlenen pik saatin ticari uçak trafiğinin yolcusudur.

Pik saat yolcu trafikleri, pik gündeki pik saatin ticari uçak trafiğinin yolcusu olup, pik gün veya saatte yolcusu belirtilmeyen durumlarda ise ticari uçak trafiği gerçekleşmemiştir.

3.2.5. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı Terminali

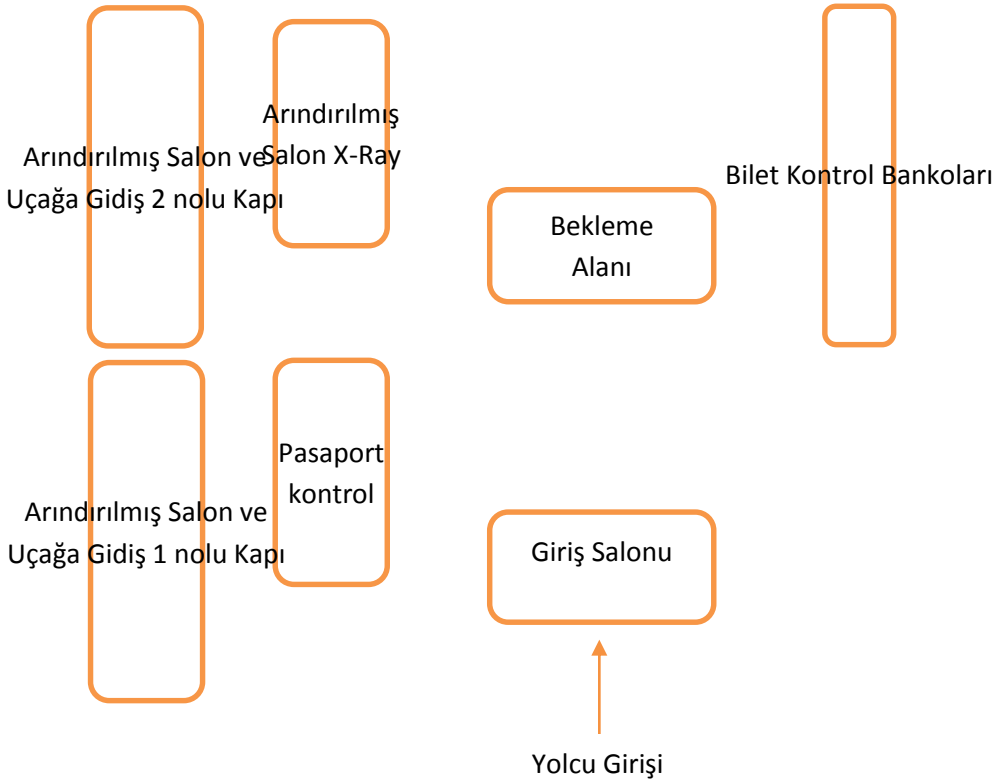
Süleyman Demirel Havalimanı Terminali şehir merkezine 30 km uzaklıkta olup Isparta Organize Sanayi bölgesi ile Burdur yol ayrımında yer almaktadır. Havalimanına ulaşım yolcuların özel araçları, havayolu firmaları servisleri ve belediye otobüsleri tarafından sağlanmaktadır. Havalimanının şehre olan mesafesi ve ulaşımın belirli hatlar dâhilinde yapılmaması yaya ulaşımını neredeyse imkânsız duruma getirmiştir.

Terminal binası sistemi, belirli bir terminal yapı sistemine tam uymamaktadır. Doğrusal yapı sisteminde görünen terminal binası, yolcu dolaşımlarındaki aksamalar sebebiyle bu sisteme uyum sağlayamamaktadır. Terminal binası genel mekân özellikleri Çizelge 3.2'deki gibidir.

Çizelge 3.2. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası genel özellikleri

Yolcu Kapasitesi	1.500.000 yolcu/yıl
Terminal Alanı	6.000 m^2
Otopark Kapasitesi	100 Araç
VIP	Var
CIP	Yok
Kargo Terminali	Var
Bankacılık Hizmetleri	Var
Sağlık Hizmetleri	Var
Gümrüksüz Satış Alanı	5 m^2
Yiyecek –İçecek Alanı	50 m^2 (1 Büfe + 1 Kafe)
Bilet Kontrol Kontuarları	6 Adet
Pasaport Kabini (Gidiş – Geliş)	3+3 Adet
Köprü	-
Asansör	-
X-Ray	2 Adet
Mobil X-Ray	1 Adet
Metal Kapı Dedektörü	3 Adet
Yangın Dedektörü	1 Adet
Bagaj Konveyörü	1 Adet

Dış hatlar check-in salonu, iç hatlar check-in salonu ile ortak kullanılmaktadır. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası plan şeması Şekil 3.11'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.11. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası plan şeması

Terminalin, giden yolcu salonunda bulunan birimlerin düzeni Şekil 3.11'de görüldüğü gibidir. Süleyman Demirel Havalimanı terminali lineer tipte bir terminal gibi görünmesine rağmen, bilet kontrol bölümünün salonun dikine konumlandırılması, terminali emsallerinden ayırmaktadır.

Bekleme ve serbest dolaşım alanının terminalin merkezine konumlandırılması, olağan terminal yapılanmalarından birisidir.

Arındırılmış salonların bitişik nizam olması, çıkış kapılarının aynı merkeze konumlandırılması açısından kolaylık oluşturmasına rağmen, alan verimliliğini kısıtlamaktadır.

Isparta Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası genel görünümü Şekil 3.12'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.12. Süleyman Demirel Havalimaı terminal binası iç mekânı

Terminal binasına girişler tek kapıdan yapılmaktadır. Yolcular terminal binasına girdikten sonra IATA standartları dışında bir X-ray güvenliği ile karşılaşmaktadırlar. Girişte yolcuların sıraya girecek yeterli alanı olmadığından dolayı sıkışıklıklar yaşanılabilmektedir. Bu durum düzensizliklere yol açmaktadır. Bununla birlikte yoğun saatlerde yolcu sirkülasyon alanlarında sorunlar oluşmaktadır (Şekil 3.13).

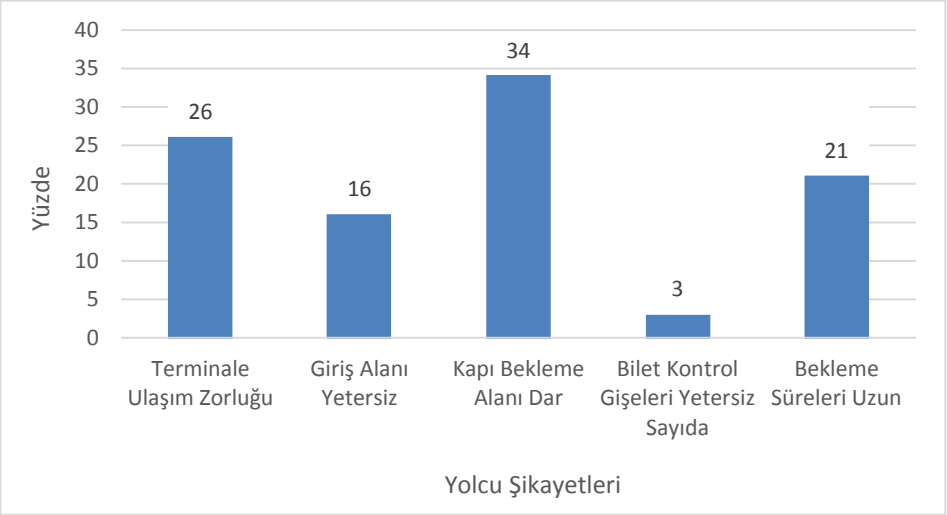


Şekil 3.13. Süleyman Demirel Havalimanı terminal binası bekleme salonu

Diğer bir sorun ise bekleme salonu ile sirkülasyon alanının çakışmasıdır. Bekleme alanı dolaşımı engelleyici şekilde yapıldığından, özellikle pik saatlerde yolcu akışında sıkıntılar yaşanmaktadır. Pik saatin olduğu durumlarda yolcu akışları aksamakta ve gecikmeler oluşmaktadır.

3.2.6. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yolcu anketi

Yolcuların özellikle pik saat durumlarında en çok şikâyetçi oldukları konulardan birisi kapı bekleme alanının yetersizliği, bir diğeri ise terminale ulaşım zorluğudur. Yolcu anketleri neticesinde yolcuların yetersiz bulduğu birimler Şekil 3.14'te gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Süleyman Demirel Havalimanı yolcu şikâyetleri

Şekil 3.14'te belirtilen anket sonuçlarına göre, yolcuların büyük çoğunluğunun terminale ulaşım için kullandığı sabit zamanlı servisin, terminale uçağın kalkış saatinden yaklaşık 1.5 saat önce geliyor olması sebebiyle yolcuların terminal içinde uzun bekleme süreleri geçirmesine neden olmaktadır. Bununla beraber terminalin bekleme ve serbest dolaşım alanında uzun süreler geçirerek yorulan yolcuların, kapı bekleme mekânlarındaki yetersiz alan ve yetersiz koltuk sayısı neticesinde daha da fazla yorulmasına neden olmaktadır. Yolcu şikâyetlerinin en fazla bu bölümde oluşmasının nedeni, yetersizliklerin birbiri ardına kuvvetlenerek yolcular üzerine son aşamada tesir etmesinden kaynaklanmaktadır.

3.3. Antalya Havalimanı

Antalya Havalimanı (IATA: AYT, ICAO: LTAI) 1960 yılında hizmete girmiştir. Şekil 3.15'te uydu fotoğrafı görülen havalimanı, Türkiye'nin Akdeniz kıyısındaki başlıca turizm ve tatil merkezi olan Antalya'nın şehir merkezinin 10 km. doğusunda 36°54`01"N, 30°47`34"E koordinatlarında yeralmaktadır.



Şekil 3.15. Antalya Havalimanı uydu görüntüsü

Antalya Havalimanı'nın 32.000 m²' lik 3.780.000 yolcu/yıl kapasiteli bir iç hatlar terminali, 54.300 m² ve 77.000 m²' lik toplam 10 milyon yolcu/yıl kapasiteli 2 dış hatlar terminali bulunmaktadır (Şekil 3.16).



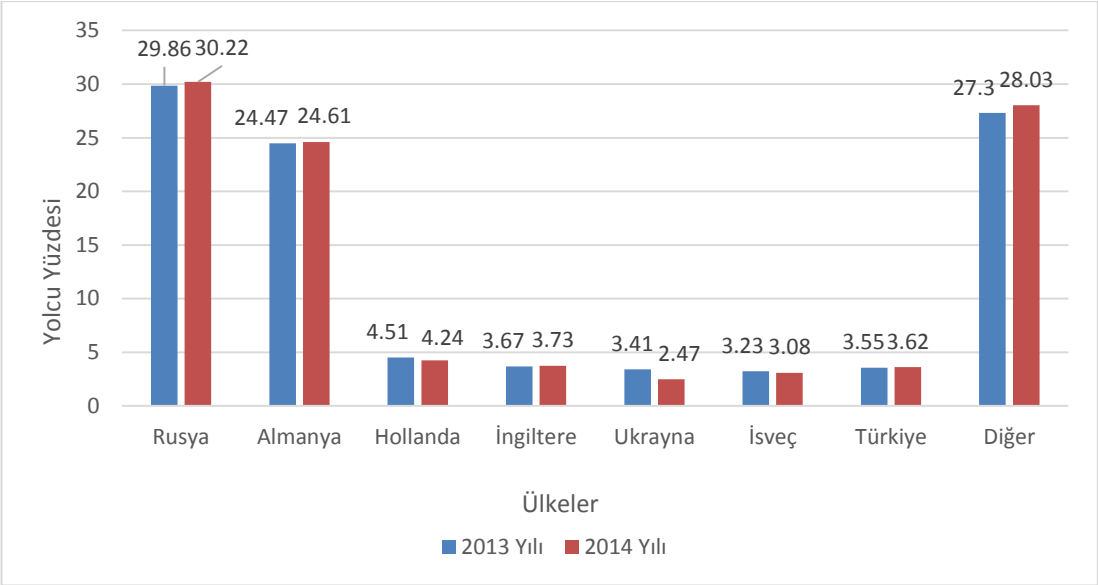
Şekil 3.16. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminal binası

Büyük ve modern havalimanı, özellikle yaz aylarında Türkiye'nin güney sahillerine gelen milyonlarca yerli ve yabancı turisti ağırlamaktadır. Yolcu trafiğine göre Avrupa'nın en kalabalık havalimanları listesine göre Avrupa'nın 14. en yoğun havalimanıdır. Türkiye'deki havaalanları istatistiklerine göre, toplam yolcu trafiği bakımından ikinci havalimanıdır.

3.3.1. Antalya Havalimanı uluslararası etki alanı

Antalya Havalimanı genellikle turizm amaçlı yolculara hizmet vermektedir. Havalimanı uçuş haritası ve yerel konumu sebebiyle bölge halkı için en çok tercih edilen havalimanıdır. Antalya'nın turizm şehri olması sebebiyle, yerli turistler için de en çok tercih edilen havalimanlarından birisidir. Yerel yolcu bakımından Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinden yolcu almaktadır.

Antalya Havalimanı Türkiye'nin güney sahillerine gelen milyonlarca yerli ve yabancı turisti ağırlamaktadır. Yolcu trafiğinde, en kalabalık havalimanları listesine göre Avrupa'nın 14. en yoğun havalimanıdır. Antalya Havalimanı'nı kullanan uluslararası gelen yolcuların milliyet profili çıkarılmıştır (Şekil 3.17).

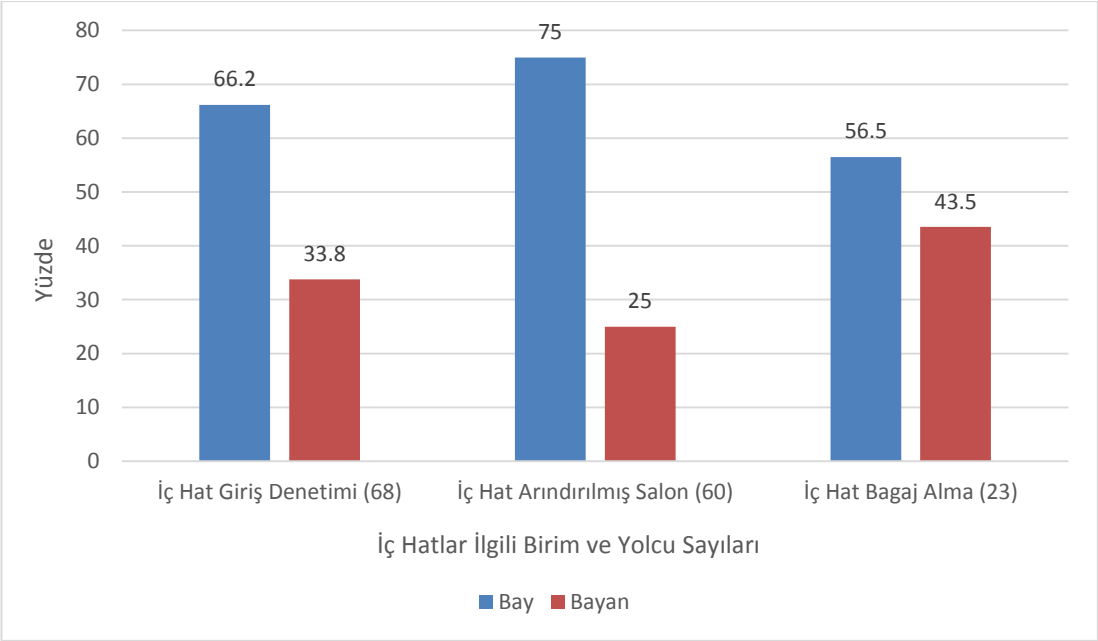


Şekil 3.17. Antalya Havalimanı gelen yolcuların milliyetlerine göre dağılımı (T.C. Antalya Valiliği Havalimanı Mülki İdare Amirliği, 2014)

Antalya Havalimanı istatistiklerine göre yolcu orjini yüzdelerine bakıldığında Rusya ve Almanya'nın havalimanı yolcularının büyük bir bölümünü oluşturduğu görülmektedir.

3.3.2. Antalya Havalimanı yolcu profili

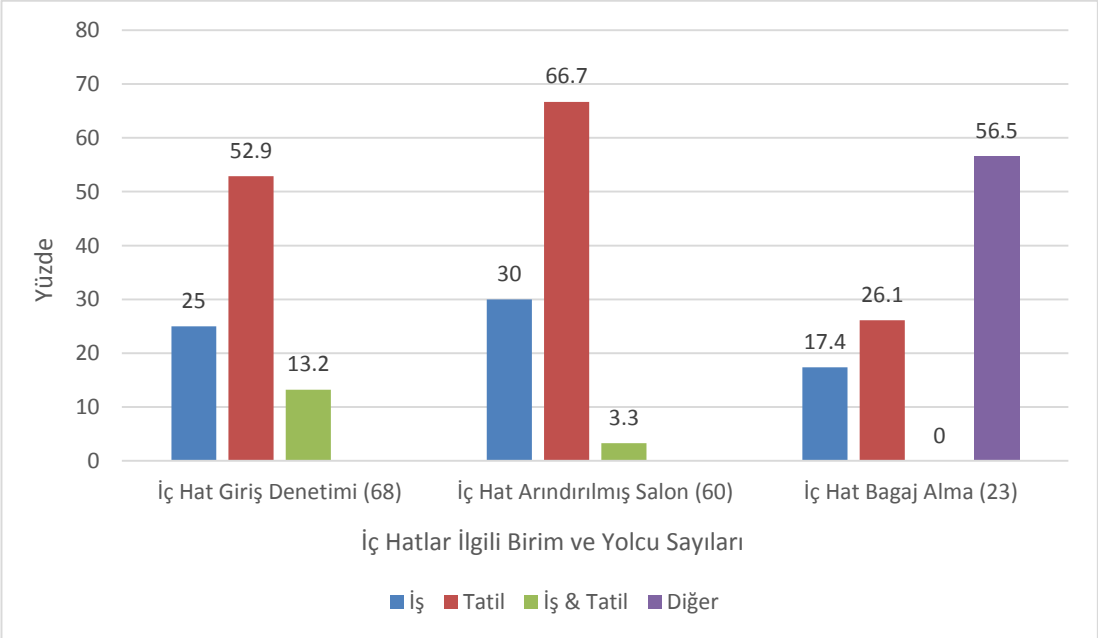
Antalya Havalimanı'nı kullanan yolcuların profili iç ve dış hatlar terminallerinde farklılık göstermektedir. Yolcuların genel profillerini; Cinsiyet, seyahat amacı, seyahat sıklığı, seyahatin kaç kişilik olduğu gibi şekillerde gruplara ayrılabilir. İç hatlar terminalinde toplam 151 yolcu ile giriş denetim, arındırılmış salon ve bagaj alma bölümlerinde görüşülmüştür. İç hatlar terminalini kullanan 151 yolcunun cinsiyet dağılımı Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali yolcu profili (Ağustos, 2014)

Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali'nde; bay yolcuların oranı 68%, bayan yolcuların oranı 32%'dir. İç hatlar terminalini kullanan yolcuların büyük çoğunluğunu erkekler oluşturmaktadır.

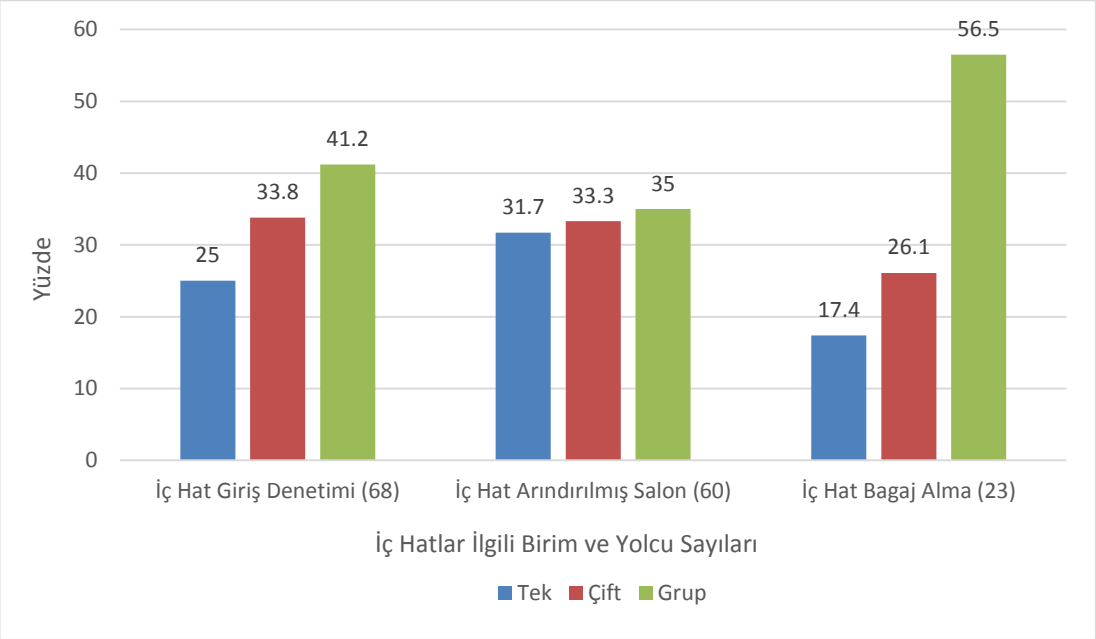
Yolcuların terminal içindeki birimlere göre seyahat amaçları farklılık göstermektedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Antalya Havalimanı iç hatlar yolcu seyahat amaçları (Ağustos, 2014)

Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali'nde yolcuların 54.3%'ünün seyahatleri tatil amaçlıdır. İç hatlarda sadece gelen yolcu salonundaki yolcuların 56%'lık kısmı iş veya tatil amaçlı gelmemiştir.

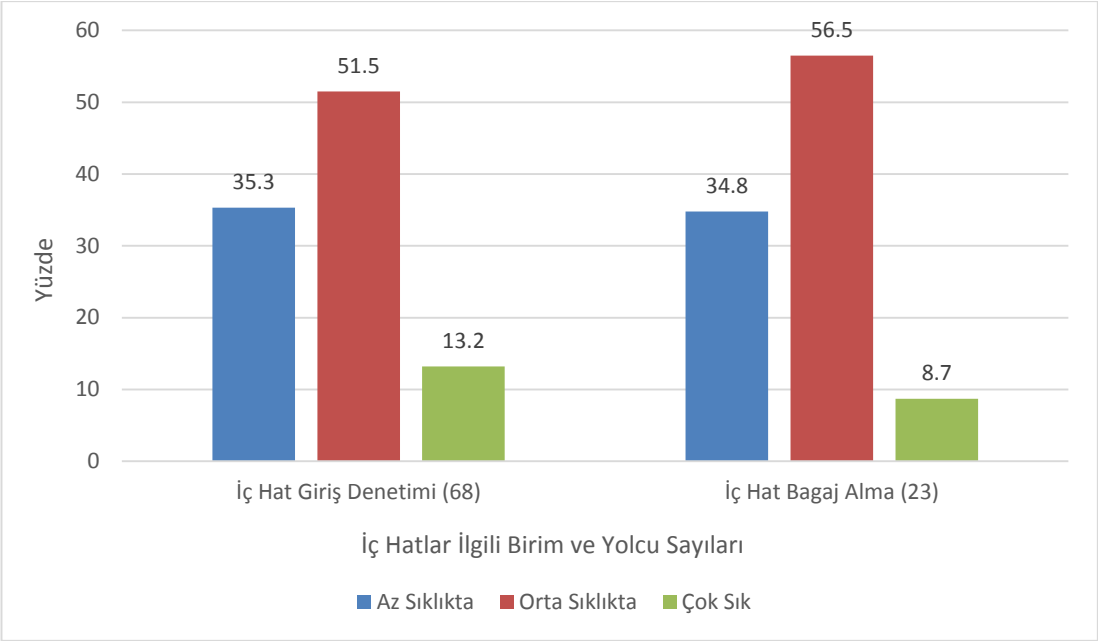
Yolcular seyahatlarini tek, ikili veya gruplar hâlinde gerçekleştirebilirler (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Antalya Havalimanı iç hatlar yolcu seyahat biçimleri (Ağustos, 2014)

Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali'nde seyahatlerini gruplar hâlinde yapmayı tercih edenler, yolcuların 41%'ini, çift hâlinde seyahat edenler 32.5%, tek kişilik seyahat edenler ise 26.5%'ini oluşturmaktadır.

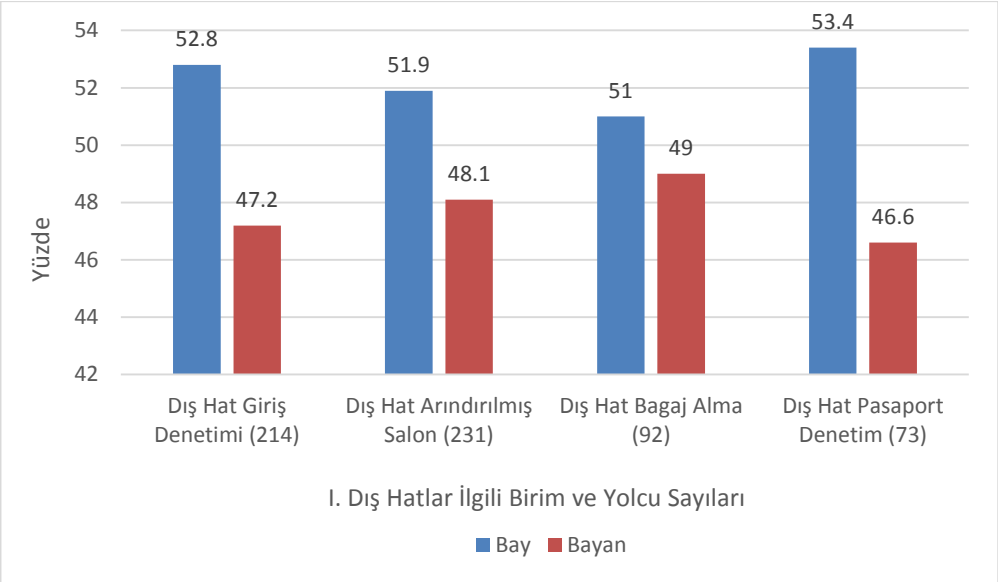
Yolcuların seyahat biçimlerinin yanı sıra, seyahat sıklıkları da önem arzetmektedir. Şekil 3.21' de terminaldeki yolcuların seyahat sıklıkları tespit edilmiştir.



Şekil 3.21. Antalya Havalimanı iç hatlar yolcu seyahat sıklıkları (Ağustos, 2014)

Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali'ni kullanan yolcuların 52.7%'lik kısmı seyahatlerini orta sıklıkta gerçekleştirmektedir. 35.2%'lik kısmı ise az sıklıkta, 12.1%'lik kısmı ise çok sık seyahat etmektedirler. Yani havalimanını tercih edenler çoğunlukla yılda ortalama 7-9 uçuş gerçekleştirmektedir.

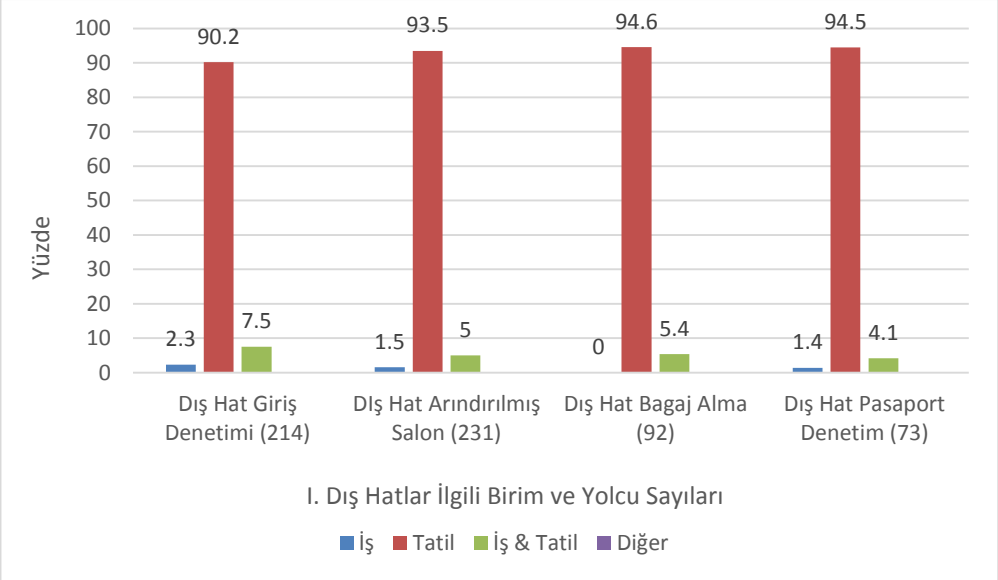
Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali' nde toplam 610 yolcu ile giriş denetim, arındırılmış salon, bagaj alma ve pasaport denetim bölümlerinde görüşülmüştür. Şekil 3.22'de I. Dış Hatlar Terminali'ni kullanan 610 yolcunun cinsiyet dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu profili (Ağustos, 2014)

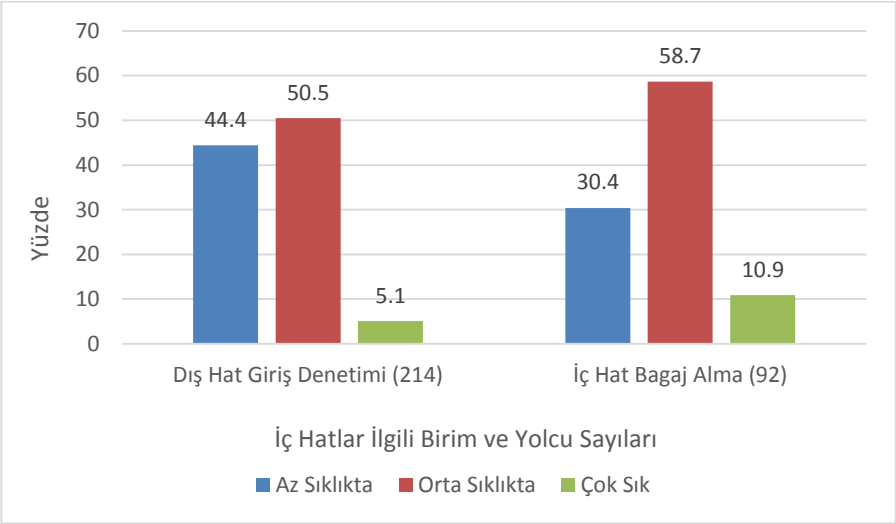
Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali' nde yolcuların çoğunluğunu bay yolcuların oranı 52.3%, bayan yolcuların oranı 47.7%' dir. I. Dış Hatlar Terminali'ni kullanan yolcuların çoğunluğunu erkekler oluşturmaktadır.

Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali'nde yolcuların 92.6%'lık gibi büyük bir çoğunluğunun seyahatleri tatil amaçlıdır. Yolcuların 7.4%'ü iş, iş & tatil amaçlı seyahat etmektedirler (Şekil 3.23).



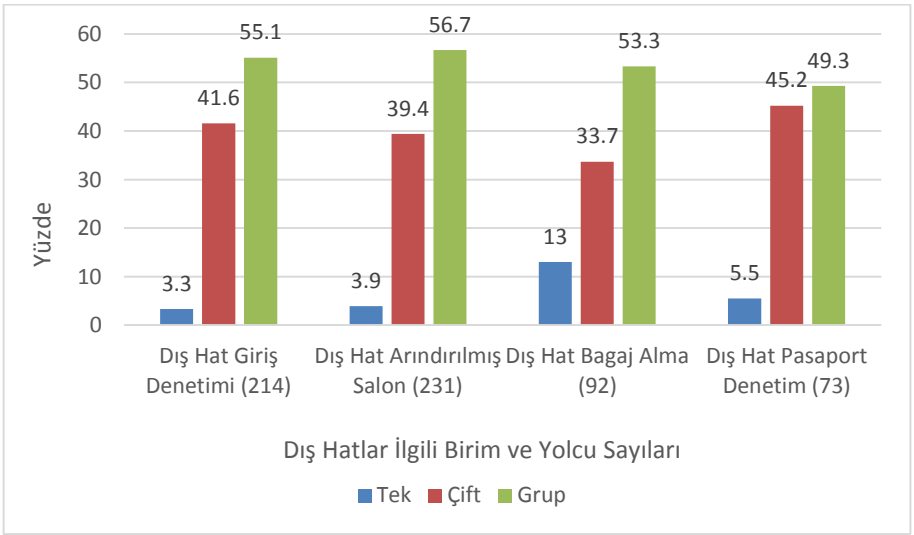
Şekil 3.23. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu seyahat amaçları (Ağustos, 2014)

Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali'ni kullanan yolcuların 52.9%'luk kısmı seyahatlerini orta sıklıkta gerçekleştirmektedir. 40.2%'lik kısmı ise az sıklıkta, 6.9%'lik kısmı ise çok sık seyahat etmektedirler. Yani havalimanını tercih edenler çoğunlukla yılda ortalama 7-9 uçuş gerçekleştirmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu seyahat sıklıkları (Ağustos, 2014)

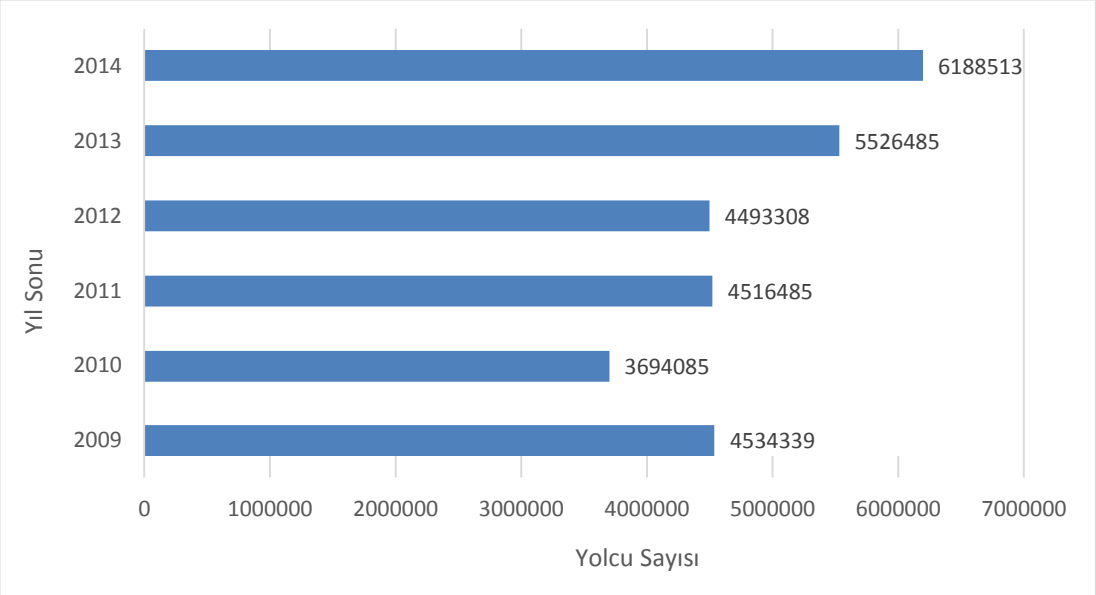
Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali'nde seyahatlerini gruplar hâlinde yapmayı tercih edenler, yolcuların 54.8%'ini, çift hâlinde seyahat edenler 40%, tek kişilik seyahat edenler ise 5.2%'sini oluşturmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali yolcu seyahat biçimleri (Ağustos, 2014)

3.3.3. Antalya Havalimanı uçuş bilgileri

Antalya Havalimanı uçuş bilgileri son 5 yıldaki yolcu trafiği incelendiğinde iç hat yolcu sayısında kararlı bir yükseliş olmadığı görülmektedir. 2013 yılı itibariyle iç hatlar yolcu sayısında hatırı sayılır bir artış meydana gelmiştir. İç hatlardaki yolcu sayısındaki artışın, son iki yıldaki ivmesini koruduğu görülmektedir (Şekil 3.26).



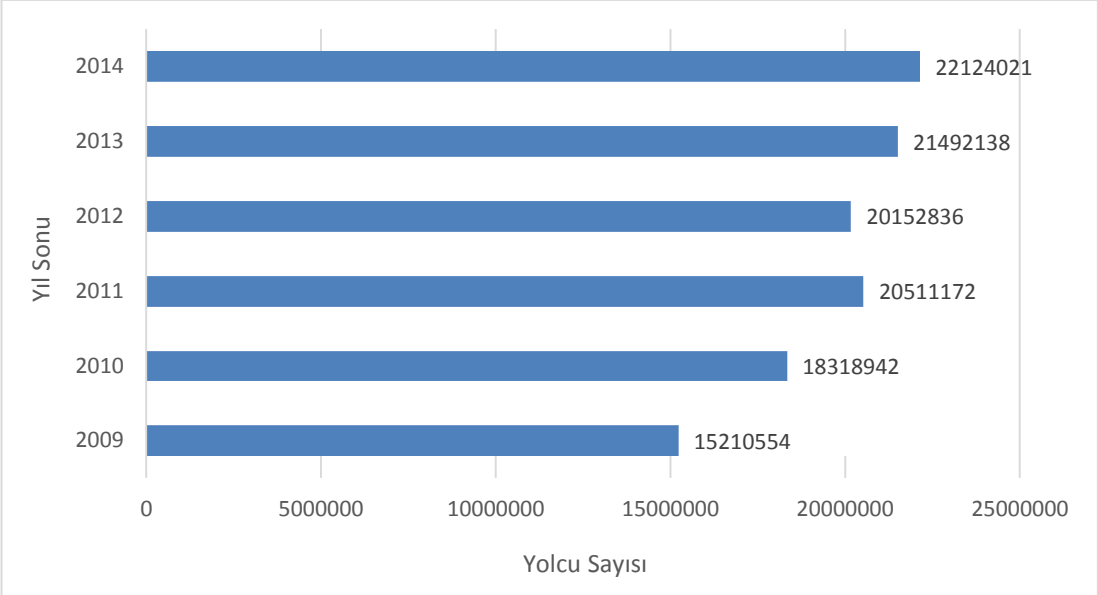
Şekil 3.26. Antalya Havalimanı iç hat yolcu sayısı (DHMİ,2014)

İç hatlar 2013 yılsonu yolcu sayısına bakıldığında 3.780.000 yolcu/yıl kapasiteli terminalin 146% kapasite aşımı ile kullanıldığı, 2014 yılsonu yolcu sayısına göre 164% kapasite aşımı ile kullanıldığı görülmektedir.

Antalya Havalimanı uçuş bilgileri son 5 yıldaki yolcu trafiği incelendiğinde dış hatlar terminallerindeki toplam yolcu sayısında 41%'lik bir artış olduğu görülmektedir. Dış hatlar yolcu anketlerindeki seyahat amaçlarının 92.6% gibi büyük bir kısmının tatil amaçlı olduğu düşünüldüğünde, son yıllardaki turizm faaliyetlerinin turist sayısında hatırı sayılır bir gelişme gösterdiği söylenebilmektedir.

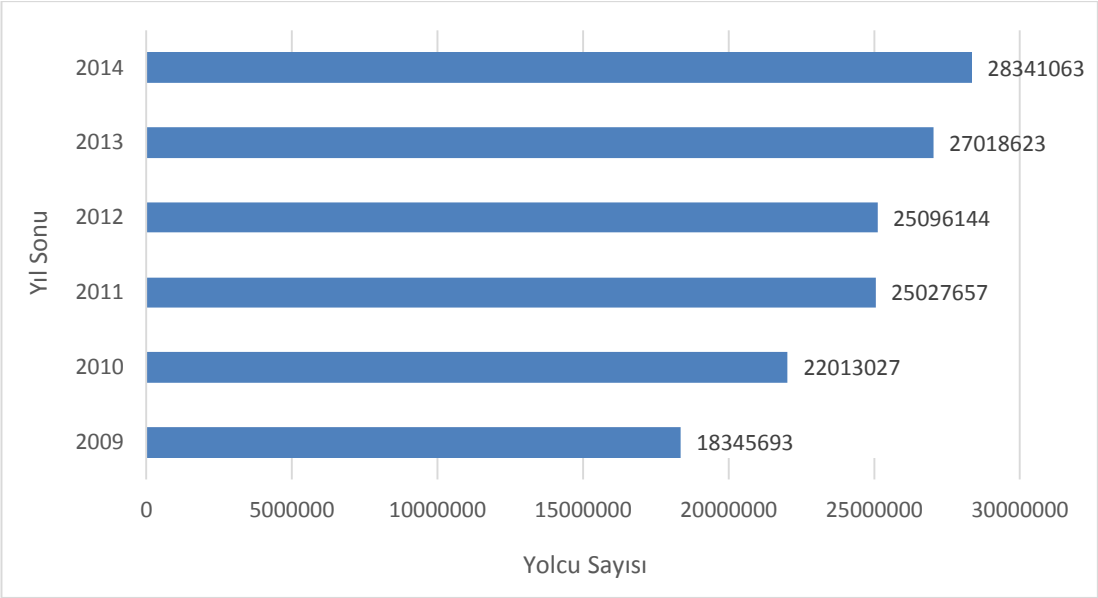
Antalya havalimanı 19.07.2014 tarihinde 985 uçak inişi ve 175.806 yolcu ile kendi yolcu rekorunu kırmıştır. Antalya havalimanı 2014 yılı Haziran ve Temmuz ayları içinde kendi rekorunu üç defa yenilemiş bulunmaktadır.

2 uluslararası terminal kapasitesi 10 milyon yolcu/yıl olan Antalya Havalimanı bu kapasiteyi Temmuz ayı itibariyle geçmektedir. Yılsonu toplam yolcu sayısına bakıldığında terminal kapasitesinin yaklaşık 221%'lik kullanımda olduğu görülmektedir (Şekil 3.27).



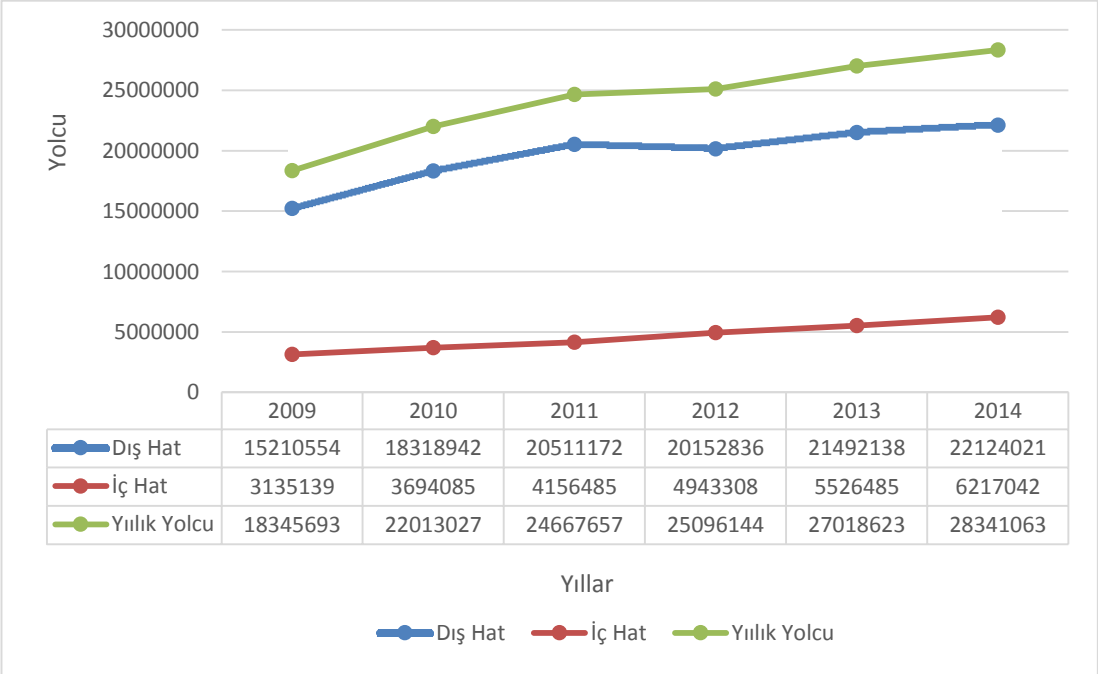
Şekil 3.27. Antalya Havalimanı dış hat yolcu sayısı (DHMİ, 2014)

Antalya Havalimanı iç ve dış hatlar toplam yolcu sayısına bakıldığında son 5 yıldaki yolcu sayıları toplamında 47%'lik bir yükselme görülmektedir. Toplam 13.780.000 yolcu/yıl olan havalimanı kapasitesi 206% kullanımdadır. 2018 yılına kadar havalimanı yolcu sayısının 30 milyon yolcu/yıl sınırını aşacağı düşünülmektedir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Antalya Havalimanı iç ve dış hatlar toplam yolcu sayısı (DHMİ, 2014)

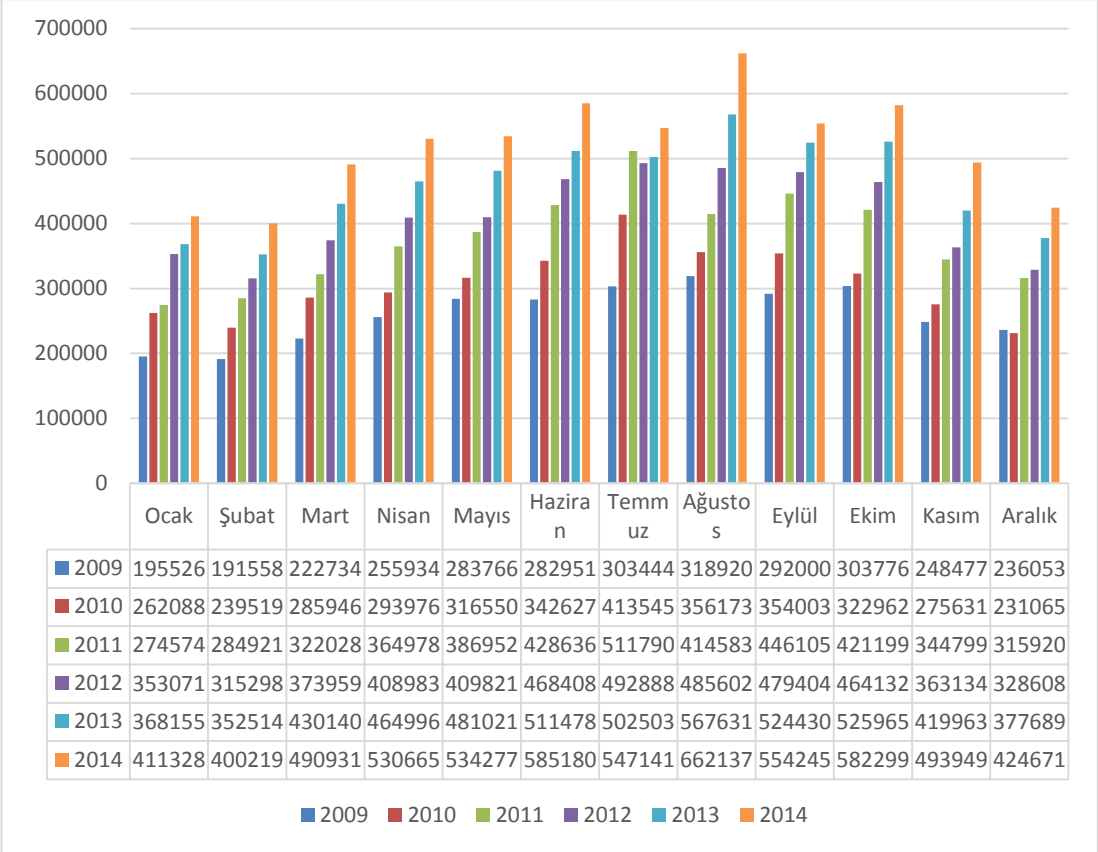
Antalya Havalimanı yıllık yolcu dağılımına bakıldığında yolcuların 80%'lik kısmını dış hat yolcuları oluşturmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Antalya Havalimanı yolcu dağılımları (DHMİ, 2014)

Antalya Havalimanı iç hatlarda 2014 yılı 6217042 iç hat yolcusuyla en yoğun yıl, 2014 yılında en yoğun ay, 662137 yolcuyla Ağustos ayı olmuştur. Son 5 yılda, ay bazında yolcu sayısındaki artışlarına bakıldığında, Ağustos ayında yolcu

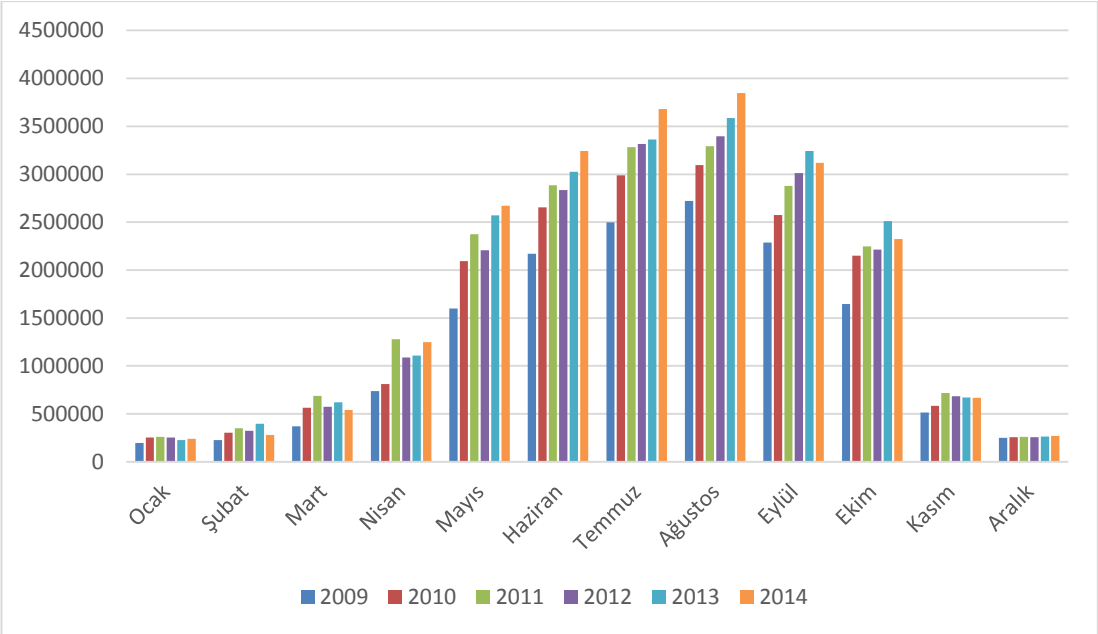
sayısındaki artışın en fazla olduğu görülmektedir. Genele bakıldığında ise Nisan-Ekim ayları en yoğun aylar olarak görülmektedir. En az yoğunluk ise Aralık, Ocak ve Şubat aylarında yaşanmaktadır (Şekil 3.30).



	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2009	195526	191558	222734	255934	283766	282951	303444	318920	292000	303776	248477	236053
2010	262088	239519	285946	293976	316550	342627	413545	356173	354003	322962	275631	231065
2011	274574	284921	322028	364978	386952	428636	511790	414583	446105	421199	344799	315920
2012	353071	315298	373959	408983	409821	468408	492888	485602	479404	464132	363134	328608
2013	368155	352514	430140	464996	481021	511478	502503	567631	524430	525965	419963	377689
2014	411328	400219	490931	530665	534277	585180	547141	662137	554245	582299	493949	424671

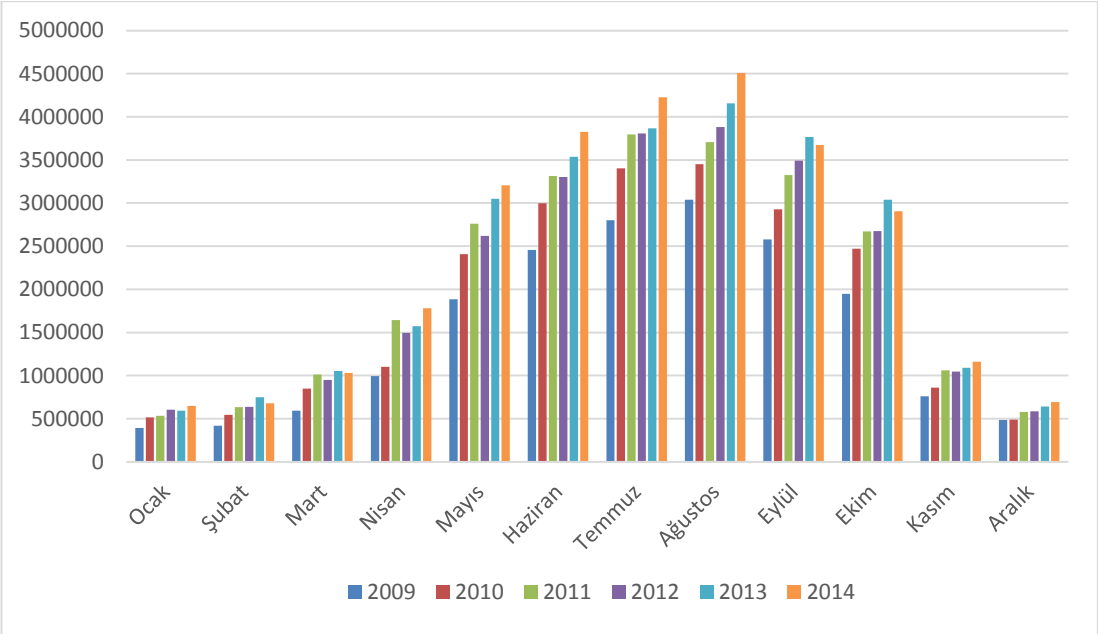
Şekil 3.30. Antalya Havalimanı iç hatlar ay yoğunlukları (DHMİ, 2014)

Antalya Havalimanı dış hatlar, en yoğun aylarını Haziran–Ağustos ayları arasında yaşamaktadır. 22124021 dış hat yolcusuyla en yoğun yıl 2014, en yoğun ay ise 3847143 dış hat yolcusuyla Ağustos ayı olmuştur. Yoğunluğun en az yaşandığı aylar ise Ocak ve Aralık aylarıdır (Şekil3.31).



Şekil 3.31. Antalya Havalimanı dış hatlar ay yoğunlukları (DHMİ, 2014)

Antalya Havalimanı iç ve dış hatlar toplamına bakıldığında yolcu trafiği yoğunluğunun Mayıs ayında başlayıp Ekim ayına kadar devam ettiği görülmektedir. Bu aylar arası en yoğun iki ay ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Antalya Havalimanı ay yoğunlukları (DHMİ, 2014)

3.3.4. Antalya Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafiği

Antalya Havalimanı yer hizmetleri yetkililerinden ve DHMi istatistik yıllıklarından edinilen bilgilere göre, pik gün ve pik saat yolcu trafiğini gösteren Çizelge 3.3 oluşturulmuştur.

Çizelge 3.3. Antalya Havalimanı pik gün, pik saat saat yolcu trafiği (DHMİ İstatistik Yıllığı 2013, 2014)

Trafik	Yıl	Gün	Saat	Yolcu Sayısı		
				Gelen	Giden	Toplam
Pik Gün	2013	24.08	-	81662	86031	167693
	2014	19.07	-			175806
Pik Saat	2013	27.07	06:00-07:00	5554	6414	11968
	2014					

Pik gün yolcu trafiği: Havalimanlanında gerçekleşen günlük trafiklere göre belirlenen pik günün ticari uçak trafiğinin yolcusudur.

Pik saat yolcu trafiği: Yıl içindeki 24 saatlik dilime göre belirlenen pik saatin ticari uçak trafiğinin yolcusudur.

Pik saat yolcu trafikleri, pik gündeki pik saatin ticari uçak trafiğinin yolcusu olup, pik gün veya saatte yolcusu belirtilmeyen durumlarda ise ticari uçak trafiği gerçekleşmemiştir.

3.3.5. Antalya Havalimanı terminalleri

Antalya Havalimanı terminalleri Antalya şehir merkezine 14 km uzakta olup, Mersin-Antalya (Alanya yolu) yolunda Serik Caddesi üzerinde bulunmaktadır. Havalimanı Antalya şehir merkezinin kuzey doğusunda yer almakta olup, havalimanı D400 kara yoluyla şehir merkezine bağlanmaktadır. Şehir merkezinden hususi araç ile yolculuk yaklaşık 20 dakika sürmektedir.

Havalimanında sırasıyla Dış Hatlar Terminal 1, İç hatlar terminali ve CIP Terminal binası yer almaktadır. Bu binaları takiben Dış Hatlar Terminali 2'ye varılmaktadır. 1. Dış Hatlar ve 2. Dış Hatlar Terminalleri birbirlerine yaklaşık 2.5 km uzaklıkta olup bu mesafe hususi araç ile yaklaşık 5 dakika sürmektedir. Her iki terminale de 30 dakika da bir hizmet veren halk otobüsü ya da taksi hizmetiyle ulaşılabilmektedir.

Büyükşehir belediyesinin otobüsleri ile her 30 dakikada bir Antalya Havalimanı ile Antalya otobüs terminali arasında yolculuk yapılmaktadır.

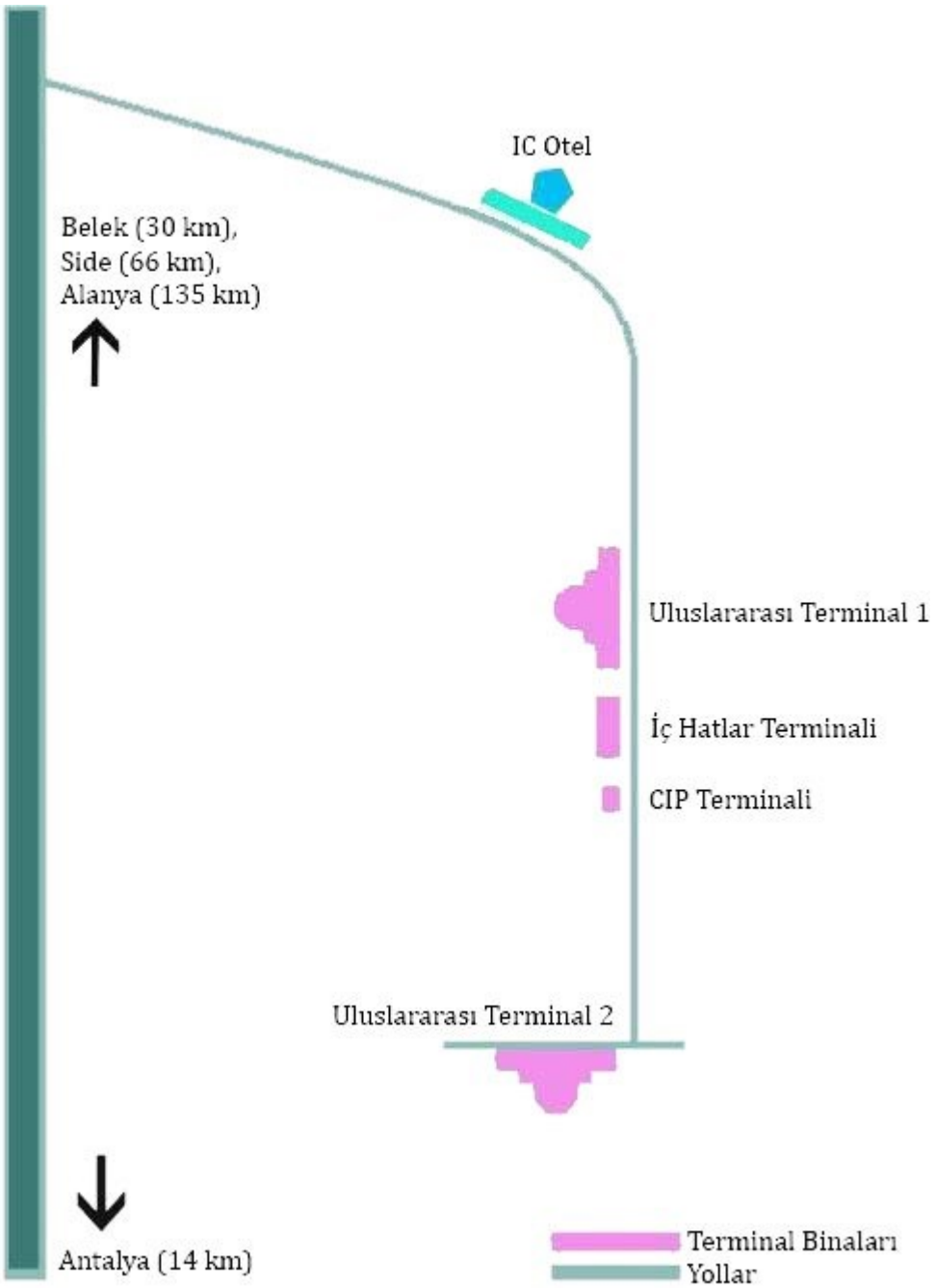
Girişleri ayrı olan 1. Dış Hatlar Terminali ve İç Hatlar Terminali birbirine bağlantılı olup yolcuların bir terminalden diğerine doğrudan erişimi sağlanabilmektedir.

Uluslararası terminallerin terminal yapı sistemi lineer yapı türevi sistemine uymaktadır. İç hatlar terminali ise lineer yapı sistemindedir. Günümüzde pek çok havalimanı yeni terminal binalarını lineer yapı sisteminde inşa etmektedir. Antalya Havalimanı II. Dış Hatlar Terminali yapı sistemi Şekil 3.33'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.33. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali (DHMİ, 2014)

Antalya Havalimanı'nda T1, T2 ve T3 isimlerinde üç ana terminal bulunmaktadır. Ana terminaller dışında bir de CIP terminali bulunmaktadır. T1 ve T2 terminalleri dış hatlar terminali olup T3 terminali ise tek iç hat terminalidir. T3 terminali zemin katında, giden yolcu salonunda, X-Ray giriş güvenlik noktaları, check–in kontuarları, bilet satış noktaları, yeme –içme mekânları, CIP hizmetleri, danışma, döviz bürosu ve atm'ler bulunur, gelen yolcu salonunda ise, bagaj konveyörleri, emanet ve kayıp eşya büroları, transit yolcu denetimi bölgesi, danışma bürosu ve atm'ler bulunmaktadır. T3 terminalinin ikinci katında arındırılmış salon bulunmaktadır. Burada terminal içi hizmet birimleri bulunmaktadır. T1 dış hatlar terminali 1 Nisan 1998 tarihinde açılmış olup, 54.300 m^2'lik oturum alanına sahiptir. Zemin katında giden yolcu check-in salonu ve gelen yolcu bagaj teslim salonu bulunmaktadır. T1 terminali 1. katında ise gelen yolcu pasaport kontrol salonu bulunmaktadır. Terminalin 2. katında giden yolcu arındırılmış salonu bulunur. Bu salonda giden yolcuların pasaport kontrolleri yapılmaktadır. T2 dış hatlar terminali 17 Nisan 2005 yılında açılmış olup, 185.000 m^2'lik alanda, zemin katında giden yolcu check-in salonu, servis kapısı alanı bulunur, terminalin asma katında CIP hizmetleri salonu, yeme-içme mekânları, duty free dükkânları, sigara içme alanı bulunmaktadır. Terminalin 1. katında gelen yolcu pasaport kontrol ve giden yolcu uçağa biniş salonu bulunmaktadır. Terminalin 2. katında ise giden yolcu arındırılmış salonu bulunmaktadır. Terminallerin havalimanı içerisinde konumları Şekil 3.34' te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.34. Antalya Havalimanı terminal lokasyonu

İç hatlar terminal binasının genel mekân özellikleri Çizelge 3.4' teki gibidir.

Çizelge 3.4. Antalya Havalimanı iç hatlar terminal binası genel özellikleri

Yolcu Kapasitesi	3.780.000 yolcu/yıl
Terminal Alanı	32.000 m^2
Otopark Kapasitesi	496 binek + 28 otobüs
VIP	Var
CIP	Var
İbadethâne	Var
Bankacılık Hizmetleri	Var
Sağlık Hizmetleri	Var
Yiyecek –İçecek Mekânı	6 Adet
Alışveriş Mekânı	11 Adet
Gümrüksüz Satış Mekânı	1 Adet
Bilet Kontrol Kontuarları	32 Adet
Kapı (Gate)	8 Adet
Yolcu Köprüsü	-
Yürüyen Merdiven	4 Adet
X-Ray	8 Adet
Bagaj Konveyörü	4 Adet

I. Dış Hatlar Terminali genel mekân özelleri Çizelge 3.5' teki gibidir.

Çizelge 3.5. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminal binası genel özellikleri

Yolcu Kapasitesi	5.000.000 yolcu/yıl
Terminal Alanı	54.300 m^2
Otopark Kapasitesi	476 binek + 265 otobüs
Bagaj Alım Konveyörü	6 Adet
VIP	Var
CIP	Var
İbadethâne	Var
Bankacılık Hizmetleri	Var
Sağlık Hizmetleri	Var
Yiyecek –İçecek Mekânı	9 Adet
Alışveriş Mekânı	5 Adet
Gümrüksüz Satış Mekânı	8 Adet
Bilet Kontrol Kontuarları	59 Adet
Pasaport Kontuarı	60 Adet
Vize Bankosu	14 Adet
Kapı (Gate)	10 Adet
Yolcu Köprüsü	8 Adet
Yürüyen Merdiven	6 Adet
X-Ray	8 Adet
Bagaj Konveyörü	6 Adet

II. Dış Hatlar Terminali genel mekân özelleri Çizelge 3.6' daki gibidir.

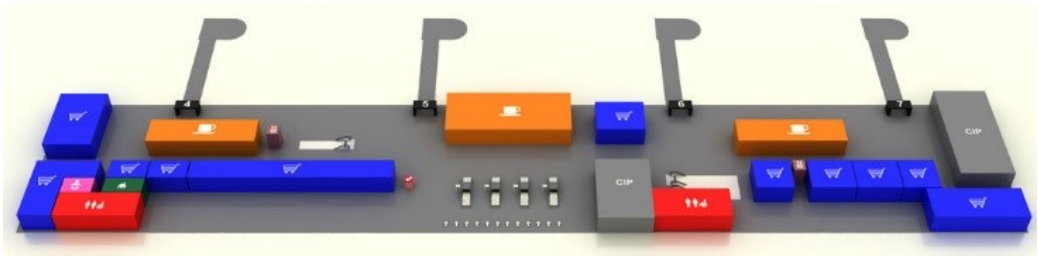
Çizelge 3.6. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminal binası genel özellikleri

Yolcu Kapasitesi	5.000.000 yolcu/yıl
Terminal Alanı	77.000 m^2
Otopark Kapasitesi	451 binek + 240 otobüs + 59 midibus
Bagaj Kapasitesi	5.000/saat
VIP	Var
CIP	Var
İbadethâne	Var
Bankacılık Hizmetleri	Var
Sağlık Hizmetleri	Var
Yiyecek –İçecek Mekânı	10 Adet
Alışveriş Mekânı	3 Adet
Gümrüksüz Satış Mekânı	12 Adet
Bilet Kontrol Kontuarları	65 Adet
Pasaport Kontuarı	60 Adet
Vize Bankosu	10 Adet
Kapı (Gate)	10 Adet
Yolcu Köprüsü	12 Adet
X-Ray	13 Adet
Bagaj Konveyörü	6 Adet

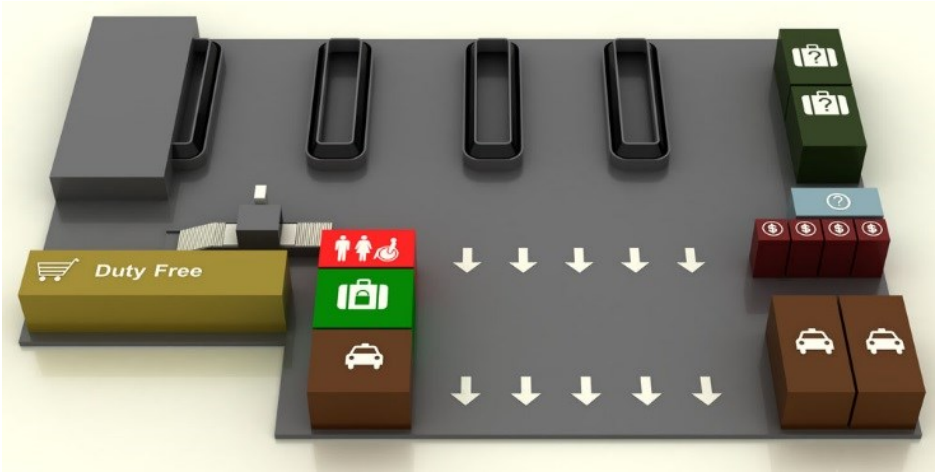
Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali binası planları Şekil 3.35, Şekil 3.36, Şekil 3.37' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.35. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu planı (ICF Airports, 2014)

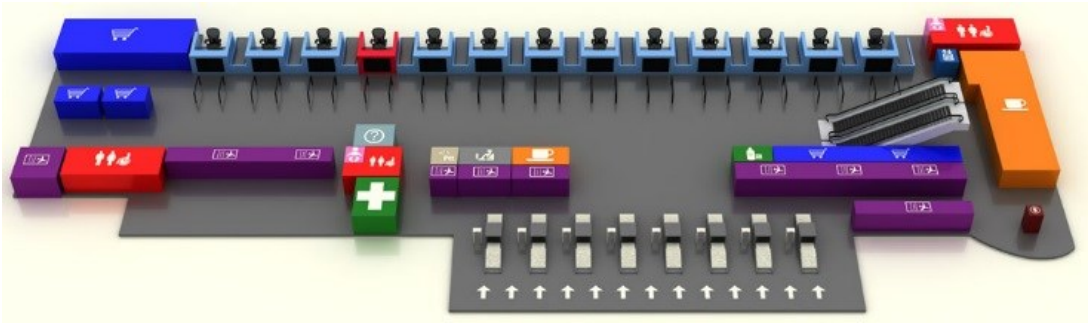


Şekil 3.36. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali, 2. kat arındırılmış salon planı (ICF Airports, 2014)

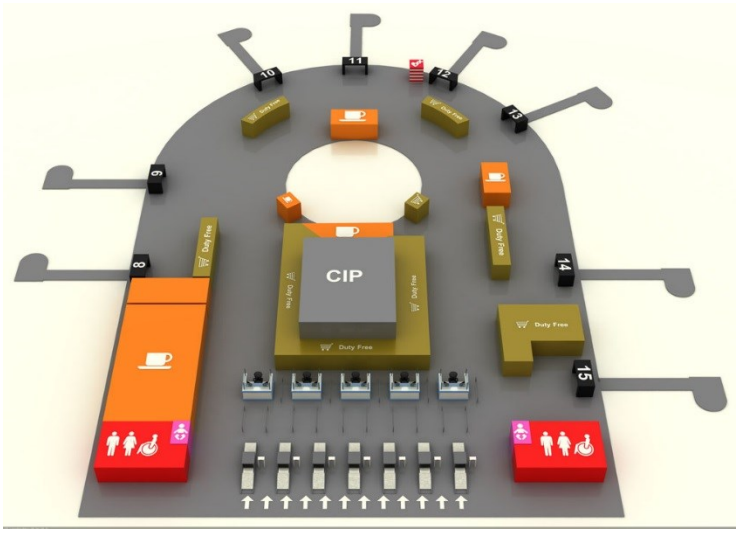


Şekil 3.37. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali, zemin kat gelen yolcu salonu planı (ICF Airports, 2014)

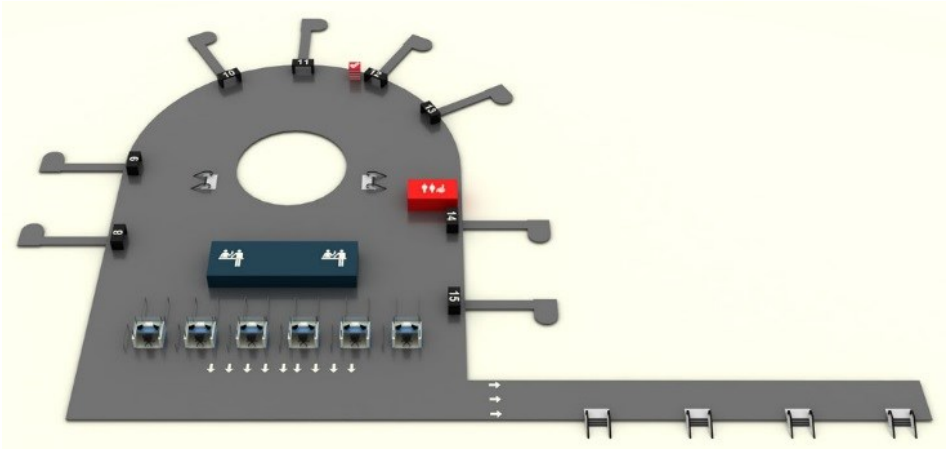
Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali binası planları Şekil 3.38, Şekil 3.39, Şekil 3.40 ve Şekil 3.41' de görüldüğü gibidir.



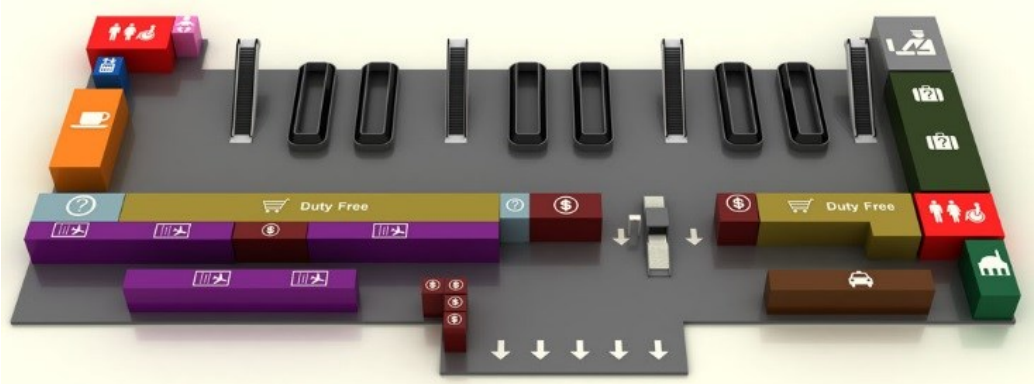
Şekil 3.38. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu planı (ICF Airports, 2014)



Şekil 3.39. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, 2. kat arındırılmış salon planı (ICF Airports, 2014)

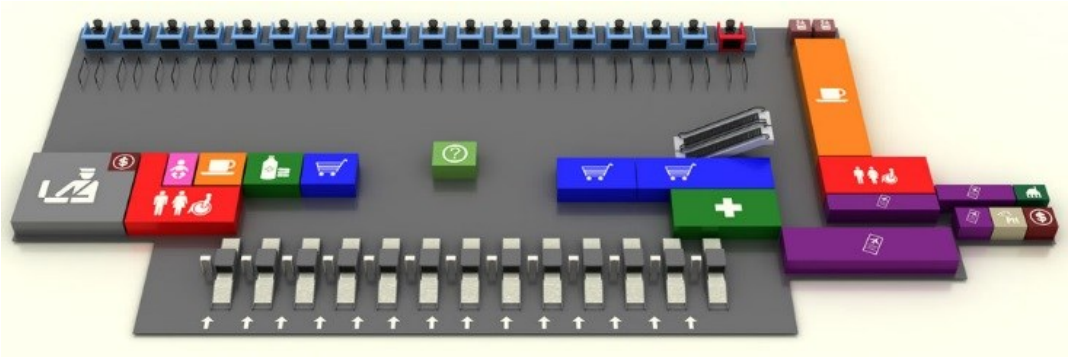


Şekil 3.40. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, 1. kat gelen yolcu salonu, pasaport kontrol (ICF Airports, 2014)



Şekil 3.41. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali, zemin kat gelen yolcu salonu, bagaj alım yeri (ICF Airports, 2014)

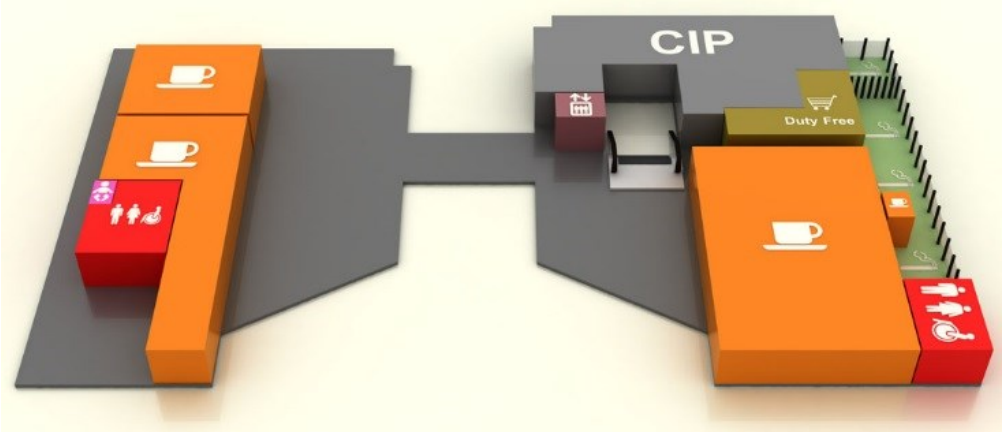
Antalya Havalimanı II. Dış Hatlar Terminali binası planları Şekil 3.42, Şekil 3.43, Şekil 3.44, Şekil 3.45, Şekil 3.46, Şekil 3.47 ve Şekil 3.48’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.42. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu planı (ICF Airports, 2014)



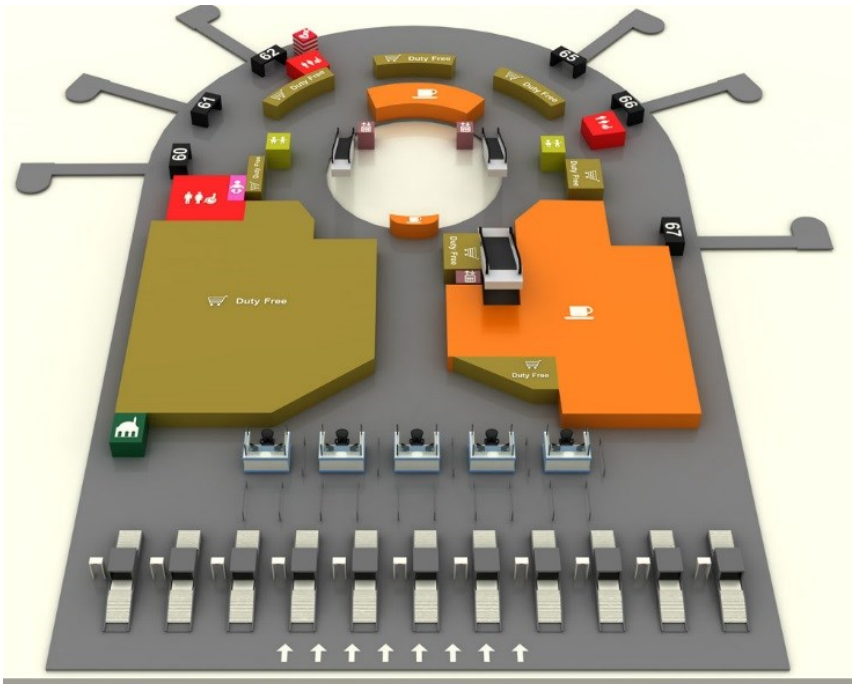
Şekil 3.43. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, zemin kat giden yolcu salonu, servis kapısı alanı (ICF Airports, 2014)



Şekil 3.44. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, asma kat giden yolcu salonu planı (ICF Airports, 2014)



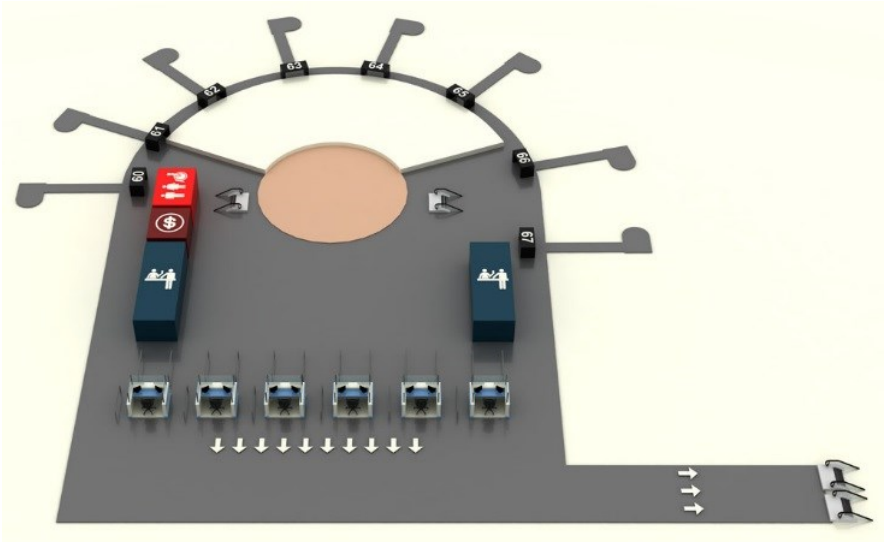
Şekil 3.45. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, 1. kat giden yolcu salonu planı (ICF Airports, 2014)



Şekil 3.46. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, 2. kat giden yolcu arındırılmış salon planı (ICF Airports, 2014)



Şekil 3.47. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, zemin kat gelen yolcu salonu, bagaj teslim yeri (ICF Airports, 2014)



Şekil 3.48. Antalya Havalimanı II. dış hatlar terminali, 1. kat gelen yolcu salonu, pasaport kontrol (ICF Airports, 2014)

Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali genel görünümü Şekil 3.49'da görüldüğü gibidir.



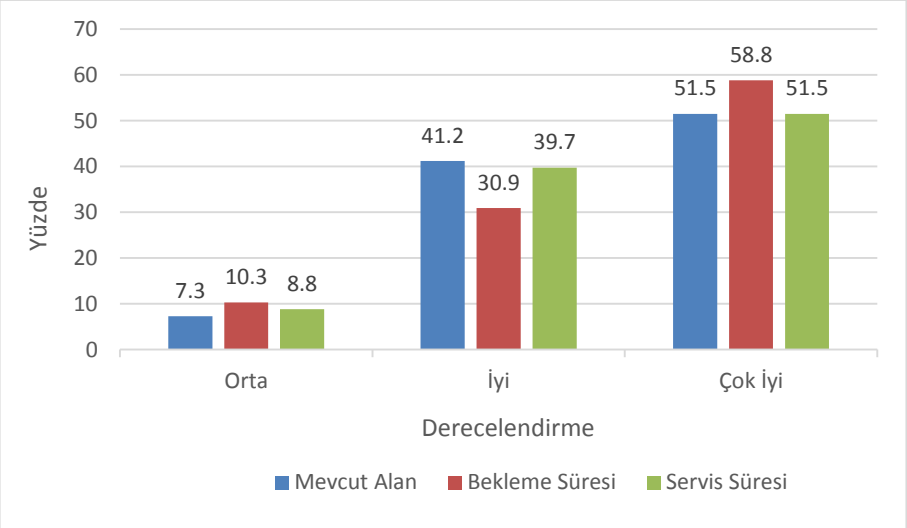
Şekil 3.49. Antalya Havalimanı iç hatlar terminal binası iç mekânı

İç hatlar terminali giden yolcu bekleme salonunda sirkülasyon alanında, dolaşımı kısıtlayıcı engel bulunmamaktadır. Havalimanının yoğun anlarında giriş denetiminde kuyruklar oluşabilmekte ve check-in kontuarları hizmete açıldığında uzun kuyruklar oluşabilmektedir. Lineer yapı sisteminde inşa edilmiş olan terminal binası genişlemeye müsait durumdadır.

3.3.6. Antalya havalimanı yolcu anketleri

İç hatlar terminalini kullanmış olan 151 yolcunun terminal içi fonksiyonlarının yeterlilikleri hususunda görüşleri alınmıştır.

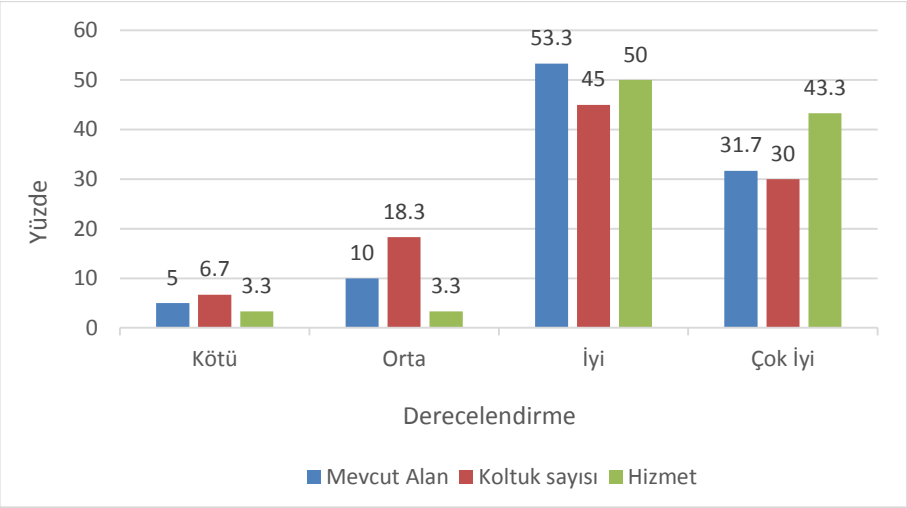
Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali giriş denetimi bölümünde görüşülen 68 yolcunun, giden yolcu bekleme salonundaki ana fonksiyonların yeterlilikleri hususundaki görüşleri Şekil 3.50' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.50. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giriş denetimi bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014)

Yolcuların giriş denetiminde bir yolcu için mevcut alanın, 51.5% ile çok iyi düzeyde olduğunu düşünmektedirler. Servis kontuarına ulaşmadan önce kuyruktaki bekleme sürelerini, 58.8% ile çok iyi düzeyde olduğunu düşünmektedirler. Yolcular tarafından güvenlik kontrol servis süresini ise 51.5% ile çok iyi seviyede olduğu düşünülmektedir. Yolcu görüşlerine göre giriş denetimi bölümünde yolcuların, rahatsız edici düzeyde bekleme oluşmadan hizmet aldıkları görülmektedir.

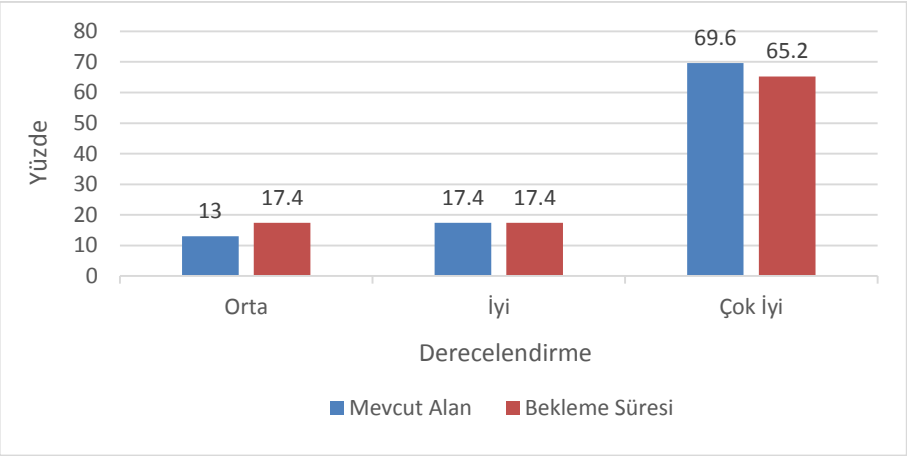
Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali giden yolcu arındırılmış salonda görüşülen 60 yolcunun, salondaki fonksiyonların yeterlilikleri hususundaki görüşleri Şekil 3.51'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.51. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu arındırılmış salon derecelendirilmesi (Ağustos, 2014)

İç hat arındırılmış salondaki yolcular mevcut alan yeterliliğini, 53.3% ile iyi düzeyde bulmuşlardır. Koltuk sayılarını 45% ile iyi seviyede olduğunu düşünmektedirler. Salondaki uçuş öncesi hizmetleri ise 50% ile iyi düzeyde bulmaktadırlar. Değerlendirme sonuçlarına göre arındırılmış salondaki hizmet fonksiyonlarının yeterli düzeyde olduğu görülmektedir.

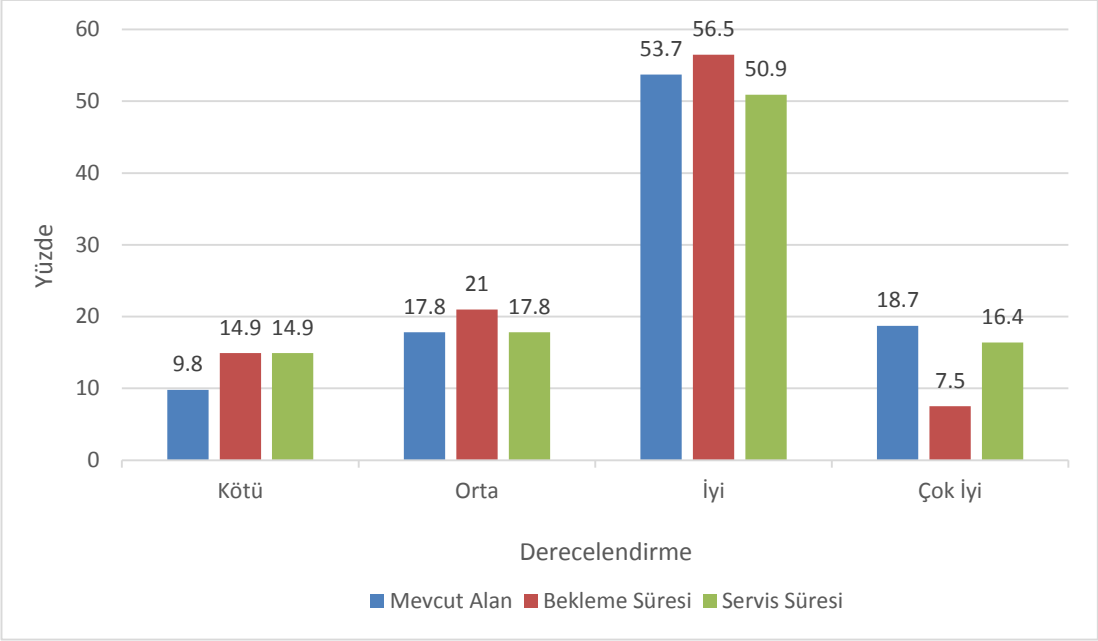
Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali gelen yolcu bagaj alma bölümündeki 23 yolcunun, salondaki ana fonksiyonların yeterlilikleri hususundaki görüşleri Şekil 3.52' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.52. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali gelen yolcu bagaj alma bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014)

Bagaj alma bölümünde yolcuların önceliği bagajlarını bekleme yapmadan alabilmeleri olmuştur. Yolcular bagaj alma bölümünde bir yolcu için mevcut alanı 69.6% ile fazlasıyla yeterli bulmuştur. Bagaj bekleme kuyruk süresini az sayıda yolcu orta düzeyde bulurken, yolcuların 65.2%'si çok iyi seviyede olduğunu düşünmektedirler.

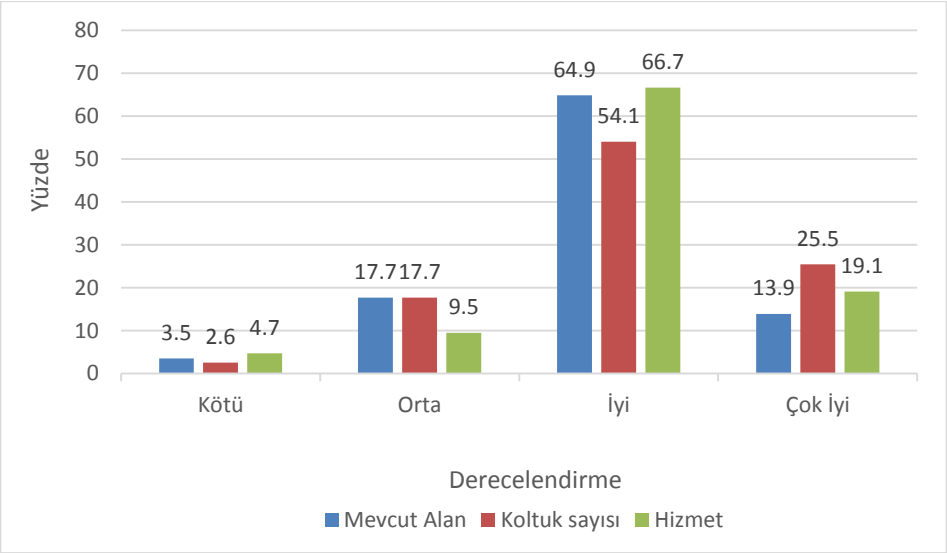
Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali giriş denetimi bölümünündeki 214 yolcunun, salondaki ana fonksiyonların yeterlilikleri hususundaki görüşleri Şekil 3.53'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.53. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali giriş denetimi bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014)

Giriş denetimini kullanan yolcuların 53.7%'si giriş denetimi fonksiyonlarını iyi düzeyde bulduğu görülmektedir.

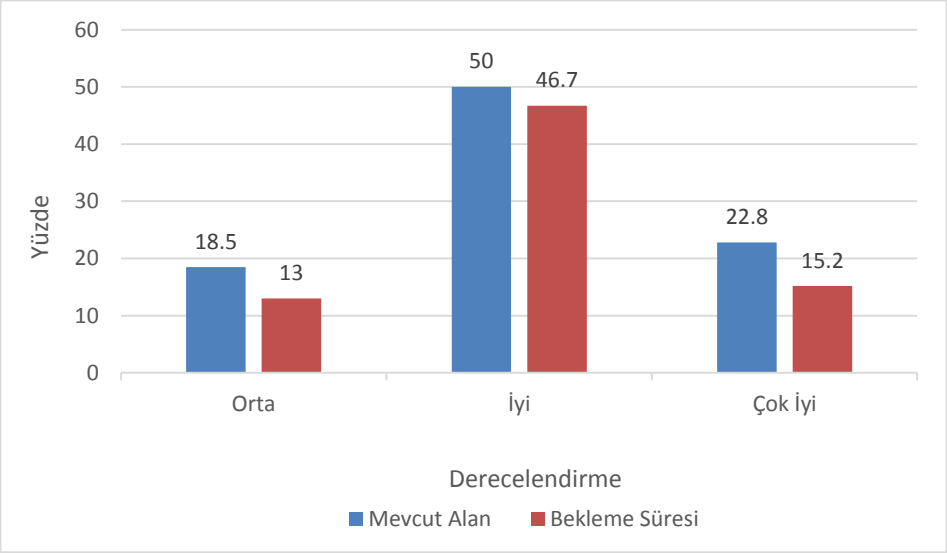
Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali giden yolcu arındırılmış salonda görüşülen 231 yolcunun, salondaki fonksiyonların yeterlilikleri hususundaki görüşleri Şekil 3.54' te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.54. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali arındırılmış salon derecelendirilmesi (Ağustos, 2014)

I. Dış hatlar terminalinin arındırılmış salonunda mevcut alan, koltuk sayısı ve hizmet unsurlarının, yolcuların ortalama 61.9%'u tarafından iyi derecede değerlendirdiği görülmektedir.

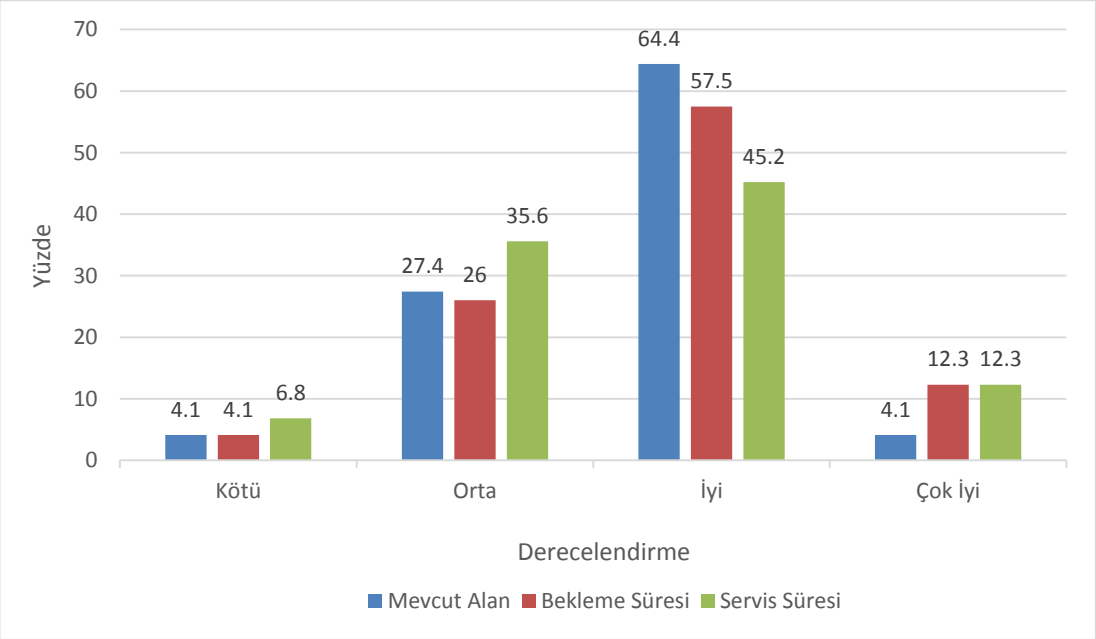
Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali gelen yolcu bagaj alma bölümünde görüşülen 92 yolcunun, salondaki fonksiyonların yeterlilikleri hususundaki görüşleri Şekil 3.55' te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.55. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali gelen yolcu bagaj alma bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014)

Bagaj alma bölümündeki yolcuların 48.4%'ü bölümün hizmet fonksiyonlarını iyi derecede olduğunu yönünde değerlendirmişlerdir.

Antalya Havalimanı I. Dış Hatlar Terminali pasaport denetim bölümünde görüşülen 73 yolcunun, salondaki fonksiyonların yeterlilikleri hususundaki görüşleri Şekil 3.56' da görüldüğü gibidir.



Şekil 3.56. Antalya Havalimanı I. dış hatlar terminali pasaport denetim bölümü derecelendirilmesi (Ağustos, 2014)

Pasaport denetim bölümündeki yolcuların 55.7%'si mevcut alan, kuyruk bekleme süresi ve servis sürelerini iyi düzeyde bulmaktadırlar.

3.4. Havalimanları Genel Değerlendirme

DHMİ'nin stratejik amaçlar, hedefler ve performans göstergeleri, havalimanlarının istenilen düzeylere getirilmesi hususunda önem arzetmektedir. Havalimanlarının genel değerlendirilmesi bu stratejik amaçlar çerçevesinde yapılarak değerlendirilmektedir.

DHMİ Genel Müdürlüğünün 2010-2014 yıllarını kapsayan 5 yıllık Stratejik Planı; Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığınca içerik ve şekil yönünden uygun görülerek onaylanmış ve yürürlüğe girmiştir. Yapılan çalışma ile DHMİ'nin misyon ve vizyonu yenilenmiştir.

Misyon: Havacılık sektöründe uluslararası standartlarda, kaliteli, güvenli, konforlu, insana ve çevreye duyarlı ileri teknoloji ürünü alt yapı ve sistemlere ve yetişmiş insan gücüne dayalı hava seyrüsefer ve havaalanı işletme hizmetleri sunmaktır.

Vizyon: Hava trafik yönetimi ve havaalanı işletmeciliği alanında, küresel boyutta rekabet gücüne haiz dünyanın öncü kuruluşlarından biri olmaktır.

- Hava seyrüsefer emniyetinin en üst düzeyde sağlamak
- Havalimanları işletmeciliği hizmetlerini uluslararası standartlarda sağlamak
- Bölgesel hava ulaşım merkezi olmak
- Bölgesel hava eğitim üssü olmak
- İnsan kaynaklarının optimum yönetimi ile hizmette kalite ve etkinliği artırmak

"Havaalanı Yapım, İşletim ve Sertifikalandırma Yönetmeliği, Minimum Gereklilikler" Madde 8: Hava alanlarının yapımı, işletimi ve sertifikalandırılması işlemlerinde 5/6/1945 tarihli ve 4749 sayılı Kanunla onaylanan Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi gereğince ICAO tarafından yayımlanan EK-2, 3, 9, 10, 11, 14, 15 ile 17 nin ve bunlara ilişkin yayımlanan dokümanların son şeklinde belirtilen

standart ve tavsiyeler ile ECAC tarafından yayımlanan Doküman 30'da belirtilen standartların altında bir uygulama yapılamaz.

Yönetmeliğin 3. Bölümünde "Hava Alanlarının Sertifikalandırması" Madde 25: Hava alanı işletmecisi, aşağıdaki kriterleri sağlayan hava alanları için belirtilen sertifikayı kendi adına tescil ettirmek zorundadır. Bu kriterleri sağlamayan hava alanları için sertifika alınması zorunlu değildir. Sertifikalandırılmayan hava alanlarına hava yolu işletmeleri tarafından yapılacak iniş ve kalkışlar hava yolu işletmecisi ve kaptan pilotun yetki ve sorumluluğundadır.

"A Grubu Sertifika" verilecek hava alanlarında olması gereken minimum fiziki özellikler ve hizmetler:

1. En az 1 adet 3000x45 m veya daha büyük ebatta piste sahip olması
2. Seyrüsefer yardımcı cihazlarının (ILS, VOR, DME, NDB ve benzeri) bulunması
3. En az CAT I veya CAT II kategorisinde pist aydınlatma ve yaklaşma ışıklarına sahip olması
4. Terminal yolcu kapasitesinin yıllık en az 3.000.000 olması
5. Terminal konforuna (ısıtma-soğutma-havalandırma-oturma grupları ve benzeri) sahip olması
6. Hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipi için kaza kırım ve kurtarma olanaklarına sahip olması
7. Uçuş emniyetinin sağlanması için kullanılan özel maksatlı araç, gereç ve teçhizata (kar rotatifi, pist sürtünme katsayısını ölçen teçhizat ve benzeri) sahip olması
8. Kargo kolaylıklarına sahip olması
9. Sahip olduğu pist veya pistler için hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipine göre Bakanlıkça belirlenecek Kaplama Sınıflandırma Numarasına (PCN) sahip olması
10. Hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipine göre belirlenecek en az 5 uçak kapasiteli aprona sahip olması
11. Gümrük ve pasaport hizmetleri, meteoroloji hizmetleri, yangın söndürme hizmeti, sağlık hizmeti, haberleşme hizmeti, yakıt hizmeti, yer hizmeti,

ikram hizmeti, güvenlik hizmeti gibi kolaylıkların kesintisiz olarak sağlanması

12. Hava alanı ile şehir merkezi arasındaki ulaşım kolaylıklarının olması

“A” grubu sertifika yeterliliklerine sahip olmayan havalimanlara “B Grubu Sertifika” verilmesi gereklidir.

"B Grubu Sertifika" verilecek hava alanlarında olması gereken minimum fiziki özellikler ve hizmetler:

1. En az 1 adet 1800x45 m veya daha büyük ebatta piste sahip olması
2. Gerekli seyrüsefer yardımcı cihazlarının bulunması
3. Pist aydınlatma ve yaklaşma ışıklarına sahip olması
4. Terminal yolcu kapasitesinin yıllık en az 1.000.000 olması
5. Sahip olduğu pist veya pistler için hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipine göre Bakanlıkça belirlenecek Kaplama Sınıflandırma Numarasına (PCN) sahip olması
6. Hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipine göre belirlenecek en az 3 uçak kapasiteli aprona sahip olması
7. Kesintisiz meteoroloji hizmeti
8. Kesintisiz güvenlik hizmeti
9. Kalkış ve inişten en az 2 saat önce, yangın söndürme hizmeti, haberleşme hizmeti, sağlık hizmeti sağlanması
10. Havalimanı ve şehir merkezi arasında ulaşım kolaylıklarının sağlanması

Uluslararası havalimanı ise bu hizmetlere ilaveten;

1. Gümrük ve pasaport kontrol hizmeti
2. Yakıt, yer ve ikram hizmetleri bulunması gerekir.

Geçici Madde 2: Halen işletilmekte olan ve yıllık yolcu trafiği;

- En az 500.000 olan hava alanları için bu Yönetmeliğin 25 inci maddesinde belirtilen en az "A Grubu Sertifika" kriterlerinin sağlanması
- En az 300.000 olan hava alanları için bu Yönetmeliğin 25 inci maddesinde belirtilen en az "B Grubu Sertifika" kriterlerinin sağlanması

- En az 100.000 olan hava alanları için bu Yönetmeliğin 25 inci maddesinde belirtilen en az "C Grubu Sertifika" kriterlerinin sağlanması, zorunludur.

"A" sertifikası için yeter koşullar ve Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yeterlilik durumu Çizelge 3.7' de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.7. Süleyman Demirel Havalimanı "A" sertifikası kriterleri

"A" Sertifikası Kriterleri	**Durum**		
	Yeterli	**Kısmen Yeterli**	**Yetersiz**
En az 1 adet 3000x45 m veya daha büyük ebatta piste sahip olması	★		
Seyrüsefer yardımcı cihazlarının bulunması	★		
En az CAT I veya CAT II kategorisinde pist aydınlatma ve yaklaşma ışıklarına sahip olması	★		
Terminal yolcu kapasitesinin yıllık en az 3.000.000 olması	★		
Terminal konforuna (ısıtma-soğutma-havalandırma-oturma grupları ve benzeri) sahip olması	★		
Hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipi için kaza kırım ve kurtarma olanaklarına sahip olması		★	
Uçuş emniyetinin sağlanması için kullanılan özel maksatlı araç, gereç ve teçhizata (kar rotatifi, pist sürtünme katsayısını ölçen teçhizat ve benzeri) sahip olması		★	
Kargo kolaylıklarına sahip olması		★	
Kaplama Sınıflandırma Numarasına (PCN) sahip olması		★	
Hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipine göre belirlenecek en az 5 uçak kapasiteli aprona sahip olması			★
Gümrük ve pasaport hizmetleri, meteoroloji hizmetleri, yangın söndürme hizmeti, sağlık hizmeti, haberleşme hizmeti, yakıt hizmeti, yer hizmeti, ikram hizmeti, güvenlik hizmeti gibi kolaylıkların kesintisiz olarak sağlanması		★	
Hava alanı ile şehir merkezi arasındaki ulaşım kolaylıklarının olması		★	

Süleyman Demirel Havalimanı “A” grubu sertifika için bir kısım yeterlilikleri yerine getirirken, birçok önemli fonksiyonda yeterliliği yerine getirememektedir. “A” sertifikası için yeterli özelliklere sahip olmamaktadır.

Isparta Süleyman Demirel Havalimanı “C” grubu sertifika yeterliliklerini sağladığından Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından 12 Mayıs 2006 tarihinde “C” Grubu olarak sertifikalandırılmıştır ve sertifika geçerliliği 12 Mayıs 2014’e kadardır.

A grubu sertifikası için yeter koşullar ve Antalya Havalimanı için yeterlilik durumu Çizelge 3.8’ de görüldüğü gibidir.

“A” grubu sertifikasyon gerekliliklerini yerine getirdiğinden, Antalya Havalimanı 12 Mayıs 2006’da Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından sertifikalandırılmıştır ve sertifika geçerliliği 12 Mayıs 2014 tarihine kadardır.

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından SHGM’nün sertifikalandırdığı havalimanları listesi Çizelge 3.9’ da gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Antalya Havalimanı "A" sertifikası kriterleri

"A" Sertifikası Kriterleri	**Durum**		
	Yeterli	**Kısmen Yeterli**	**Yetersiz**
En az 1 adet 3000x45 m veya daha büyük ebatta piste sahip olması	★		
Seyrüsefer yardımcı cihazlarının bulunması	★		
En az CAT I veya CAT II kategorisinde pist aydınlatma ve yaklaşma ışıklarına sahip olması	★		
Terminal yolcu kapasitesinin yıllık en az 3.000.000 olması	★		
Terminal konforuna (ısıtma-soğutma-havalandırma-oturma grupları ve benzeri) sahip olması	★		
Hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipi için kaza kırım ve kurtarma olanaklarına sahip olması	★		
Uçuş emniyetinin sağlanması için kullanılan özel maksatlı araç, gereç ve teçhizata (kar rotatifi, pist sürtünme katsayısını ölçen teçhizat ve benzeri) sahip olması	★		
Kargo kolaylıklarına sahip olması	★		
Kaplama Sınıflandırma Numarasına (PCN) sahip olması	★		
Hava alanına inecek en büyük gövdeli uçak tipine göre belirlenecek en az 5 uçak kapasiteli aprona sahip olması	★		
Gümrük ve pasaport hizmetleri, meteoroloji hizmetleri, yangın söndürme hizmeti, sağlık hizmeti, haberleşme hizmeti, yakıt hizmeti, yer hizmeti, ikram hizmeti, güvenlik hizmeti gibi kolaylıkların kesintisiz olarak sağlanması	★		
Hava alanı ile şehir merkezi arasındaki ulaşım kolaylıklarının olması	★		

Çizelge 3.9. SGHM'nün sertifikalandırdığı havalimanları

Havaalanı İşletmecisi	Havalimanı	Sertifika Grubu	Sertifika Veriliş Tarihi	Sertifika Geçerlilik Tarihi
DHMİ Genel Müdürlüğü	Atatürk Havalimanı	A	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Esenboğa Havalimanı	A	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Antalya Havalimanı	A	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Adnan Menderes Havalimanı	A	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Dalaman Havalimanı	A	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
Havalimanı İşletme ve Havacılık Endüstrileri A.Ş.	Sabiha Gökçen Havalimanı	A	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Milas-Bodrum Havalimanı	B	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Trabzon Havalimanı	B	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Adana Havalimanı	B	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Samsun Çarşamba Havalimanı	B	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Ferit Melen Havalimanı	B	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Gaziantep Havalimanı	B	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Nevşehir Kapadokya Havalimanı	C	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Süleyman Demirel Havalimanı	C	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Kars Havalimanı	C	12 Mayıs 2006	12 Mayıs 2014
DHMİ Genel Müdürlüğü	Şanlıurfa GAP Havalimanı	B	21 Ağustos 2008	21 Ağustos 2016
IC İçtaş Zafer Uluslararası Havalimanı Yatırım ve İşletme A.Ş.	Zafer Havalimanı	B	7 Haziran 2013	7 Haziran 2014

3.5. Yöntem

Bu bölümde, havalimanı yolcu kapasitesi belirleme ve kapasite analizine veri teşkil eden; sayım, yolcu güzergâh analizi ve yolcu hareket hızları gibi değerleri tespit etmede kullanılacak yöntemler açıklanmıştır. Bu yöntemlerin çalışma biçimleri, kullanılma şekilleri vb. gibi hususlarda anlatımlar yapılmıştır.

Çalışmanın en önemli ayaklarından biri, ilgili havalimanında yapılan yolcu sayımları ve gözlemleridir. Terminal büyüklükleri, yolcu kapasiteleri ve terminal tasarım şemaları birbirinden farklı iki havalimanı olan Isparta Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı'nda alınan izinler doğrultusunda sayımlar gerçekleştirilmiştir.

Yolcu sayımları için ilgili terminal alanında video çekimleri yapılmış ve sayımlar, bu video çekimlerinin Matlab programı altyapısında analizi ile elde edilmiştir. Gözlemler ile incelenen yolcularda temel olarak irdelenen özellikler şöyledir:

- Yolcuların mekânlarda (terminal giriş salonu X-ray giriş denetimi, check-in kontuarları, arındırılmış salon girişleri) geçiş aralıkları tespit edilmiştir.
- Yolcuların bahsedilen mekânlar arasında harcadıkları süreler tespit edilmiştir.
- Yolcuların yürüme hızları belirlenmiştir.
- Yolcuların mekânlarda tercih ettikleri güzergâhlar belirlenmiştir.
- Yolcuların terminal alanına girdikleri anda taşıdıkları bagaj sayıları tespit edilmiştir.
- Yolcuların her mekânda oluşturdukları azami kuyruklar tespit edilmiştir.

Terminale giriş yapan yolcular, hangi tip havalimanı terminali olursa olsun öncelikle güvenlik denetiminden geçmek zorundadır.

Giriş X-ray denetiminden geçen yolcular, bilet kontrol bankolarına (kontrol bankoları açık ise) giderler ya da bekleme alanlarına dağılabilirler. Check-in işlemlerinden sonra yolcular uçağa gitmek için ikinci bir güvenlik kontrolünden

daha geçmek zorundadırlar. Arındırılmış salon girişi güvenlik denetiminden geçen yolcular uçağa gitmeye hazır durumdadırlar.

Havalimanlarında online check-in işlemlerinin yapılabildiği kioks cihazları bulunmaktadır. Bazı yolcular bu cihazları kullanarak uçuş kartlarını alabilirler ve bilet kontrol bölgesinde sıraya girmek zorunda olmadan giriş salonundan geçtikten sonra uçuş kartlarıyla birlikte arındırılmış salona yönlenebilirler.

Terminal birimleri arasında oluşabilecek yolcu hareket senaryoları analiz edilmiştir.

Terminal içindeki yolcuların sayımlarını sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmek için ilgili birimde yolcuları en iyi şekilde görüntülenebileceği bir açıda kamera yerleştirilmiş ve video çekimleri yapılmıştır.

Video kayıtlarının tamamlanmasının ardından videolar işlenmek üzere Matlab altyapısında bulunan görüntü işleme kodları kullanılarak oluşturulan program ile ilgili video üzerinden yolcuların sayıları, hareket yörüngeleri, görüntüye giriş yaptığı ve ayrıldığı kare verilerine ulaşılmıştır.

Video kayıtlarından istenilen verilerin elde edilmesi için bir görüntü işleme algoritması oluşturulmuştur.

Yolcuların tespiti, sayımı, hareket yörüngelerinin belirlenmesi ve hareket hızlarının bulunması için kullanılan programın, yapılacak görüntü işleme işlemlerini nasıl gerçekleştirdiğinin açıklanması gerekmektedir. Bunun için Matlab altyapısında geliştirilen programın algoritması ve kullanılan fonksiyonlar açıklanmıştır.

3.5.1. Hareket tabanlı çoklu nesne takibi ve sayımı

Hareketli nesnelerin tespit ve hareket tabanlı takip işlemleri, birçok görsel programlama uygulamaların, hareket tanımlama, trafik takibi ve otomotiv güvenliğinini de içeren önemli bir bileşenidir.

Hareket tabanlı nesne takibi iki bölüme ayrılabilir:

1. Her karede hareketli nesnelerin tespiti,
2. Süre içerisinde aynı nesne tespitlerini ilişkilendirme.

Hareketli nesnenin tespiti, Gauss karışım modeli tabanlı bir arkaplan çıkarımı kullanmaktadır. Fiziksel operasyonlar, sonuç önplan maskesine gürültüyü ayırmak için başvurmaktadır. Son olarak blob analizi hareketli nesneye en uygun birbirine bağlı pikselleri tespit etmektedir.

Aynı objenin tespitinin ilişkilendirilmesi, sadece hareket tabanlıdır. Her takibin hareketi bir Kalman filtresi aracılığı ile tahmin edilmektedir. Kalman filtresi her karede takibin yerini tahmin etmekte ve her takipteki, her bir ilişkilendirilmiş tespiti belirlemekte kullanılmaktadır.

Nesnelerin oluşturduğu izin korunması, bu uygulamanın önemli bir yönüdür. Verilen her karede, bazı tespitler takiplerle ilişkilendirilir iken, diğer tespitler ve takipler ilişkilendirilmemiş kalabilmektedir. İlişkilendirilmemiş takipler işaretli görünmemektedirler. Atanmamış bir tespit yeni bir takibi başlatmaktadır.

Her takip birbiri ardına gelen karelerin sayısını ilişkilendirilmedikleri yere kadar tutmaktadır. Eğer sayım belirtilen eşiği aşıyor ise, uygulama nesnenin görüntü alanını terkettiğini varsayıp, takibini silmektedir.

Aşağıda yapısı verilen program, ana yapıyı oluşturan fonksiyon ve iç içe geçmiş yardımcı fonksiyonlardan oluşmaktadır.

```
function multiObjectTracking()
```

Kaynak videoyu okumak için sistem nesnelerinin oluşturulması, hareketli nesnelerin tespiti ve sonuçların görüntülenmesi

```
obj = setupSystemObjects();
```

Boş bir takip dizisinin oluşturulması.

```
tracks = initializeTracks();
```

Sonraki takibin numaralandırılması.

```
nextId = 1;
say=0;
fr=-1;
```

Koordinat değişkeni tanımlanması.

```
global xy  a ilk;
xy(:,2)=zeros;
hold off;
```

Hareketli nesnelerin tespiti, video kareleri boyunca takibi.

```
while ~isDone(obj.reader)
    frame = readFrame();
    fr=fr+1
 if fr ==25
    end

    [centroids, bboxes, mask] = detectObjects(frame);
    predictNewLocationsOfTracks();
    [assignments, unassignedTracks, unassignedDetections]
= ...
        detectionToTrackAssignment();

    updateAssignedTracks();
```

```
    updateUnassignedTracks();
    deleteLostTracks();
    createNewTracks();

    displayTrackingResults();
end
```

3.5.1.1. Sistem nesnelerinin oluşturulması

Sistem nesneleri video karelerinin okunması, önplan nesnelerinin tespiti ve sonuçların görüntülenmesi için oluşturulur.

```
function obj = setupSystemObjects()
```

Videonun başlatılması, dosyadan video okuma için nesnelerin oluşturulması, her karede takip edilen nesnelerin çizilmesi ve videonun oynatılması,

Video dosyası okuyucusunun oluşturulması,

```
obj.reader = vision.VideoFileReader('terminal.avi');
```

Videoları görüntülemek ve önplan maskesini görüntülemek için iki video oynatıcısının oluşturulması,

```
obj.videoPlayer = vision.VideoPlayer('Position', [20,
400, 700, 400]);
obj.maskPlayer = vision.VideoPlayer('Position', [740,
400, 700, 400]);
```

Önplan tespiti ve analizi için sistem nesnelerinin oluşturulması,

Önplan tespitçisi, arkaplandan hareketli nesneleri ayırmak için kullanılır. Bu ayrım ikili maske çıktısı vermektedir. İkili maskede piksel değeri 1 olan önplana, piksel değeri 0 olan arkaplana karşılık gelmektedir.

```
obj.detector = vision.ForegroundDetector('NumGaussians',
3, ...
```

```
'NumTrainingFrames', 40, 'MinimumBackgroundRatio', 0.7);
```

Önplan piksellerinin bağlı grupları, hareketli nesnelere muhtemelen karşılık gelmektedir. Blob analizi sistem nesnesi, bloblar ya da bağlı bileşenler adıyla bilinen bu gibi grupları bulmak için kullanılmakta ve onların karakteristiklerini, alanlarını ve çerçevelerini hesaplamaktadır.

```
obj.blobAnalyser =
vision.BlobAnalysis('BoundingBoxOutputPort', true, ...
            'AreaOutputPort', true, 'CentroidOutputPort',
true, ...
            'MinimumBlobArea', 400);
end
```

3.5.1.2. Takiplerin ve sayımın tanımlanması

"`initialize tracks`" fonksiyonu, hareketli nesnenin videoda temsil edildiği yapının her birinin takibinin dizisini oluşturmaktadır. Yapının amacı takip edilen nesnenin durumunu korumaktır. Durum, takip ataması tespiti, takip bitişi ve görüntülenmesi bilgilerinden oluşmaktadır.

Yapı, aşağıdaki alanlardan oluşmaktadır.

`id:` Takip değişkenidir

`bbox:` Nesnenin anlık çerçevesidir, görüntülemede kullanılır

`kalmanFilter:` Hareket tabanlı takip için bir Kalman filteri nesnesi kullanılır

`age:` Takibin ilk tespitinde nesneye verilen çerçeve numarasını belirtir.

`totalVisibleCount:` Takip silindiği andaki toplam nesne sayımı (görünür)

`consecutive:` Takibi silinmemiş ardışık kare sayısı (görünmez).

Gürültülü tespitler kısa ömürlü takip sonuçlu olma eğilimindedirler. Bu sebepten, program nesneyi sadece birkaç kare sonra görüntülemektedir. Bu durum, `totalVisibleCount` belirlenmiş eşiği aştığında görülür.

İlişkilendirilmiş birkaç ardışık karenin takibinde bir tespit olmadığında program, nesnenin görüntü alanını terkettiğini veya izinin silindiğini varsaymaktadır. Bu

durum `consecutiveInvisibleCount` belirlenmiş eşiği aştığında görülmektedir. Aynı zamanda bir takip, eğer kısa zamanlı ise gürültü gibi silinebilmektedir.

```
function tracks = initializeTracks()
```

Boş bir takip dizisi oluşturma.

```
tracks = struct(...
    'id', {}, ...
    'bbox', {}, ...
    'kalmanFilter', {}, ...
    'age', {}, ...
    'totalVisibleCount', {}, ...
    'consecutiveInvisibleCount', {});
end
```

3.5.1.3. Video karesi okuma

Video dosyasından bir sonraki video karesinin okunması.

```
function frame = readFrame()
    frame = obj.reader.step();
end
```

3.5.1.4. Nesnelerin tespiti

`detectObjects` fonksiyonu, tespit edilmiş nesneleri merkezlerine ve çerçevelenmiş durumlarına dönüştürmektedir. Aynı zamanda, aynı boyutta olan girdi karelerini ikili maskeye dönüştürmektedir. 1 değerli pikseller önplana, 0 değerli pikseller ise arkaplana tekabül etmektedirler.

Fonksiyon önplan tespitçisini kullanarak hareket ayrımı yapmaktadır. Daha sonra gürültülü pikselleri kaldırmak ve boşlukları kalan bloblar ile doldurmak için ikili maskeden oluşan fiziksel operasyonlar gerçekleştirmektedir.

```
function [centroids, bboxes, mask] = detectObjects(frame)
```

Önplanın tespit edilmesi.

```
mask = obj.detector.step(frame);
```

Görüntüyü gürültüden arındırmak ve boşlukları doldurmak için fiziksel operasyonlar uygulanması.

```
mask = imopen(mask, strel('rectangle', [3,3]));
mask = imclose(mask, strel('rectangle', [15, 15]));
mask = imfill(mask, 'holes');
```

Bağlı bileşenleri bulmak için blob analizi gerçekleştirilmesi.

```
[~, centroids, bboxes] = obj.blobAnalyser.step(mask);

end
```

3.5.1.5. Mevcut takibin yeni yerlerinin tahmini

Anlık karede her takibin merkezinin tahmin edilmesi ve buna uygun şekilde çerçevendirilmesi için Kalman filtresi kullanılmaktadır.

```
function predictNewLocationsOfTracks()
    for i = 1:length(tracks)
        bbox = tracks(i).bbox;
```

Takibin şimdiki yerinin tahmin edilmesi.

```
        predictedCentroid =
predict(tracks(i).kalmanFilter);
```

Çerçeve yerinin, tahmin edilen yer ile değiştirilmesi.

```
        predictedCentroid = int32(predictedCentroid) -
bbox(3:4) / 2;
        tracks(i).bbox = [predictedCentroid, bbox(3:4)];
     end
end
```

3.5.1.6. Nesnelerin hareket rotaları

Nesnelerin hareketlerinin görüntüdeki xy koordinat düzlemlerindeki yerlerinin ve takip boyunca yürüme rotalarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

```
tracks(i).bbox = [predictedCentroid, bbox(3:4)];
say = say+1
```

```
xy(say,:)=predictedCentroid;
      end
end
```

3.5.1.7. Tespitlerin takiplere atanması

Algoritma iki adımdan oluşmaktadır:

Adım 1: Her takibe atanmış tüm tespitlerin değerinin hesaplanması `vision.KalmanFilter` sistem nesnesinin `distance` metodu kullanılarak yapılmaktadır. Değer, takibin tahmin edilmiş merkezi ve tespitin merkezi arasındaki Euclidean mesafesi hesabını içine almaktadır. Aynı zamanda Kalman filtresi tarafından sağlanan tahminin güvenirliliğini içermektedir. Sonuçlar bir MxN matrisine M takiplerin, N ise tespitlerin sayısını belirtmek üzere depolanmaktadır.

Adım 2: Atama sorununun çözülmesi, değer matrisinin `assignDetectionsToTracks` fonksiyonu kullanılarak ifade edilmektedir. Fonksiyon değer matrisi ve takibe atanmamış herhangi bir tespitin değerini almaktadır.

Takibe atanmamış bir tespitin değeri, `vision.KalmanFilter` sistem nesnesinin `distance` metodu tarafından değer aralığına dönüştürmesine bağlı olmaktadır. Bu değer deneysel olarak ayarlanmalıdır. Yeni takibin oluşturulmasının olasılığının çok az artırılması takip parçalanmasına neden olmaktadır. Olasılığın çok fazla artırılması durumda ise ayrık hareketlerin tek bir takibe uydurulması ile sonuçlanabilir.

`assignDetectionsToTrack` fonksiyonu Macar algoritmasının Munkres sürümünü, bir atamanın asgari değerlerde hesaplanması için kullanmaktadır. Bu sürüm atanmış takipleri ve iki sütunundaki tespitlerin uygun indislerini içeren bir Mx2 matrisine dönüştürmektedir. Aynı zamanda kalan atanmamış tespitlerin ve takiplerin indislerini de dönüştürmektedir.

```
function [assignments, unassignedTracks,
unassignedDetections] = ...
        detectionToTrackAssignment()

        nTracks = length(tracks);
        nDetections = size(centroids, 1);
```

Her takibin her tespite atanmasının değerinin hesaplanması.

```
        cost = zeros(nTracks, nDetections);
        for i = 1:nTracks
            cost(i, :) = distance(tracks(i).kalmanFilter,
centroids);
        end
```

Atama sorununun çözülmesi.

```
        costOfNonAssignment = 20;
        [assignments, unassignedTracks,
unassignedDetections] = ...
            assignDetectionsToTracks(cost,
costOfNonAssignment);
end
```

3.5.1.8. Atanmış takiplerin güncellenmesi

`updateAssgnedTracks` fonksiyonu her tespite uyan tüm atanmış takipleri güncellemektedir. Bu fonksiyon `vision.KalmanFilter` sistem nesnesinin `correct` metodunu çağırmaktadır. Sonrasında yeni çerçeveyi kurmakta ve takibin yaşını ve toplam görünen nesne sayısını bir artırmaktadır. Son olarak, fonksiyon görünmez sayımları sıfıra ayarlamaktadır.

```
function updateAssignedTracks()
    numAssignedTracks = size(assignments, 1);
    for i = 1:numAssignedTracks
        trackIdx = assignments(i, 1);
        detectionIdx = assignments(i, 2);
        centroid = centroids(detectionIdx, :);
        bbox = bboxes(detectionIdx, :);
```

Nesnenin yer tahmininin doğrulanmasında yeni tespitlerin kullanılması.

```
correct(tracks(trackIdx).kalmanFilter, centroid);
```

Tespit edilen çerçeve ile tahmin edilen çerçevenin değiştirilmesi

```
tracks(trackIdx).bbox = bbox;
```

Takibin sayısının güncellenmesi.

```
tracks(trackIdx).age = tracks(trackIdx).age + 1;
```

Görünürlüğün güncellenmesi (sayımın başlatılması).

```
tracks(trackIdx).totalVisibleCount = ...
tracks(trackIdx).totalVisibleCount + 1;
tracks(trackIdx).consecutiveInvisibleCount = 0;
    end
end
```

3.5.1.9. Atanmamış takiplerin güncellenmesi

Atanmamış her takibi görünmez olarak işaretleme ve sayısının 1 artırılması.

```
function updateUnassignedTracks()
    for i = 1:length(unassignedTracks)
        ind = unassignedTracks(i);
        tracks(ind).age = tracks(ind).age + 1;
        tracks(ind).consecutiveInvisibleCount = ...
        tracks(ind).consecutiveInvisibleCount + 1;
    end
end
```

3.5.1.10. Kayıp takiplerin silinmesi

Atanmamış tespitlerden yeni takipler oluşturmaktadır. Herhangi bir atanmamış tespiti yeni bir takip başlangıcı olarak üstlenir. Gerçekte boyut, yer veya görünüm gibi işaretler, gürültü tespitlerini ayırma için kullanılabilmektedir.

```
function createNewTracks()
    centroids = centroids(unassignedDetections, :);
    bboxes = bboxes(unassignedDetections, :);

    for i = 1:size(centroids, 1)

        centroid = centroids(i,:);
        bbox = bboxes(i, :);
```

Kalman filtre nesnesi oluşturma.

```
kalmanFilter = configureKalmanFilter('ConstantVelocity',
...
centroid, [200, 50], [100, 25], 100);
```

Yeni takip ve sayım oluşturma.

```
newTrack = struct(...
    'id', nextId, ...
    'bbox', bbox, ...
    'kalmanFilter', kalmanFilter, ...
    'age', 1, ...
    'totalVisibleCount', 1, ...
    'consecutiveInvisibleCount', 0);
```

Yeni takibi takip dizisine ekleme.

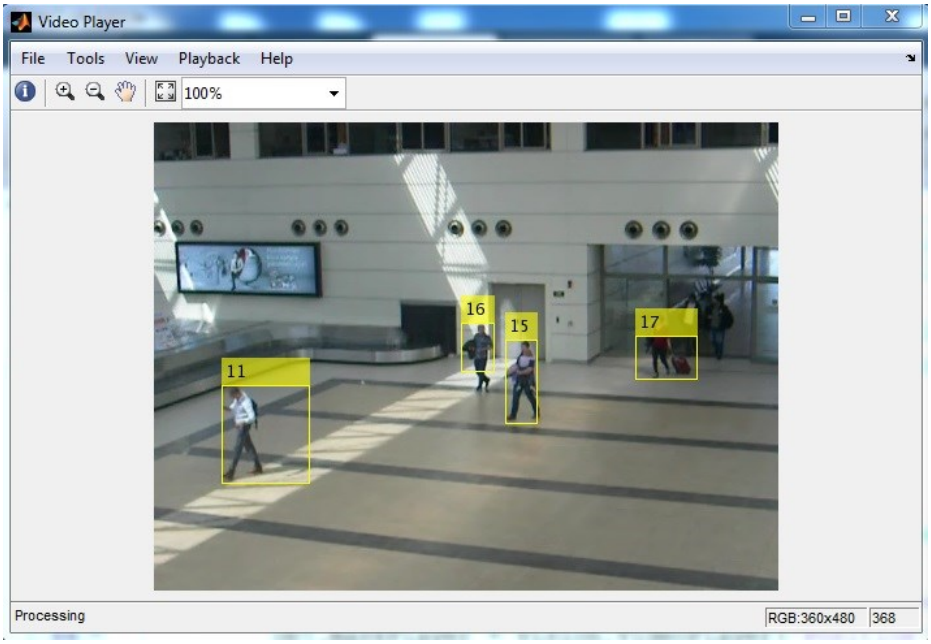
```
tracks(end + 1) = newTrack;
ilk(nextId,1)= newTrack.cv
```

Sayımın artırımı

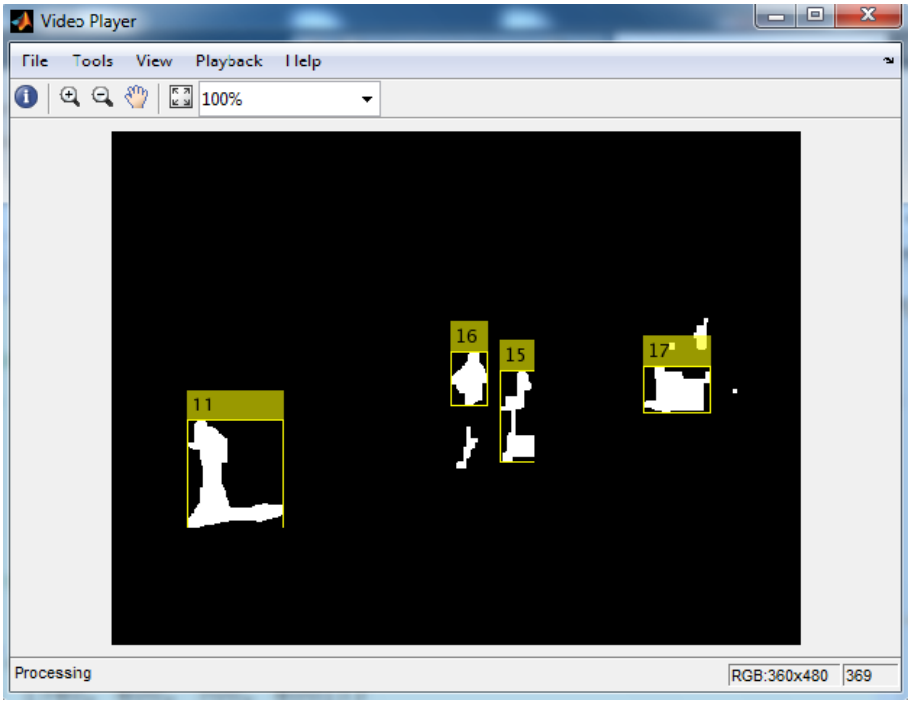
```
nextId = nextId + 1;
    end
end
```

3.5.1.11. Takip sonuçlarının görüntülenmesi

`displayTrackinResults` fonksiyonu, video karesindeki her takip ve önplan maskesi için bir çerçeve ve etiket çizmektedir. Daha sonra kare ve maske kendi video oynatıcısında görüntülenmektedir (Şekil 3.57, Şekil 3.58).



Şekil 3.57. Antalya Havalimanı gelen yolcu salonu yolcu sayımı



Şekil 3.58. Yolcu sayımı arkaplan çıkarımı

```
function displayTrackingResults()
```

Kare ve maskenin “uint8 RGB” formatına dönüştürülmesi.

```
frame = im2uint8(frame);
mask = uint8(repmat(mask, [1, 1, 3])) .* 255;

minVisibleCount = 8;
if ~isempty(tracks)
```

Kısa süresli takip sonuçlarına eğilimli gürültü tespitlerinin sadece minimum kare sayısından fazla olanlarının gösterilmesi.

```
reliableTrackInds = ...
    [tracks(:).totalVisibleCount] > minVisibleCount;
reliableTracks = tracks(reliableTrackInds);
```

Nesnelerin görüntülenmesi. Eğer bu karede nesne tespit edilmezse, nesnenin tahmini çerçevesinin görüntülenmesi, çerçeve çizilmesi ve kimlik verilmesi.

```
if ~isempty(reliableTracks)
    bboxes = cat(1, reliableTracks.bbox);
    ids = int32([reliableTracks(:).id]);
```

Gerçek yerlerinden ziyade tahmin edilmiş belirtilen nesneler için etiket oluşturulması.

```
labels = cellstr(int2str(ids'));
predictedTrackInds = ...
    [reliableTracks(:).consecutiveInvisibleCount] > 0;
isPredicted = cell(size(labels));
isPredicted(predictedTrackInds) = {' predicted'};
labels = strcat(labels, isPredicted);
```

Çerçeve ve maske çizilmesi.

```
frame = insertObjectAnnotation(frame, 'rectangle', ...
   bboxes, labels);

mask = insertObjectAnnotation(mask, 'rectangle', ...
   bboxes, labels);
```

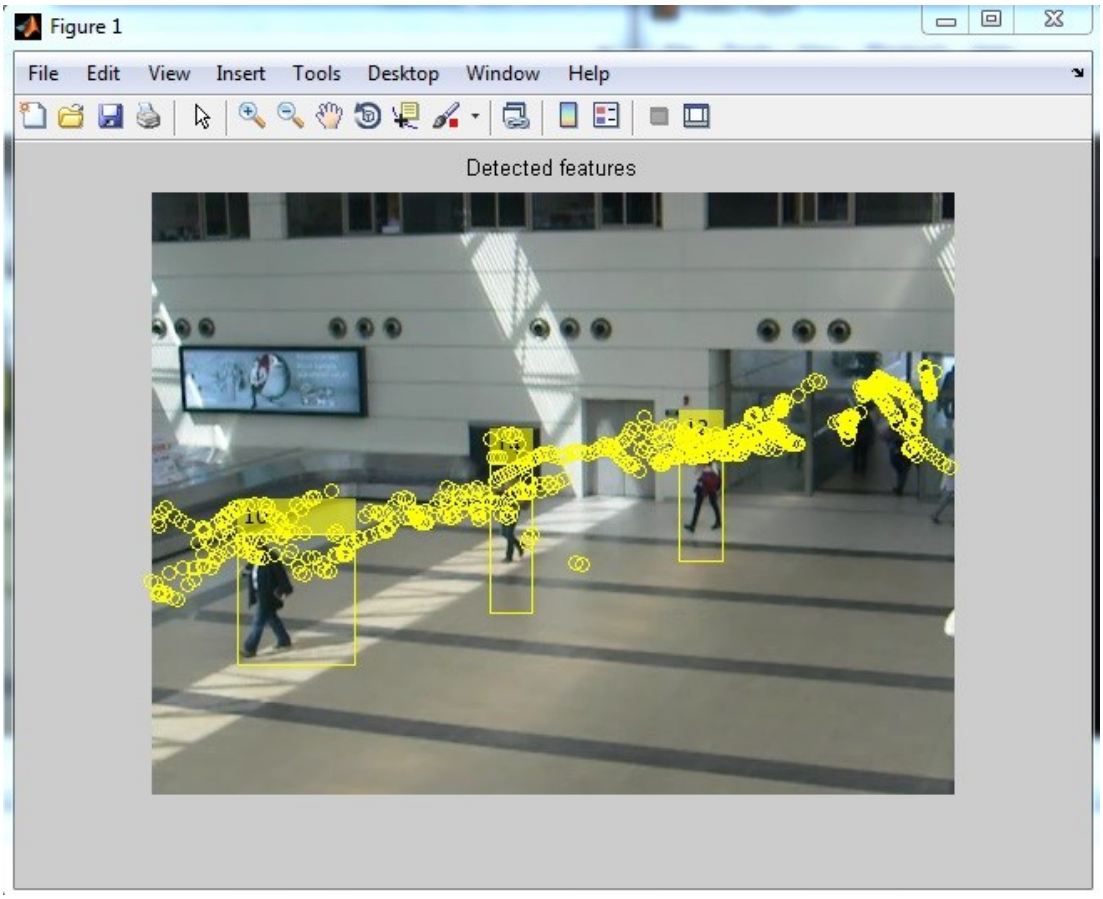
```
    end
end
```

Maske ve çerçevenin görüntülenmesi.

```
obj.maskPlayer.step(mask);
obj.videoPlayer.step(frame);
end
```

Nesne görüntüde kalmakta ve xy düzlemleri boyunca hareket etmekte ise hafızada tutulup özelliklerinin belirlenmesi ve hareket rotasının çizilmesi ve görüntülenmesi (Şekil 3.59).

```
imshow(frame) ,hold on, title('Detected features');
plot(xy(:,1),xy(:,2),'oy');
end
```



Şekil 3.59. Hareket rotalarının çizilmesi

3.5.1.12. Özet

Çoklu hareket eden nesnelerin takibi için hareket tabanlı sistem oluşturulmuştur. Parametreler değiştirilerek tespit, atama ve silinme aşamaları denenebilmektedir.

Programdaki takip sistemi sadece düz bir hatta ve sabit hızda giden nesnelerin hareket tahminine dayanmaktadır. Bir nesnenin hareketi kaydadeğer bir şekilde bu modelden saparsa, program takip hataları verebilmektedir.

Takip hatalarının olasılıkları sabit ivmelenme veya her nesne için Kalman filtresi kullanılması gibi daha karışık bir hareket modeli kullanılarak azaltılabilir. Aynı zamanda tespitlerin ilişkilendirilmesindeki diğer işaretler (boyut, şekil, renk vb.) sisteme zamanla dâhil edilebilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Havalimanı terminal binaları, yolcu-uçak arasındaki bağlantıda yolcu faaliyetlerinin en yoğun olduğu havalimanı yapısı olduğundan havalimanı sistemi içinde büyük bir öneme sahip olmaktadır. Terminal birimleri arasındaki yolcu trafiği, havalimanı genel fonksiyonlarını doğrudan etkilemektedir. Terminal birimlerinin işlevsel olması havacılık faaliyetlerinin düzenli olmasına katkı sağlamaktadır. Uçak yolculuğu yüzyıl öncesinde zenginlere hizmet amacıyla başlamıştı, şimdi ise küresel bir endüstri durumundadır. Yolcular da çoğu kez havalimanında bunu hissetmektedir. Yolcular bir ticari mal gibi işleme tabi tutulur ve bir sıradan diğerine geçerler.

Havalimanlarının günümüzde bu derece gelişmiş hâle gelmesinin nedeni artan yolcu taleplerinin karşılanması için yapılan çalışmalar ve geliştirilen yenilikler sayesinde mümkün olmaktadır. Günümüzde karmaşık ve anlaşılmaz terminal tipleri yerini sade ve işlevsel terminal yapılarına bırakmaktadır. Terminal içindeki yolcu faaliyetlerinin düzenli hâle getirme çalışmaları havalimanı sisteminin düzenli işlemesi açısından önem arzetmektedir. Yolcu faaliyetleri karmaşık bir yapıda olduğundan, terminal yapısının geliştirilmesi ve yolcu faaliyetlerinin incelenmesi ve anlamlı hâle getirilmesi için yapılacak çalışmalar terminal kapasitesinin verimli kullanılması açısından büyük önem arzetmektedir.

Bu tez çalışmasında terminal içindeki yolcu faaliyetlerinin irdelenmesi ve bu faaliyetlerin kapasite açısından anlamlı hâle getirilmesi amacıyla terminal fonksiyonları içerisindeki önemli bölgeler, hazırlanmış program vasıtasıyla incelenmiştir. Giriş denetimi, bekleme ve serbest dolaşım alanı, bilet kontrol bölümü, arındırılmış salon girişi ve apron bölgesi gibi alanlardaki yolcu faaliyetleri (geçiş süreleri, yürüme hızları, yürüme aksları vb. gibi) belirlenmiştir.

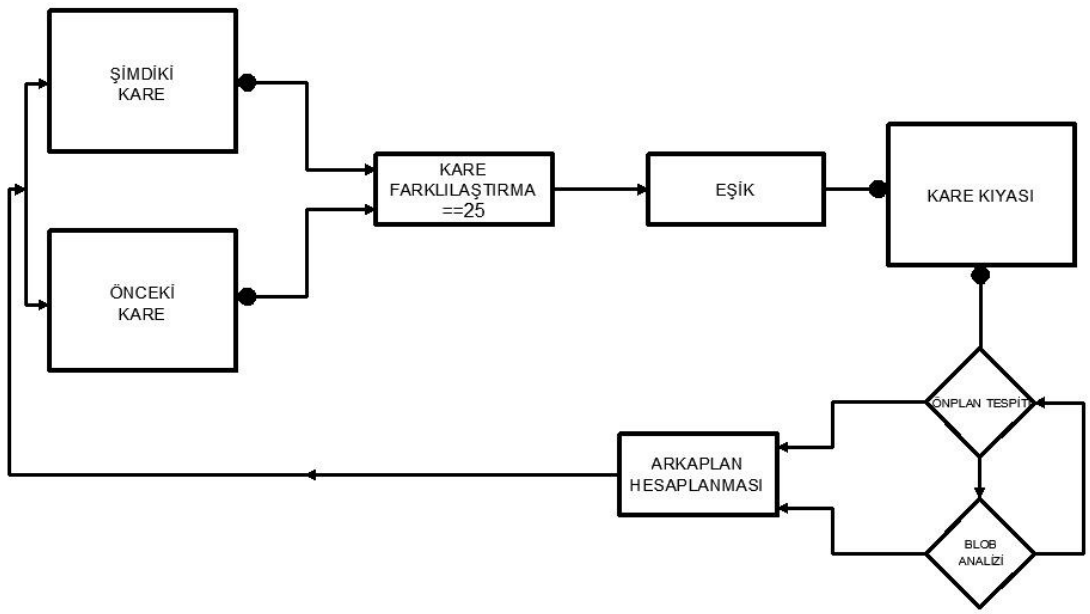
Programın çalışma biçiminin anlaşılması algoritmasının çıkarılması ve işleyişinin izahı ile mümkün olmaktadır. Bu sebeple programı oluşturan algoritmalar çıkarılmış ve sistem elemanlarına açıklama getirilmiştir.

4.1. Ana ve Arkaplan Algoritmaları

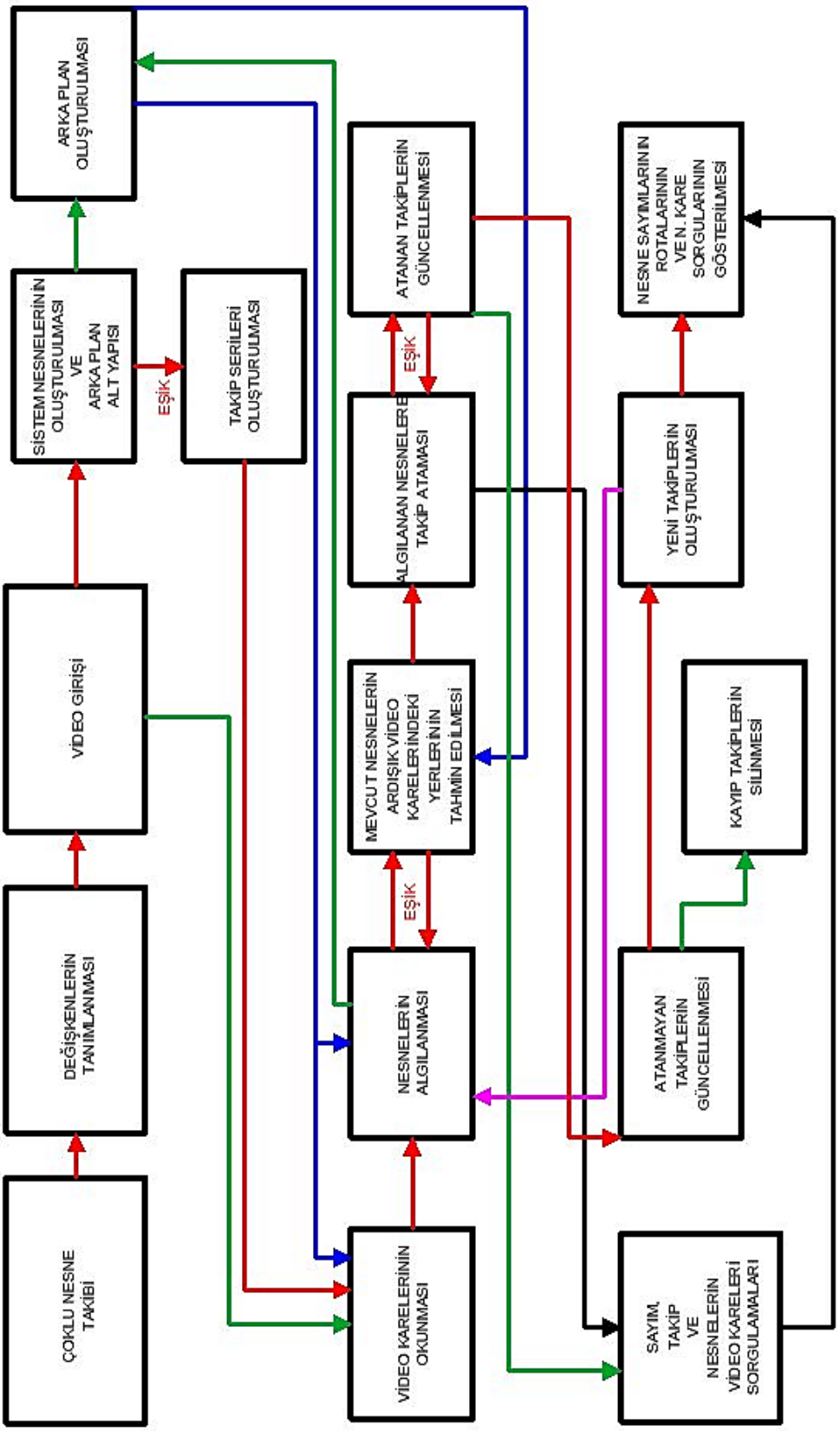
Programın çalışma prensiplerinin ve işleyişinin bilinmesi, uygulamaların sağlıklı sonuçlar verebilmesi açısından son derece önemlidir. Sonuçlar üzerindeki hataların veya ortaya çıkabilecek sorunların algoritmanın hangi aşamasında tıkandığının görülerek sisteme müdahale edilmesi açısından, sistemin sonuca etki eden her fonksiyonu içeren bir algoritması çıkarılmıştır.

Programın çalışma düzeninde esas işlemleri, ana algoritma ve bu ana algoritmaya bağlı arkaplan algoritması oluşturmaktadır. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de bu algoritmalar şematize edilmiştir.

Şekil 4.2'de şematize edilen algoritmada kırmızı renk ile belirtilen oklar sistemin ana akışını, yeşil renk ile belirtilen oklar ana akıştan ayrılan yan fonksiyonların akışını, mavi renk ile belirtilen oklar; arkaplan algoritmasının diğer fonksiyonlar ile bağlantısını belirtmekte, siyah renkli oklar; döngüye girmeyen ana fonksiyonların akışını belirtmektedir. Eflatun renkteki ok ise aynı video üzerinde yeni sayımların başlatılması için nesnelerin algılanması fonksiyonuna yapılan döngüyü belirtmektedir.



Şekil 4.1. Arkaplan çıkarımı algoritması



Şekil 4.2. Sistemin ana algoritması

Sistemin ana algoritması üç temel yapıdan oluşmaktadır. Bunlar; sistem nesneleri kullanarak video okunması, hareketli nesne tespiti ve sonuçların görüntülenmesidir.

Programa belirli bir hedefte kaynak video tanıtılmasıyla algoritma başlamış olur. Sistem öncelikle, kullanacağı fonksiyonlardaki değişkenleri tanımlar. Bu değişkenler daha önce yöntem bölümünde açıklanmıştır. Sistem nesneleri oluşturularak hem videonun okunması hem de arkaplan algoritmasının altyapısı oluşturulmaktadır.

Hareketli nesne tespiti yapılabilmesi için kaynak videonun okunmaya başlanmasından sonra video üzerinde arkaplan oluşturarak, nesnelerin bu arkaplandan önplan tespiti ile ayırtedilmesi gerçekleştirilir. Şekil 3.60'da belirtildiği gibi arkaplan algoritması ardışık video kareleri arasında kare farklılaştırma yaparak; 25 kare boyunca ardışık kareler arasında değişim olmakta ise kareler bir önceki ve bir sonraki video karesi şeklinde kıyasa girmektedir. Bir önceki ve bir sonraki kare şeklinde adlandırılan ikili imgeler (siyah-beyaz) üzerinde hareket eden nesneler beyaz renktedir ve önplan tespitine esas teşkil eder. Hareket halindeki piksellerin biribiriyle olan bağlantısını ise bu aşamada blob analizi belirlemektedir. Bu işlemlerin ardından arkaplan görüntüsü bir sonraki video karesi üzerinden tekrarlanarak döngü oluşturulur ve arkaplan hesaplanmış olur. Bu aşamadan sonra arkaplan algoritması ana algoritmada bağlı olduğu fonksiyonlara verileri göndermektedir.

Arkaplan algoritmasının edindiği veriler ana algoritmada ilgili fonksiyonlara aktarılarak; video karelerinden nesneler algılanıp, videonun devamındaki karelerde nesne hareketleri tahmin edilip, eşik değer hareketinin üzerindeki durumlara takipler atanır ve bunlara numaralar verilir. Eşik değerin altındaki hareketlerde yani hareketin algılanmaması durumunda ise belirlenen eşik değerler boyunca takip hafızada tutulur. Eşik değerdeki video kareleri boyunca bir değişme olmaz ise oluşan bu atanmamış takipler sonlandırılır ve silinir. Atanmış sayımlar yani takipler, takip eden kareler boyunca sorgulamalardan geçerek görüntülenir. Görüntülenen sayımlar sonuç ekranı üzerinde

işaretlenerek takip numarası verilen sayımın güzergâhı belirtilir. Sayımların görüntüde kalma süresi ise nesnelerin algılanması ve algılanan nesnelere takip atanması fonksiyonlarında, görüntüye giriş ve çıkış karelerini belirtilmesi vasıtasıyla bulunmaktadır.

Terminal içindeki yolcu faaliyetlerinin irdelenmesi ve bu faaliyetlerin kapasite açısından anlamlı hâle getirilmesi ve yolcu faaliyetlerinin havalimanı büyüklük ölçeğine göre nasıl farklılıklar gösterdiğinin anlaşılması amacıyla farklı kapasitelerdeki iki ayrı havalimanı olan, Süleyman Demirel Havalimanı ile Antalya Havalimanı'nın terminal fonksiyonları içerisindeki önemli bölgeler, hazırlanmış program vasıtasıyla incelenmiştir. Giriş denetimi, bekleme ve serbest dolaşım alanı, bilet kontrol bölümü, arındırılmış salon girişi ve apron bölgesi gibi alanlardaki yolcu faaliyetleri (geçiş süreleri, yürüme hızları, yürüme aksları vb. gibi) belirlenmiştir.

Yolcu faaliyetlerinin en yoğun görüldüğü zamanlar pik gün ve pik saat yolcu trafiklerinin görüldüğü zamanlardır (Çizelge 4.1). Özellikle pik saat trafiklerinde, havalimanı kapasitesi denenmektedir. Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı'nda yapılan çalışmalar, yolcu trafiklerinin yoğun olarak görüldüğü, yoğun aylar aralığında bulunan Temmuz ve Ağustos ayları içerisinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.1. Antalya Havalimanı ve Süleyman Demirel Havalimanı pik gün, pik saat yolcu trafikleri (DHMİ İstatistik Yıllığı 2013, 2014)

	Trafik	**Yıl**	**Gün**	**Saat**	**Yolcu Sayısı**		
					Gelen	**Giden**	**Toplam**
Antalya Havalimanı	Pik Gün	2013	24.08	-	81662	86031	167693
		2014	19.07	-			175806
	Pik Saat	2013	27.07	06:00-07:00	5554	6414	11968
		2014					
Süleyman Demirel Havalimanı	Pik Gün	2013	06.09	-	1136	995	2131
		2014		-			
	Pik Saat	2013	15.08	22:05-23:05	297	354	651
		2014	24.07-25.07	23:30-00:30	288	298	562

4.2. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı Analizi

Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nda 23.07.2014 - 26.07.2014 tarihleri arasında 4 gün için 10:00 - 17:00 saatleri boyunca çalışmalar yapılmıştır. Havalimanı; giriş denetimi, bilet kontrol, bekleme alanı, arındırılmış salon, gelen yolcu salonu ve apron olmak üzere 6 ayrı bölümde incelenmiştir. Yapılan incelemeler, iç hatlardaki tek uçuş olan İstanbul seferi üzerinde olmuştur. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı yapılan inceleme tarihleri ve bu tarihler arasındaki uçuş bilgileri için Çizelge 4.2 oluşturulmuştur. Çizelgedeki bilgiler havalimanı yer hizmetleri ve havayolu şirketi ofisinden alınmıştır. Çizelgede "+" ile birlikte belirtilen yolcu sayıları (0-2) yaş arası bebek yolcuları ifade etmektedir.

Çizelge 4.2. Süleyman Demirel Havalimanı inceleme zamanları ve uçuş bilgileri

Tarih	**Geliş / Gidiş (Saat)**	**Gelen / Giden (Yolcu Sayısı)**	
23.07.2014	14:35 / 15:20	117	83
24.07.2014	14:35 / 15:20	104+3	95+2
25.07.2014	13:40 / 14:20	126+3	153
26.07.2014	14:35 / 15:20	124+6	105+2

Süleyman Demirel Havalimanı iç hatlarda sadece İstanbul, dış hatlarda ise sadece İran seferleri yapılmaktadır. Süleyman Demirel Havalimanı 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasındaki tüm uçuş programı Çizelge 4.3'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.3. Süleyman Demirel Havalimanı 23.07.2014 - 26.07.2014 tarihleri arası uçuş programı

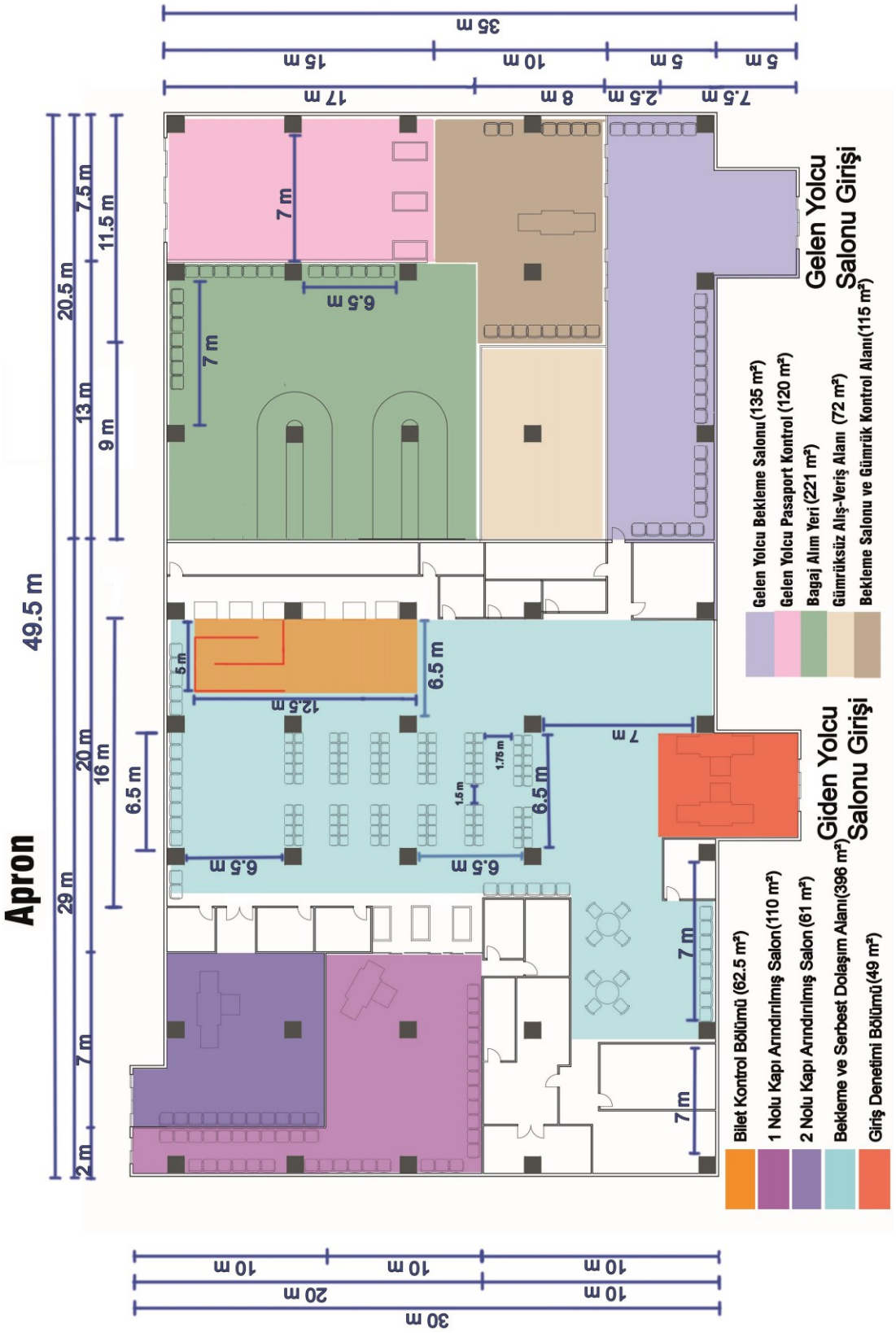
Tarih	Planlanan İniş	Planlanan Kalkış	Geliş Yeri	Gidiş Yeri	Uçak Tipi	Koltuk Kapasitesi	Gerçek İniş	Gerçek Kalkış	Gelen Yolcu	Giden Yolcu
23.07.2014	10:30	11:30	Tekirdağ	Adana	C182	3	10:35	11:30	0	0
	14:35	15:20	İstanbul	İstanbul	737	124	14:50	15:45	117	83
	12:20	18:30	Afyon	Ankara	BE40	7	12:35	19:00	7	7
	21:15	22:30	Tahran	Tahran	AB6	315	21:55	23:35	280	262
	23:30	00:30	Tahran	Tahran	320	164	23:10	00:15	151	160
24.07.2014	00:30	01:30	Tahran	Tahran	M88	165	00:20	01:15	156	148
	14:35	15:20	İstanbul	İstanbul	737	124	14:30	15:20	104	95
	22:45	00:15	Tahran	Tahran	AB6	315	23:20	00:30	288	298
25.04.2014	00:30	01:30	Meşhed	Meşhed	M83	165	00:01	01:25	145	162
	22:30	23:30	Tahran	Tahran	320	164	00:15	01:20	152	98
	23:59	01:00	Tahran	Tahran	M83	160	04:20	05:05	147	0
	13:40	14:20	İstanbul	İstanbul	738	165	13:55	14:30	126	153
	19:35	21:00	Tahran	Tahran	742	435	20:05	21:15	425	0
	21:15	22:15	Tahran	Tahran	320	164	21:45	23:20	139	138
	22:45	23:45	Tahran	Tahran	AB6	290	23:15	00:40	279	279
26.07.2014	23:30	00:30	Tahran	Tahran	320	164	00:30	01:45	159	160
	14:35	15:20	İstanbul	İstanbul	737	124	15:10	16:05	124	105
	21:15	22:30	Tahran	Tahran	AB6	290	22:00	23:45	281	269
	23:30	00:30	Tahran	Tahran	320	164	00:05	01:35	154	165

Çizelge 4.3'e göre Süleyman Demirel Havalimanı iç hatlarda, yolcu uçaklarının sadece İstanbul seferi gerçekleştirdiği görülmektedir. Diğer seferler ise Cessna 182 gibi eğitim uçaklarının ve özel jetlerin gerçekleştirdiği uçuşlardır. Havalimanında yolcu trafiğine en büyük etken yolcu taşımacılığı yapan firmanın gerçekleştirdiği uçuşlardır. Dış hatlarda ise, İran'ın Tahran ve Meşhed kentlerinden, farklı firmalardan birçok sefer gerçekleştirilmektedir. İran'dan gelen yolcuların turistik bölgelere sevki Isparta Süleyman Demirel Havalimanı üzerinden olmaktadır. Çizelge 4.3'te belirtildiği gibi İran uçuşları havalimanına genellikle gece saatlerinde iniş yapmaktadır. Haziran – Eylül ayları arasında İran uçuşlarında yoğunluk artmaktadır. Özellikle Temmuz – Ağustos aylarında İran uçuşları günde 6 seferi bulabilmektedir.

Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nda yapılan incelemeler giden yolcu salonunda; giriş denetimi, bekleme alanı, bilet kontrol gişeleri, arındırılmış salon girişinde, gelen yolcu salonunda; bagaj alım yeri ve bekleme alanı bölümlerinde yapılmıştır. Program yolcu, personel, refakatçi gibi ayrımları yapamadığından bu tip karmaşıkların en az yaşandığı bölge olana yolcu uçak bağlantısının sağlandığı yer olan apron bölgesinde de incelemeler yapılmıştır. Bu şekilde sadece yolcular ve sınırlı sayıda personel sisteme dâhil olduğundan, daha sağlıklı incelemeler gerçekleştirilmiştir. Birimler arası inceleme saatlerinin çakışması durumu dolayısı ile farklı bölgelerdeki eş zamanlı incelemelerde her birim için ayrı ayrı kurulan video kameralar vasıtasıyla bu sorunun önüne geçilmiş bulunulmaktadır.

Süleyman Demirel Havalimanı birimlerinde yapılan incelemelerin yerlerinin anlaşılır şekilde izâhı için terminal bütünündeki birimleri ayrıntılı şekilde gösteren şemalar çizilmiştir. Bu şemalar üzerinde terminali oluşturan ana ve yardımcı birimler, çalışma yapılan alanlar, birimlerine göre renk temsili verilerek belirtilmiştir. Bu şemalar üzerinde gösterilen birimler ve tefrişlerin ölçüleri kesin olmamakla beraber gerçeğine yakın çizilmiştir.

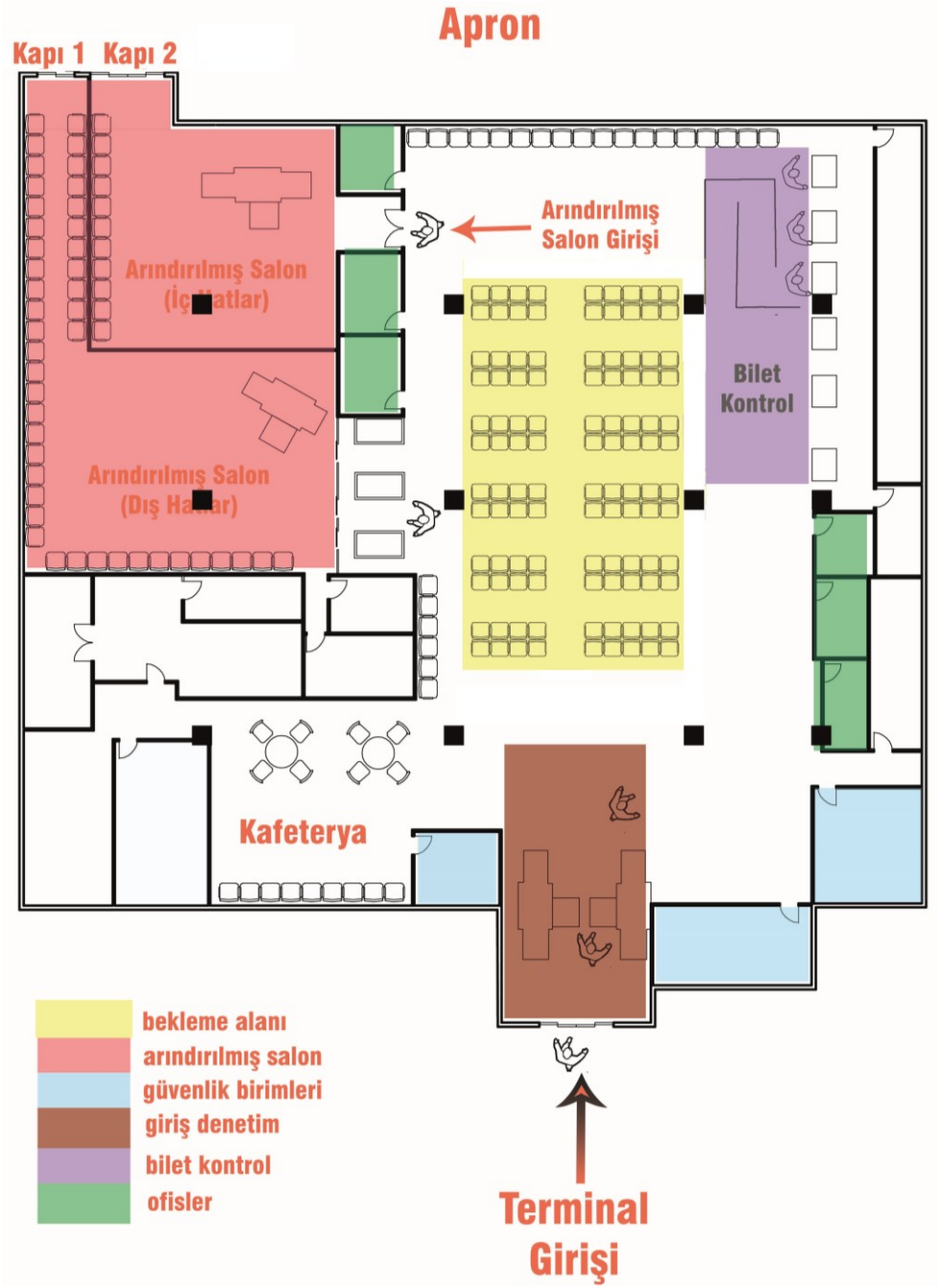
Süleyman Demirel Havalimanı terminali planı, ölçüleri ve alanları Şekil 4.3'te görüldüğü gibidir.



Şekil 4.3. Süleyman Demirel Havalimanı terminali planı, ölçüleri ve alanları

Şekil 4.3'te terminali teşkil eden birimler ve alanları belirtilmiştir. Terminalin boyutları 35 m x 49.5 m uzunluklarındadır. Tefrişli alanlar toplamı 1341.5 m^2'dir.

Süleyman Demirel Havalimanı terminali giden yolcu salonu Şekil 4.4'te görüldüğü gibidir.



Şekil 4.4. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu planı

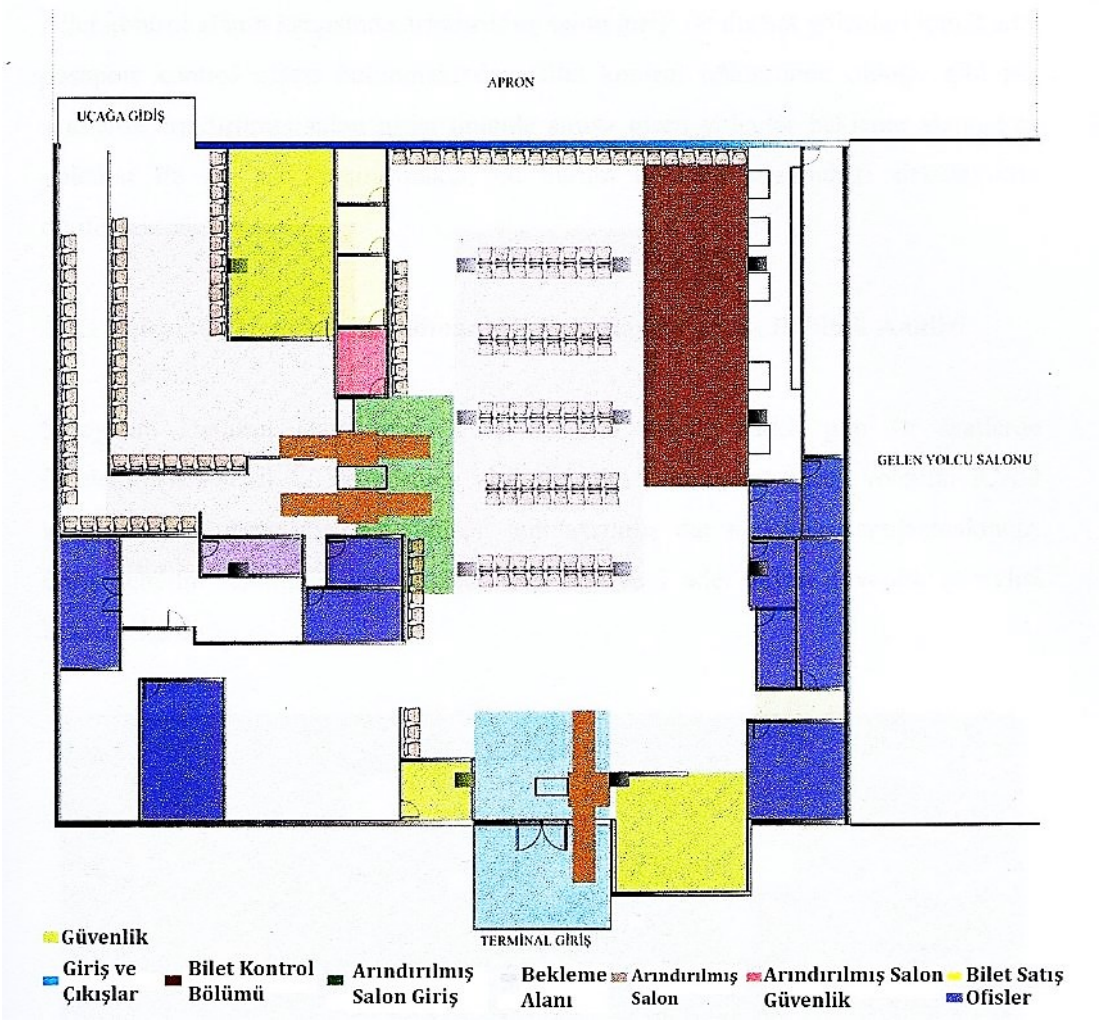
Şekil 4.4'te görüldüğü gibi havalimanının terminal girişi tek kapıdan gerçekleşmektedir. Giriş denetimi yolcu yoğunluğuna göre 2 X-ray cihazından gerçekleştirilmektedir. Genelde tek X-ray sürekli kullanımdadır. Pik saatler dışında bu bölümde oluşan kuyrukların terminal girişi dışına taştığı nadiren

görülmektedir. Giriş denetimi güvenliği için terminal girişi sağında bu birimlere ayrılmış bölümler bulunmaktadır.

Giden yolcu salonu iç hatlar giden yolcu arındırılmış salon girişi 2 nolu kapı, dış hat yolcuları içinse 1 nolu kapı hizmet vermektedir. Yolcuların uçuş işlemleri için 6 adet bilet kontrol gişesi, 1 adet bilet kontuarı, 3 adet pasaport kontrol gişesi, Vergi iade ofisi, yer hizmetleri ofisi, nöbetçi havalimanı şefliği, polis ve özel güvenlik ofisleri, bilet satış ofisi bulunmaktadır.

Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu bekleme alanı oturma düzenleri; günümüzdeki son hâlini almadan evvel defalarca değişmiştir. Yolcuların oturma düzenleri terminal içinde farklı varyasyonlar denenerek değiştirilmiştir. Eski oturma düzenlerinde koltuklar, yolcuların kuyruk oluşumlarına ve serbest dolaşımlarına, bilhassa yoğun saatlerde büyük engel teşkil etmekteydi. Oturma düzeninin düzeltilmiş son hâli ise, yolcuların bu durumlarına en az engel teşkil edecek biçimde düzenlenmiştir (Şekil 4.4). Oturma düzeninin günümüzdeki hâli ile mevcut bekleme alanında oluşabilecek karışıklıklar düzenlenmeye çalışılmıştır.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda bulunan iç ve dış hat arındırılmış salonları, önceki yıllarda müşterek kullanılmaktaydı. Önceki yılların toplam yolcu sayıları dikkate alındığında bunun o tarihlerdeki duruma göre doğru bir uygulama olduğu anlaşılabilmektedir. İç ve dış hat uçuşlarının saatlerindeki farklılık bu uygulamanın yapılabilceğini göstermektedir. Son yıllarda artan yolcu trafiği ile birlikte iç ve dış hat müşterek arındırılmış salonu cam paneller vasıtasıyla ayrılmış. İç ve dış hat olmak üzere 2 arındırılmış salon oluşturulmuştur (Şekil 4.5). İç hatlar için kullanılan arındırılmış salon nispeten yeterli olmakla beraber dış hat arındırılmış salonu salondan ziyade neredeyse bir koridoru andırmaktaydı. Dış hat yolcu trafiğinin canlanmasıyla beraber bu salonların giriş yerleri birbirinden ayrılarak salonların boyutları dengelenmiş ve daha kullanılabilir hâle gelmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.5. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu eski hâli (Erkan, 2012)

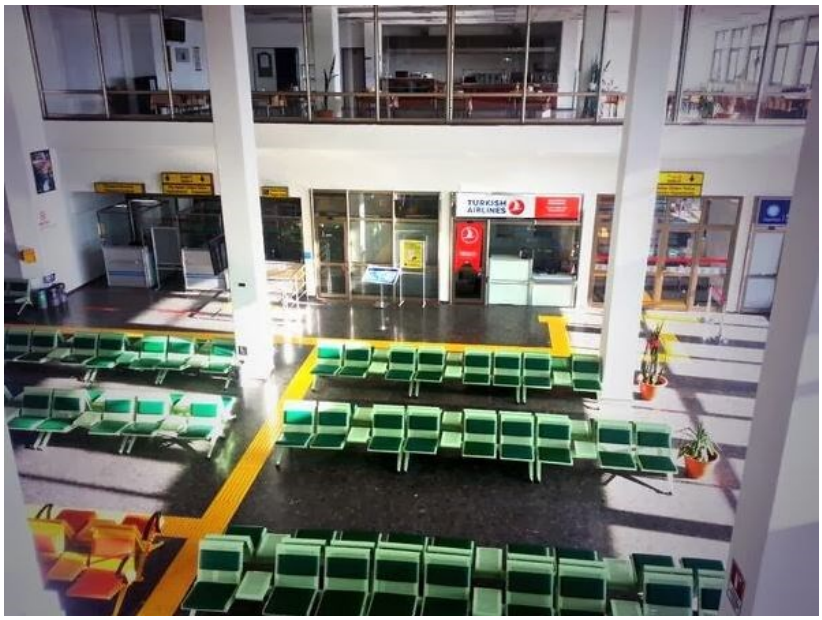
Şekil 4.5'te görüldüğü üzere salonun eski hâlinde, oturma düzenleri arındırılmış salon önünde oluşacak kuyruklara engel teşkil etmekteydi. Bilet kontrol bölümünde, yolcuların kuyruk oluşumlarını düzenleyici bir bariyer bulunmadığından dolayı bu kısımda düzensizlikler oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.6).



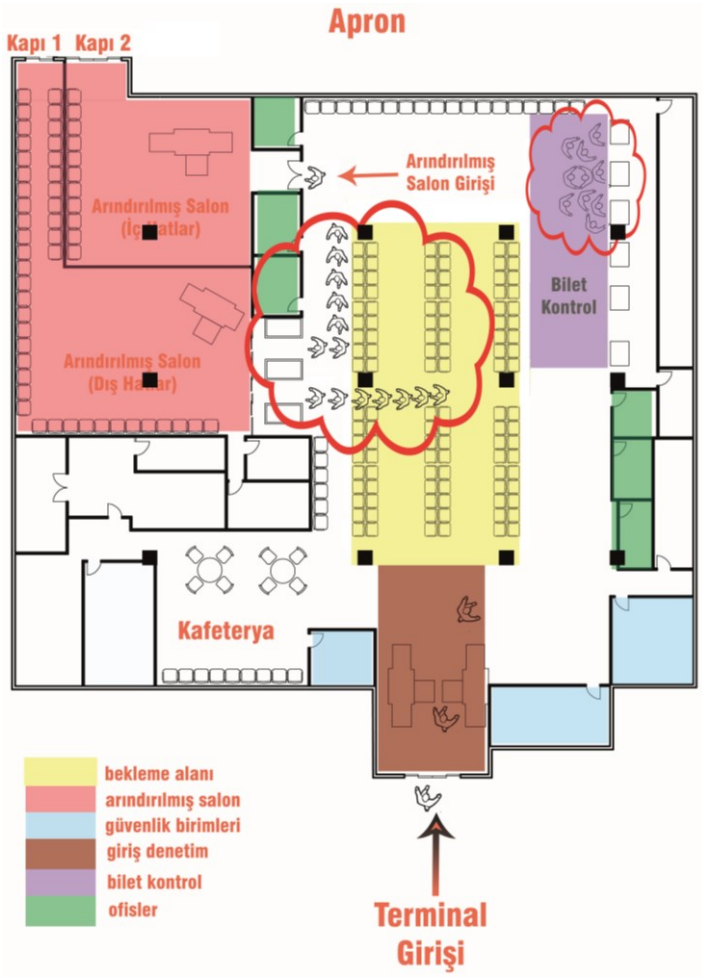
Şekil 4.6. Süleyman Demirel Havalimanı şerit bariyersiz bilet kontrol bölümü (Erkan, 2012)

Şekil 4.6'da Süleyman Demirel Havalimanı'nda 2012 yılında bilet kontrol alanında şerit bariyer kullanılmadığı için yolcuların düzensiz bir şekilde sıralandıkları görülmektedir. Yolcuların birikmesi durumunda ise, kuyruğun bekleme alanında oturma bölgesine müdâhil olacağı görülmektedir. Bilet kontrol bölümü analizi başlıklı kısımda, bu durumun şerit bariyerler vasıtasıyla nasıl düzenlendiği açıklanmıştır.

Şekil 4.7'de terminalin giden yolcu salonun daha önceki oturma düzeni gösterilmiştir. Şekil 4.8'de ise, bu oturma düzeninde koltukların konumunun salon içerisindeki serbest dolaşım ve kuyruk oluşumları nasıl kısıtladığı belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu, eski oturma düzeni



Şekil 4.8. Giden yolcu salonunda eski oturma düzenine göre serbest dolaşım ve kuyruk oluşumunun kısıtlanması

Mevcut oturma düzeninin salonun merkezine konumlandırılması ve koltukların doğrultusu, yolcuların serbest dolaşım alanlarının, oluşabilecek bilet kontrol ve arındırılmış salon girişi kuyruklarından en az şekilde etkilenmesini sağlamaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Giden yolcu salonu mevcut oturma düzeni

Süleyman Demirel Havalimanı terminalinde yolcuların kullanabileceği toplam 220 adet oturma koltuğu bulunmaktadır. Bunlardan 134 adedi giden yolcu salonunda, 35 adedi gelen yolcu salonunda, 52 adedi ise arındırılmış salonlarda bulunmaktadır. Giden yolcu salonunda yapılan incelemelerde 4 ayrı İstanbul uçuşu için mevcut oturma düzenine göre doluluk oranları Çizelge 4.4'te belirtilmiştir. Arındırılmış salon kapılarının açılmasının ardından bu salonlara sürekli bir yolcu girişi olduğundan salonların doluluk oranları tam değerde olmaktadır. Çizelge 4.4'te belirtilen değerler koltukların azami doluluk oranını temsil eder. Bu anda, salon içindeki yolcuların mevcut durumlarının oranları gösterilmektedir.

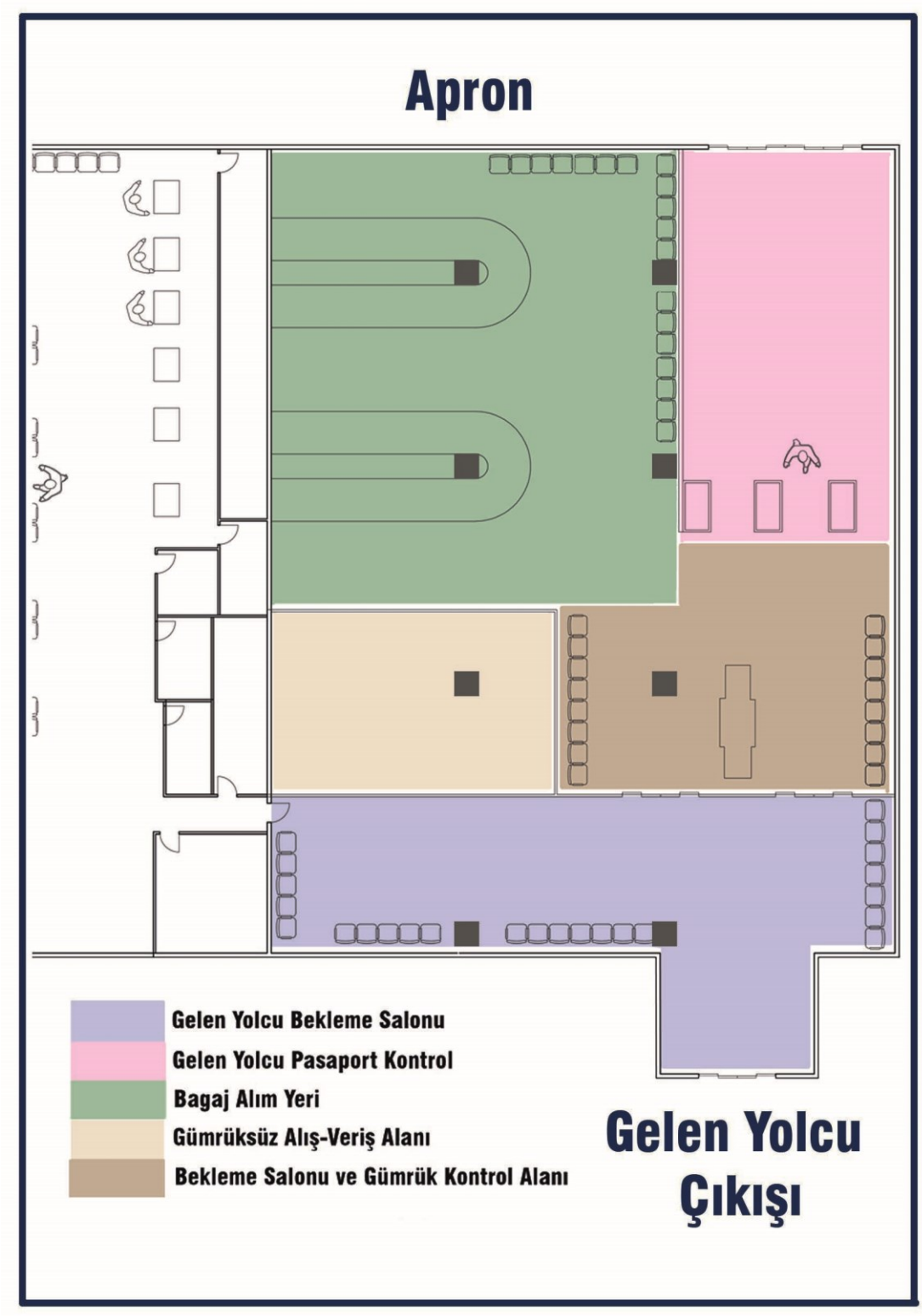
Çizelge 4.4. Giden yolcu salonu doluluk oranları

Tarih	Koltuk sayısı	Giden yolcu sayısı	Oturan yolcu sayısı (azami)	Koltuk doluluk oranı	Oturan yolcu oranı	Serbest dolaşım da veya işlem sırasında olan yolcu oranı
23.07.2014	134	83	74	55%	89%	11%
24.07.2014	134	95	82	62%	86%	14%
25.07.2014	134	152	129	96%	85%	15%
26.07.2014	134	105	93	69%	89%	11%

Giden yolcu salonunda; 25.07.2014 tarihinde koltuk doluluk oranı 96% ile en yüksek değerine ulaşmıştır ve 129 yolcu aynı anda oturmaktadır. Bu tarihte, giden yolcu sayısının 152 olması sebebiyle mevcut koltuk sayısı yeterli

gelmediğinden ayakta kalan yolcular ile birlikte serbest dolaşımdaki yolcu sayısı %15 ile en yüksek oranda olmaktadır. 23.07.2014 ve 26.07.2014 tarihlerinde ise giden yolcu sayısına göre oturan yolcu sayısında 89% ile en yüksek orana ulaşılmıştır. Yolcuların oturma durumunu beklenen uçağın rötar yapması etkilemektedir. Çizelge 4.3'te belirtimiş olan 26.07. 2014 tarihli İstanbul uçuşunun planlanan iniş/kalkış saatleri 14:35/15:20 iken; gerçek iniş/kalkış saatlerinin 15:10/16:05 olması sebebiyle yolcuların 89%'luk gibi büyük bir kısmının oturarak beklemesini sağlamıştır. Diğer uçuşlarda rötar 25 dakikayı geçmemiştir. Gecikmelerin 20 dakikayı geçmesi hâlinde ise 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşunda olduğu gibi yolcuların oturma durumuna geçmesine sebep olmaktadır.

Gelen yolcu salonunda toplam 35 adet oturma koltuğu bulunmaktadır (Şekil 4.10). El bagajlı veya bagajsız yolcular genellikle bu salonu transit kullanırlar. Bagajlı yolcular ise bagajlarını teslim almak için konveyör önünde veya salon içindeki koltuklara oturarak bagajlarının konveyöre yüklenmesini beklemektedirler. Bekleme salonunun açıklandığı bölümde bekleme süreleri belirtilecektir. Ortalama 7-8 dakika bekleme sonunda bagaj teslimine başlanmaktadır. İnceleme zamanları içerisinde yolcuların koltukları kullanma durumu Çizelge 4.5'te belirtilmiştir. Çizelgede gelen yolcu sayılarına göre mevcut koltuk kapasitesinin kullanım oranları gösterilmiştir. Buna göre; 25.07.2014 tarihinde 65% ile en yüksek kulllanım oranı görülmüştür. Yolcular genellikle bagajlarını teslim almak için konveyör önünde beklediklerinden koltuk doluluk oranları düşük kalmaktadır. 4 gün için gelen 471 yolcudan 214'ü bagaj alım yerine uğramış olup, bu yolculardan 72'si koltukları kullanmışlardır. Bagaj alım yerindeki yolcuların 34%'ü koltukları kullanmıştır. Bu yolcuların 66%'sı konveyör önünde bagajlarını beklemişlerdir.



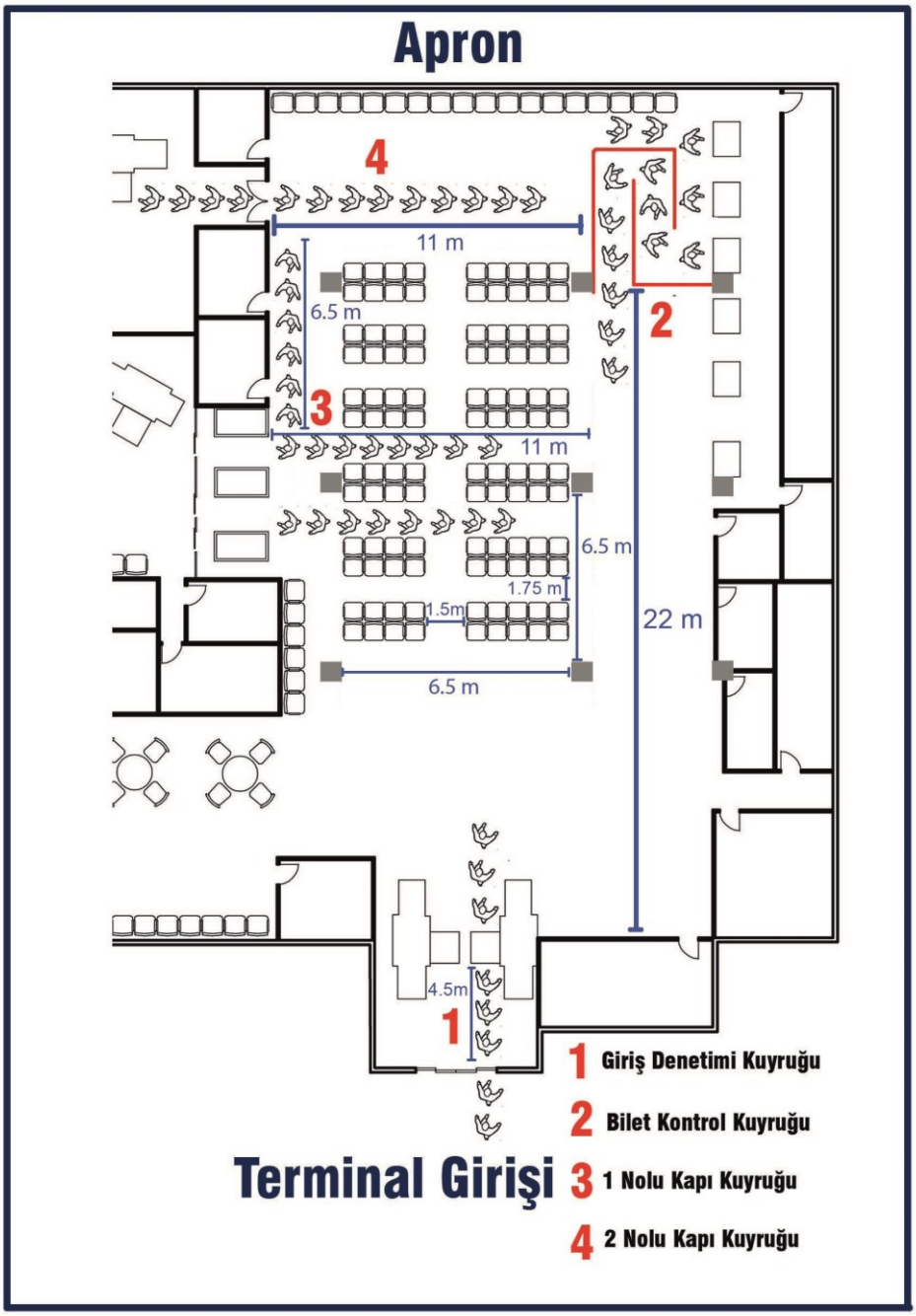
Şekil 4.10. Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu

Çizelge 4.5. Gelen yolcu salonu doluluk oranları

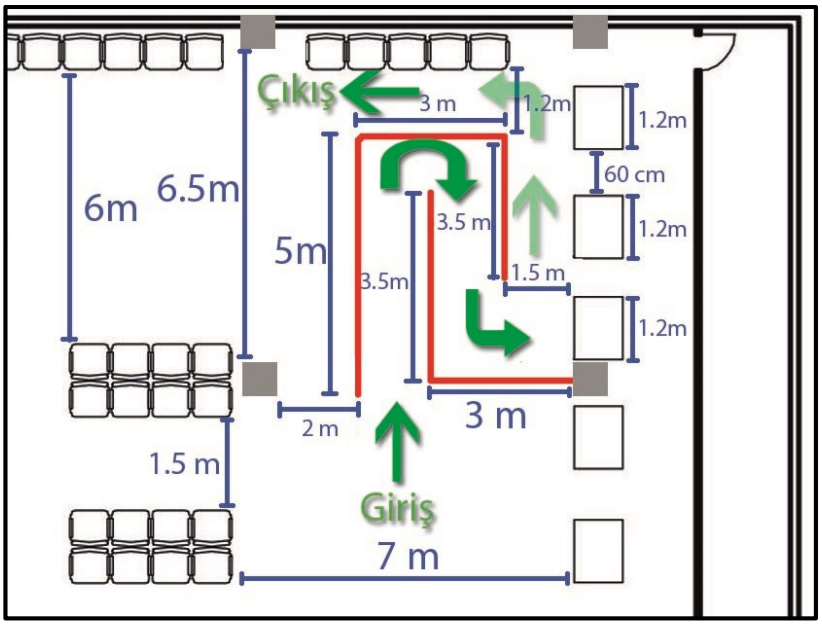
Tarih	Koltuk Sayısı	Gelen Yolcu Sayısı	Bagaj Alımı Bekleyen Yolcu	Oturan Yolcu Sayısı (azami)	Koltuk Doluluk Oranı
23.07.2014	35	117	23	11	31%
24.07.2014	35	104	50	18	51%
25.07.2014	35	126	68	23	65%
26.07.2014	35	124	73	20	57%

Şekil 4.11'de giden yolcu salonundaki mevcut oturma düzeni ve kuyruk oluşum yerlerinin bir şeması gösterilmiştir. Şekilde belirtilen numaralar, gelen yolcu salonu içinde oluşabilecek kuyrukları göstermektedir. Şekilde 4 farklı kuyruk noktası için oluşabilecek azami kuyruk uzunlukları belirtilmiştir. Giriş denetiminde terminalin giriş kapısına kadar olan kısımda 5 metre uzunluğunda kuyruk oluşabilmektedir. 10 – 15 kişi arasında azami kuyruk oluşumu gözlenmiştir. Giriş denetim bölümünün dolu olduğu durumlarda kalan yolcular terminal girişi dışında sıra olmaktadırlar. Bilet kontrol bölümünde, yolcuların düzenli bir şekilde sıralanması için Şekil 4.12'de görüldüğü gibi, sürekli hizmette son üç bilet gişesi önünde 3m x 5m ebatlarında şerit bariyerler kurulmuştur. Yolcuların bilet kontrol bölümünde hareket doğrultusu şekildeki yöndedir. 3 bilet gişesinin de açık olması durumunda şerit bariyerler içerisinde valiz durumuna göre azami 10-15 yolcu sıralanabilmektedir. Bilet kontrol alanı sınırı içinde 12.5 metre kuyruk oluşabilmektedir. Bariyer dışında kalan koridor boyunca herhangi bir engel bulunmadığından 22 metre boyunca kuyruk oluşabilme kapasitesi mevcuttur. Şekil 4.8'de belirtildiği üzere dış hatlar kapısı (Kapı 1) önündeki sıralanmalar iki farklı doğrultuda olabilmektedir. Bu kuyrukların azami uzunlukları, diğer kuyruklardaki yolcuların konumlanmasına engel olmayacak şekilde belirlenmiştir. Aksi hâlde, diğer kuyrukların uzantılarıyla kesişme durumu söz konusudur. Kapı 1 önünde yolcuların sıralanması yatay doğrultuda iken bekleme alanına dâhil olmaktadır. 2 metre genişliğindeki ara koridorun kapanması hâlinde ise bekleme alanındaki yolcular bu koridoru

kullanamamaktadırlar. Dikey yönde sıralanılması hâlinde ise, 2 numaralı kapıya engel olunmaması için en fazla 6.5 metre kuyruk uzunluğu oluşmalıdır. Kapı 2 önündeki kuyruk ise 6 m genişliğindeki koridor içinde bulunduğundan rahat bir şekilde sıralanabilmektedir. Bilet kontrol bölümündeki şerit bariyerlere kadar 11 metre uzunluğunda kuyruk oluşabilme kapasitesi vardır. Diğer yolcu kuyrukları oluşmadığı zamanlarda tüm kuyruklar, salonun elverdiği ölçülerde uzayabilirler.



Şekil 4.11. Süleyman Demirel Havalimanı terminali giden yolcu salonu mevcut oturma düzeni ve kuyruk oluşum yerleri



Şekil 4.12. Bilet kontrol bölümü düzeni ve ölçüleri

Süleyman Demirel Havalimanı'nda 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında yapılan çalışmalarda Matlab altyapısında geliştirilen program vasıtasıyla; giriş denetimi, bilet kontrol bölümü, bekleme alanı, apron ve gelen yolcu salonunda, toplam 25 sayım için 537 dakikalık sürede 1573 yolcu sayılmıştır ve 99.68% doğruluk oranı mevcuttur. Arındırılmış salon girişi kuyruğundaki 193 yolcunun sayımı ise, programın yolcuların birikmesinden kaynaklanan sayım hataları vermesinden dolayı gözlemle yapılmıştır. 63 dakikalık toplam geçiş süreleri ise arındırılmış salon kapısından salona giriş yapan yolcuların giriş aralıklarının ve salon önünde oluşan kuyruğa, yolcu eklenme aralıklarının ve kuyruk bitiş sürelerinin dijital sayaç vasıtasıyla tutulmasıyla tespit edilmiştir. Çizelge 4.6'da terminal içinde çalışma yapılan birimlerde sayılan yolcuları ve bu sayımların süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. Terminal içindeki birimlerde günlere göre sayılan yolcular ve sayım süreleri

Tarih	Giriş Denetimi	Bilet Kontrol	Bekleme Alanı	Arındırılmış Salon Girişi	Apron	Gelen Yolcu Salonu	Toplam Yolcu
23.07.2014	74	54	45+47	42	65	23+35	385
24.07.2014	51	57	66+50	50	65	50+33	412
25.07.2014	52	53	74+65	49	92	68+49	502
26.07.2014	55	46	40+56	52	94	73+41	457
Toplam Yolcu	232	210	443	193	316	372	**1766 yolcu**
Toplam Süre (dakika)	90	127	260	63	25	35	**Σ=600 dakika**

Çizelge 4.6'da belirtilen değerler yolcu sayılarını ve sayım sürelerini göstermektedir. Tabloda bekleme alanı ve gelen yolcu salonu sütunlarında "+" ile belirtilen değerler; bekleme alanı için, serbest dolaşım hâlindeki yolcuların sayısı

ve bagajlı yolcuların sayılarını, gelen yolcu salonu içinse, bagajlı ve bagajsız yolcuların sayılarını ayrı ayrı belirtmektedir.

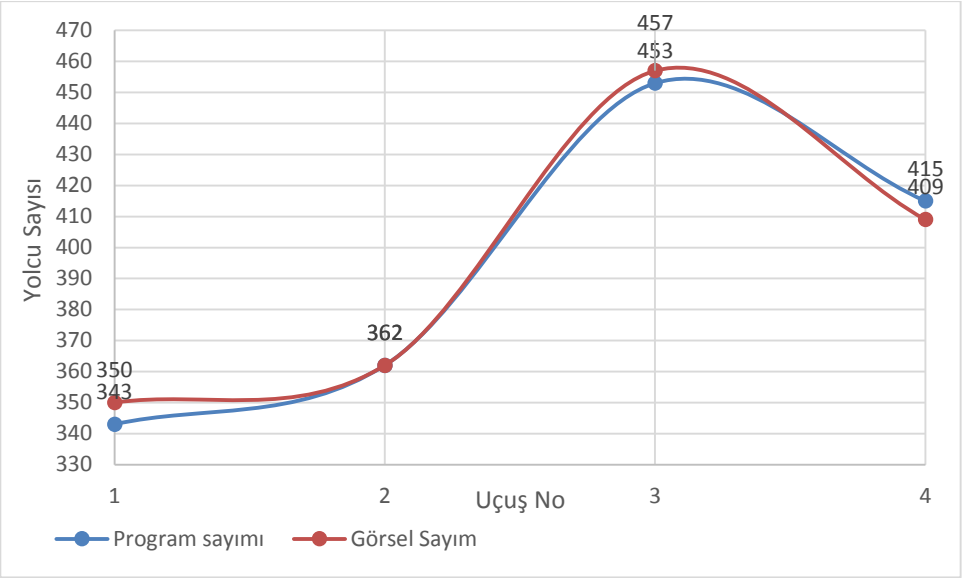
Çizelge 4.6'da belirtilen değerler, arındırılmış salon girişi sütunu hariç, program vasıtasıyla saptanmış değerler olup, gerçek değerlere göre hata payları mevcuttur. Normal şartlarda iç hatlardaki bir uçuş günü için ortalama 200-250 arasında iç hat yolcusunun terminali kullandığı düşünülerek, terminal içindeki farklı birimlerde eş zamanlı alınan video kayıtlarının alınmasıyla çalışma günü başına ortalama 450 yolcu sayılabilmiştir. Yolcunun terminale girmesiyle beraber giriş denetiminden geçip bilet kontrol bölümüne yönelmesi, ardından bekleme alanına iştirak etmesi ve nihai olarak arındırılmış salonun apron kapısının açılmasıyla uçağa yönelmesi sonucunda, ekseri aynı yolcunun farklı alanlarda tekrar sayılmasıyla bu sonuçlara ulaşılmıştır.

Matlab altyapısında geliştirilmiş olan "Çoklu Nesne Takibi ve Sayımı" programı vasıtasıyla havalimanının; giriş denetimi, bilet kontrol, bekleme alanı, apron ve gelen yolcu salonu bölümlerinde yapılan program sayımlarıyla elde edilen sonuçların gözlemsel değerlerle kıyaslanarak değişkenler arası ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir.

Günlere göre uçuş numaraları şu şekildedir:

Uçuş no 1: 23.07.2014 Çarşamba
Uçuş no 2: 24.07.2014 Perşembe
Uçuş no 3: 25.07.2014 Cuma
Uçuş no 4: 26.07.2014 Cumartesi

Şekil 4.13'te her bir uçuş günü için program sayımı ve görsel sayım sonuçları verilmiştir. Uçuş numaralarına göre sırasıyla; giriş denetimi, bilet kontrol, bekleme alanı, apron ve gelen yolcu salonunda yapılan program sayımları ile gözlem değerlerini gösteren grafikler verilmiştir. Bu grafiklerde ölçülen değerlerin, gözlemsel değerlere göre hata payı belirlenmiştir.

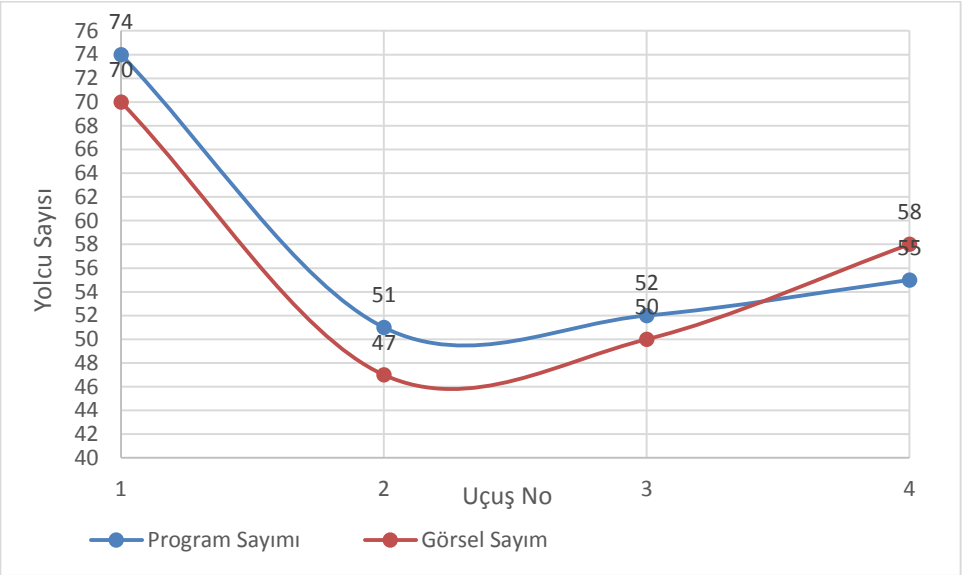


Şekil 4.13. Uçuş günlerine göre yolcuların görsel sayımı ile program sayımı

Uçuş günlerine göre görsel sayım ile program sayımı arasında 99.68%'lik bir doğruluk oranı mevcuttur. Bu yüzdeye göre, bir iç hatlar uçuş günü göz önüne alındığında görsel yolcu sayımına büyük bir oranla yaklaşıldığı görülmektedir. Her ne kadar programın doğruluğunun, bölümlere indirgendikçe azalmakta olduğu görülsede, genele bakıldığı zaman sayımların doğru neticeler verdiği anlaşılmaktadır.

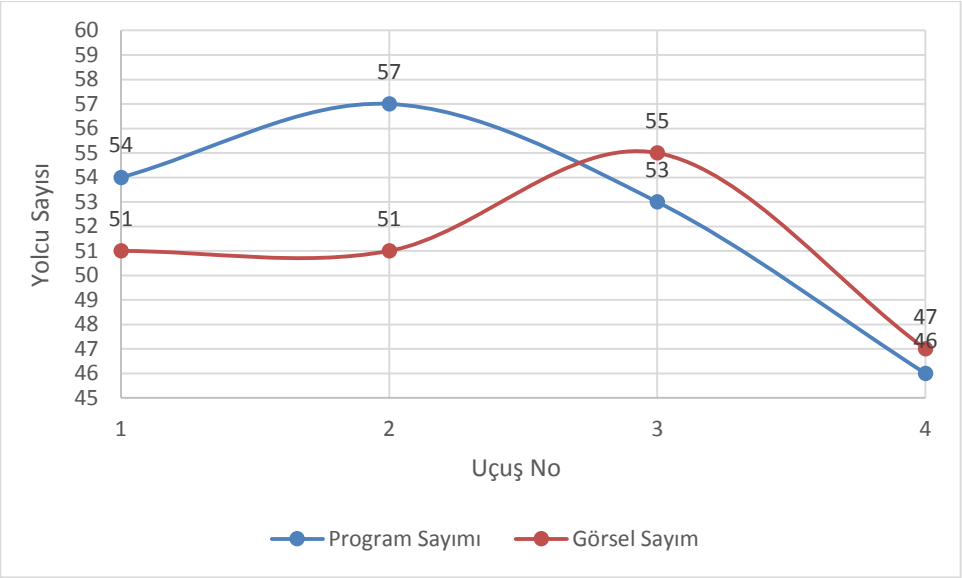
Şekil 4.14'te giriş denetiminde uçuş numaralarına göre yapılan program sayımında elde edilen sonuçlar ve görsel sayımlar arasında 3.1%'lik bir hata payı bulunmaktadır. Giriş denetiminde yapılan görsel olarak 225 yolcu sayılırken, program toplamda 232 yolcu saymış bulunmaktadır. Giriş denetiminde yolcuların X-ray turnikesinden geçtikten sonra bagajlarını teslim alırken oluşturdukları birikmeler, birbirlerine 50 cm'den yakın hareket etmeleri, güvenlik görevlilerinin görüntüye girmeleri, X-ray turnikesinden geçen yolcunun çalan alarm sebebiyle geçişini tekrar etmesi sırasında görüntüden çıkması gibi sebeplerle sayımlarda hatalar olmuştur. Yine bagaj alım yerinde yolcuların uzun sürelerce hareketsiz kalması, programın yolcuları takip işlemini bitirmesine sebep olur. Aynı yolcunun harekete devamı ise tekrar sayılmasına neden olur ve böylece ölçülen değerler gerçek değerlerden fazla çıkar. Programın `invisibleForTooLong` ve `ageThreshold` parametreleri değiştirilip

denenerek hareketsiz kalan yolcuların tekrar sayılmasının önüne geçilebilmektedir. Fakat bu durum program üzerinde fazla işlem yükü oluşturduğundan sonuçların elde edilmesi daha geç olmakta veya bu gecikmeler neticesinden program hata verebilmektedir.



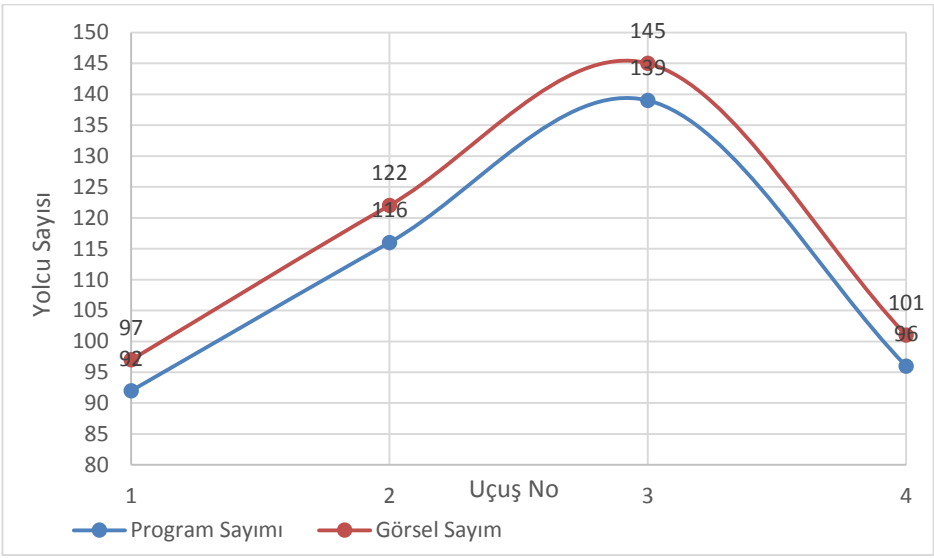
Şekil 4.14. Uçuş nolarına göre giriş denetiminde yapılan sayımlar

Şekil 4.15'de bilet kontrol bölümünde yapılan sayımlarda elde edilen sonuçlar ile gerçek değerler arasındaki hata payı 2.9%'dir. Bilet kontrol bölümünde sayılması gereken 204 yolcuyu, program 210 yolcu olarak saymıştır. Giriş denetiminden geçen yolcular, bagajlarını hemen teslim etmek için bilet kontrol bölümüne yönelirler. Bu bölüme hareketleri kararlıdır ve genelde serbest dolaşım hareketlerinden daha hızlıdır. Bilet kontrol gişeleri yolcuların birikmesine mahâl vermemek için uzun sürelerde açık kalmaktadır. Oluşan kısa uzunluktaki kuyruklar şerit bariyerler vasıtasıyla nizami hâldedir fakat uzun işlem süreleri neticesinde yolcuların fazla hareketsiz kalması, sistemin yolcuları takipten çıkarmasına sebep olmakta ve bununla birlikte sayım sonuçlarında gerçek değerlere göre farklılıklar oluşmaktadır.



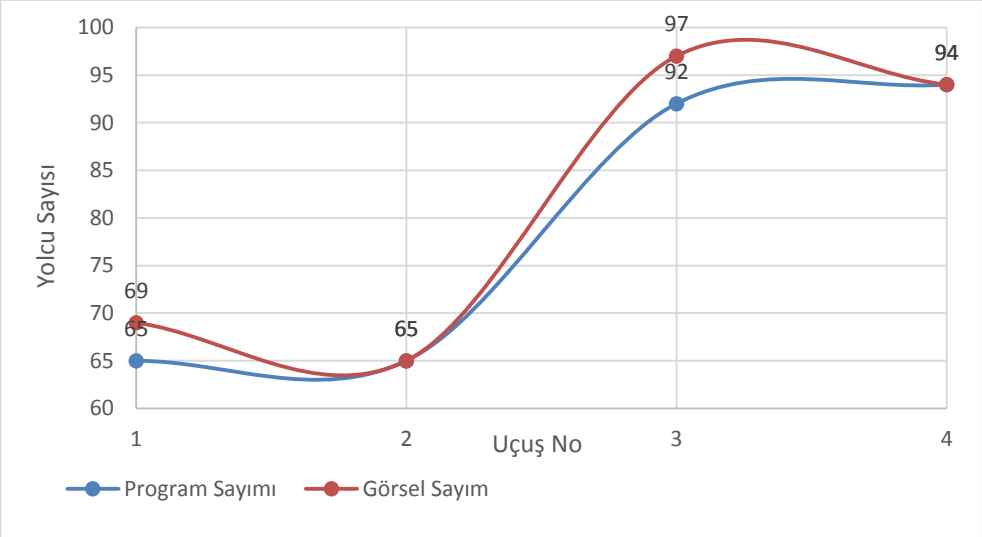
Şekil 4.15. Uçuş nolarına göre bilet kontrol noktasında yapılan sayımlar

Şekil 4.16'da bekleme alanında yapılan sayımlarda elde edilen sonuçlar ile gerçek değerler arasındaki hata payı 4.7%'dir. Bekleme alanındaki toplam 465 yolcuyu program 443 yolcu olarak saymıştır. Bekleme alanında sayımlara, yolcuların iki veya daha fazla kişinin birbirlerine çok yakın veya temas hâlinde bulunarak yaptıkları serbest dolaşımlar neticesinde bu yolcuların tek kişi sayılması durumu oluşmuştur. Bu da ölçülen değerin gerçek değerden az çıkmasına sebep olmuştur.



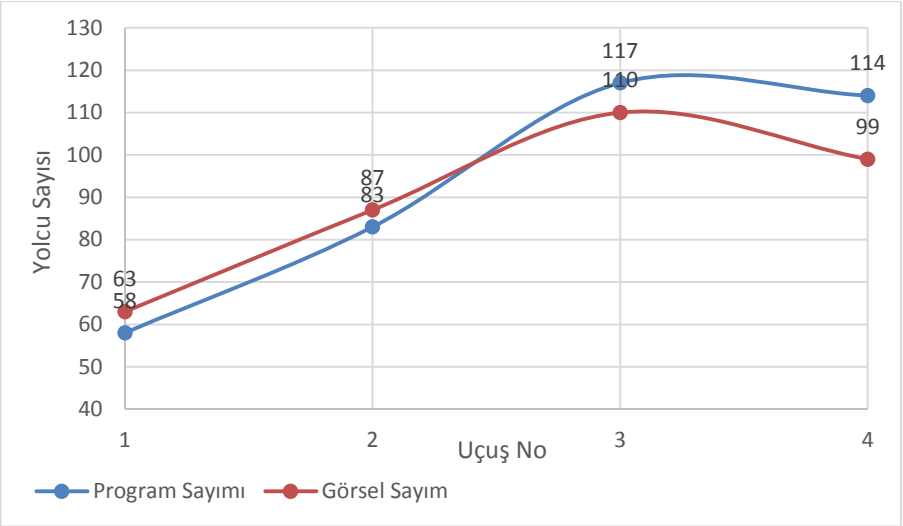
Şekil 4.16. Uçuş nolarına göre bekleme alanında yapılan sayımlar

Şekil 4.17'de apronda yapılan sayımlarda elde edilen sonuçlar ile gerçek değerler arasındaki hata payı 2.8%'dur. Apron üzerinden geçen 325 yolcuyu program 316 kişi olarak saymıştır. Ölçülen değerle gerçek değer arasındaki ilişki neredeyse tamdır. Hata payının bu derece az olmasının başlıca nedenleri; apron üzerinde yolcuların birikme yapmadan doğrudan uçağa yönelmesi, yolcuların birbirlerine çok yakın mesafelerde yürümemesi, yolcuların hareketlerinin sabit hızda ve düz bir doğrultuda olmasıdır. Bunların yanında apronda yolcuların dışında; personel, refakatçi gibi sayıma etkiyecek durumların pek bulunmamasından dolayı program hatasız sayımlar gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 4.17. Uçuş nolarına göre apronda yapılan sayımlar

Şekil 4.18'de gelen yolcu salonunda yapılan sayımlarda elde edilen sonuçlar ile gerçek değerler arasında toplam hata payı 3.5%'dir. Program gelen yolcu salonunda sayılması gereken toplam 359 yolcuyu, 372 kişi olarak saymıştır. Uçaklarından inen yolcuların bu salona kalabalık gruplar hâlinde giriş yapmasından dolayı yolcuların birbirlerine yakın temas hâlinde hareket etmeleri sonucu sayımlar sırasında program bazı ikili yolcuları tek kişi olarak algılamıştır. Bagaj alım yerindeki yolcular, konveyörden bagaj alımı sırasında ve bagajlarını taşırken yapmış oldukları uzun duraksamalar yüzünden sistem tarafından tekrar tekrar sayıldıkları için ölçülen değerlerin, gerçek değerlerden fazla çıktığı durumlar da olmuştur.



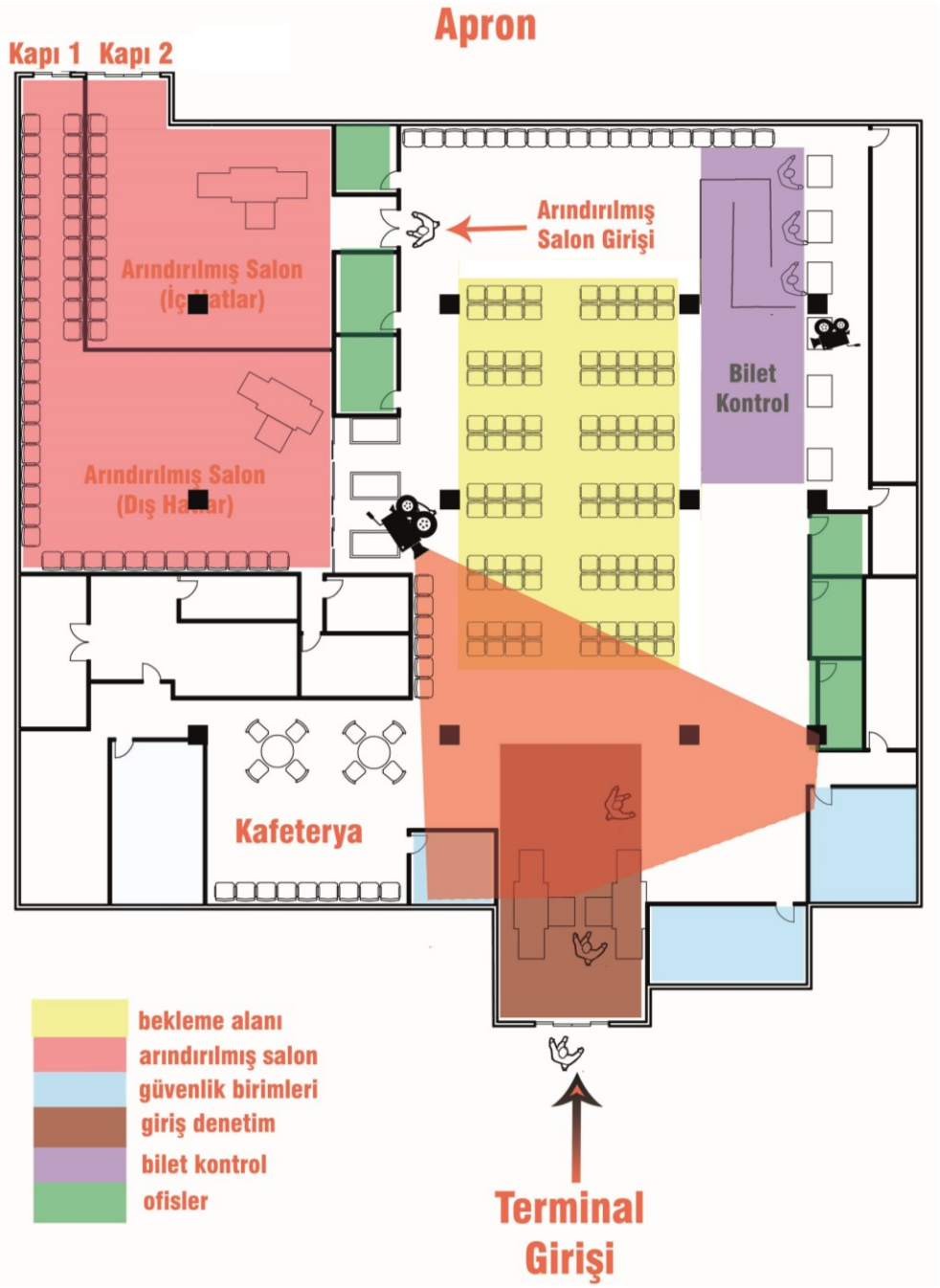
Şekil 4.18. Uçuş nolarına göre gelen yolcu salonunda yapılan sayımlar

Isparta Süleyman Demirel Havalimanı terminali; giriş denetimi, bilet kontrol bölümü, bekleme alanı, arındırılmış salon girişi, apron ve gelen yolcu salonu bölümlerinden her biri için ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Analizlerde her bölüm için yapılan uygulamalar detaylandırılmış, bu uygulamaların yapılma amaçlarından ve çalışmaya etkilerinden bahsedilmiş ve ortaya çıkan sonuçların bütüne etkisi değerlendirilmiştir. İlgili bölümün mevcut hâli ve yetersizlikleri açıklanmıştır. Tüm uçuşlar için aynı grafik üzerinde bir kıyaslama çıkarılmış ve ilişkilendirme yapılmıştır.

4.2.1. X-ray giriş denetimi analizi

Süleyman Demirel Havalimanı'nda inceleme yapılan 4 uçuş için toplam 90 dakika süresince, giriş denetiminden toplamda 225 yolcu geçiş yapmıştır. Giriş denetim bölümü çevresinde kurulan 2 kamera ile farklı görüş açılarında aynı bölge üzerinde eş zamanlı video kaydı alınmıştır (Şekil 4.19, Şekil 4.20). Alınan kayıtlar üzerinde yolcuların, terminale yani giriş denetimine geliş periyotları 10 dk, 5 dk, 4 dk ve 3 dk olarak belirlenmiştir. Bu aralıklarda toplam 90 dakika süresince 16 çekim yapılmış ve bu kayıtlar program vasıtasıyla analiz edilmiştir. Giriş denetimi için yapılan görüntü analizlerinde, 3.1% hata payı ile 232 yolcu sayılmıştır.

Giriş denetiminde yolcuların X-ray cihazından geçiş aralıkları, işlem süreleri, kaç kişilik gruplar hâlinde giriş yaptıkları, bagaj sayıları gibi özellikler incelenmiştir.



Şekil 4.19. Giriş denetimi 1 nolu çekim açısı



Şekil 4.20. Giriş denetimi 2 nolu çekim açısı

Şekillerde kamera izdüşümleri gösterilen şemalardan; Şekil 4.19'da gösterilen 1 nolu çekim açısı, giden yolcu salonunun 1. katında bulunan yemekhaneden, Şekil 4.20'deki 2 nolu çekim açısı, 1. katta idari ofislerin bulunduğu balkon üzerinden alınmıştır. Kayıt alınan görüntülerin kadrajları şemalarda kırmızı tonda belirtilen alan içinde gösterilmiştir. Bu alanlar dışında kalan bölgeler, kadrajın dışında kalmaktadırlar.

Giriş denetimi bölümünü yaklaşık 50 m^2 alanındadır. Bu alanın 30 m^2'si yolcuların sıralanması için ayrılmıştır fakat bu alanın uzunluğunun 5 metre olmasından ötürü yolcu kuyruklarının pik saatlerde terminal girişi dışına taştığı görülmektedir. ICAO standartlarına göre giriş denetiminde asgari 3 x 3.6 m^2 alana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanın karşılanmasına rağmen, bu bölge yolcu birikmeleri için uygun bir nitelikte değildir.

Giriş denetiminde yolcuların ve bagajların güvenlik kontrolü şöyle olmaktadır: Yolcu bagajlarının X-ray kontrolü genellikle 2 güvenlik elemanı ile gerçekleştirilmektedir. X-ray turnikesinden geçişinde iki kez alarm verilen yolcunun üçüncü defa turnikeden geçişine izin verilmemekte, üst aramasına tabi tutulmaktadır. Üst aramasında bay yolcular için 2 bay güvenlik elemanı, bayan yolcular içinse 1 bayan güvenlik elemanı yolcuları denetime tabi tutmaktadır. Güvenlik şefleri ise bu denetimler sırasında asayişi sürekli kontrol etmektedirler.

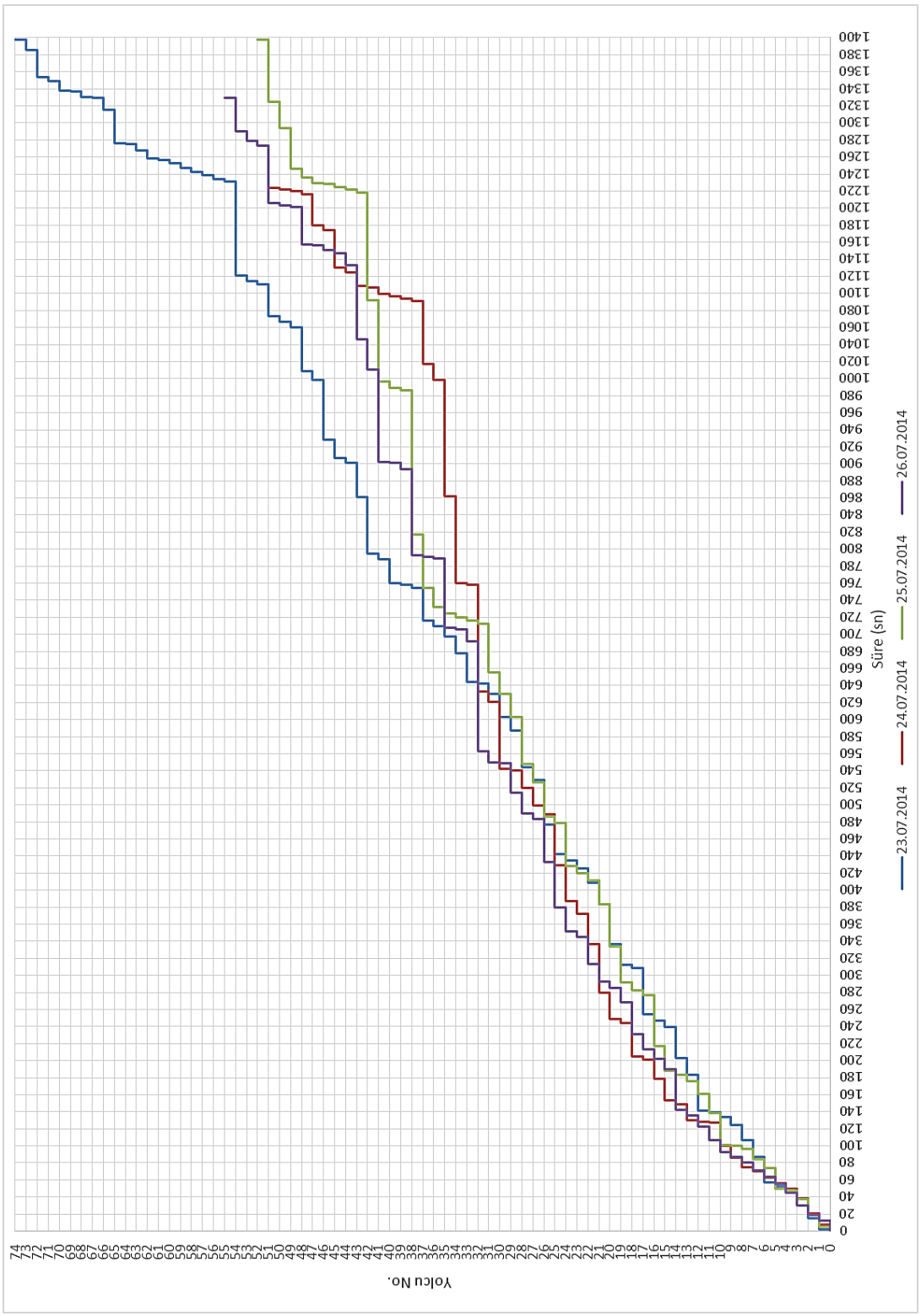
Yolcular terminale şahsi araçları, belediye otobüsleri, havayolu firması servisi, turizm firması servisi vasıtasıyla ulaşabilemektedir.

İç hatlar, saat 15:20' deki İstanbul uçuşu yolcular yaklaşık saat 13:00 civarı ile terminale giriş yapmaya başlamaktadırlar. Yolcuların büyük bir kısmı terminale ulaşmak için belediye otobüsünü tercih ettiğinden, 15:20 uçuşu için belediye otobüsü günde tek sefer ile saat 14:00'te terminale ulaşmaktadır. Cuma günleri ise saat 14:20'deki uçuş için 13:00'te terminale ulaşmaktadır. Bu sebeple giriş denetiminde yoğunluğun başlama saati 14:00 civarında olmaktadır. Bu yoğunluk yolcu durumuna göre yaklaşık 10 dakika civarında sürmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Süleyman Demirel Havalimanı giriş denetimi

Süleyman Demirel Havalimanı'nda 4 ayrı İstanbul uçuşu için giriş denetiminde alınan video kayıtlarının, program tarafından analizlerinin yapılması ile elde edilen yolcu geçiş aralıkları tek bir grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.22). Yolcuların büyük çoğunluğu terminale ulaşım için servisi tercih ettiğinden kayıtlar yolcu servisinin terminale ulaşmasıyla beraber başlamıştır. Grafik, o uçuşa katılan tüm yolcuları kapsamamakla beraber yolcuların geneli için geçiş aralıkları hakkında net bilgiler vermektedir. "y" ekseniyle belirtilen yolcu no. ifadesi; yolcu başına verilen numaraları göstermektedir. "x" ekseniyle belirtilen düzlem, toplam sayım süresini saniye cinsinden belirli aralıklarla göstermekte ve "x" ekseni boyunca uzanan çizgiler iki yolcu arasındaki geçiş aralığını ifade etmektedir. Toplam sayım süresi içerisinde geçiş yapmış olan tüm yolcuların geçiş aralıkları belirtilmiştir. Böylece 4 uçuş için yolcu sayısı ve toplam sayım süreleri aynı olmasa da, grafiklere bakılarak aralarındaki ilişki belirlenebilmektedir.



Şekil 4.22. Yolcuların giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren birleşik grafik

Şekil 4.22'de belirtilen grafik, 4 ayrı İstanbul uçuşunda, giriş denetiminden geçen toplam 232 yolcunun 5349 sn. süre ile sayımını belirtmektedir. 630 saniyelik ilk periyotta tüm uçuşlar için en yakın yolcu sayısına ulaşılmıştır. Bu zaman

diliminden sonra yolcu/süre ilişkileri uçuşlara göre farklılık göstermeye başlamıştır. İlk 10 dakikalık 630 sn'lik sürede, 1 nolu 23.07.2014 tarihli uçuşu 31 yolcuya, 2 nolu 24.07.2014 tarihli uçuşu 32 yolcuya, 3 nolu 25.07.2014 tarihli uçuşu 30 yolcuya, 4 nolu 26.07.2014 tarihli uçuşu 32 yolcuya ulaşmıştır. 1 nolu uçuş, kalan 12 dakikalık periyotta diğer uçuşlara göre en fazla yolcu sayısına ulaşmıştır ve 3 nolu uçuş ile 1398 sn'lik aynı süre zarfında 22 yolcu fazla geçiş yapmış bulunmaktadır. Çizelge 4.7'de 4 ayrı uçuş için yolcu/süre ilişkisine bakılarak, giriş denetiminden saniyede geçiş yapan yolcu sayısı ve uçuşlara göre ortalama geçiş aralıkları belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Giriş denetimi yolcu geçiş aralıkları ve yolcu/süre (sn) oranı

Uçuş No.	**Yolcu Sayısı**	**Toplam Süre (sn)**	**Geçiş Aralıkları Ort. (sn)**	**Yolcu / Süre (sn) Oranı**
1	74	1398	18.89	0.053
2	51	1224	24.69	0.042
3	52	1398	26.88	0.037
4	55	1329	24.16	0.041
Toplam/Ortalama	232/58	5349/1337.3	94.64/23.66	0.173/0.043

Çizelge 4.7'de ifade edilen geçiş aralıkları yolcuların ardışık geçişleri arasındaki sürelerin ortalamasıdır. Yolcu/süre oranı olarak belirtilen sütundaki değerler saniyede geçen yolcu sayısını göstermektedir. Ancak, Çizelge 4.7'de toplam süre ve yolcu sayılarının denk olmamasından ötürü bu çizelgede bir bağıntı kurulması güçtür. Bu nedenle Çizelge 4.8'de en az yolcu sayısına tekabül eden, 2 nolu uçuş baz alınıp, 51 yolcu sabitinde, tablo oluşturularak, 4 ayrı uçuş için yolcu/süre ilişkisine göre, giriş denetiminden saniyede geçiş yapan yolcu sayısı ve uçuşlara göre ortalama geçiş aralıkları tekrardan belirtilmiştir.

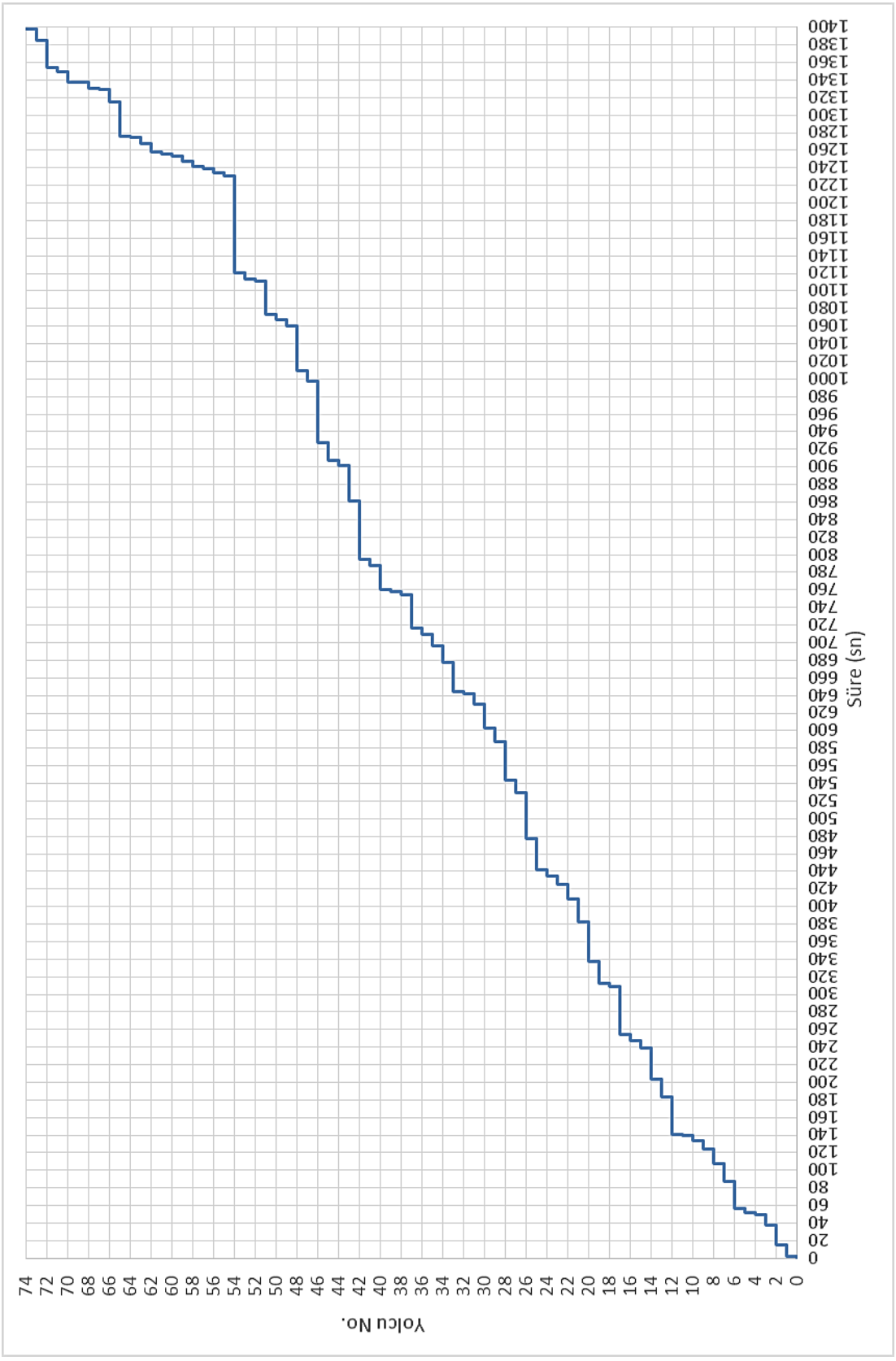
Çizelge 4.8. 2 nolu uçuşun yolcu sayısı baz alınarak oluşturulmuş yolcu geçiş aralıkları ve yolcu/ süre (sn) oranı

Uçuş No.	Yolcu Sayısı	51 nolu yolcu için Süre (sn)	Geçiş Aralıkları Ort. (sn)	Yolcu / Süre (sn) Oranı
1	51	1073	21.04	0.048
2	51	1224	24.69	0.041
3	51	1325	25.98	0.038
4	51	1206	23.65	0.042

Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi sabit yolcu sayısı baz alındığında geçiş aralıkları ortalaması azaldıkça saniyede geçen yolcu sayısında artış olduğu gözlemlenmektedir. Aynı yolcu sayısına göre, 1 nolu uçuş, 0.048 ile en fazla yolcu – süre oranına ve 21.04 ile en az geçiş aralığı ortalamasına sahiptir. 3 nolu uçuş ise, 0.038 ile en az yolcu – süre oranı ve 25.98 ile en çok geçiş aralığı ortalamasına sahiptir.

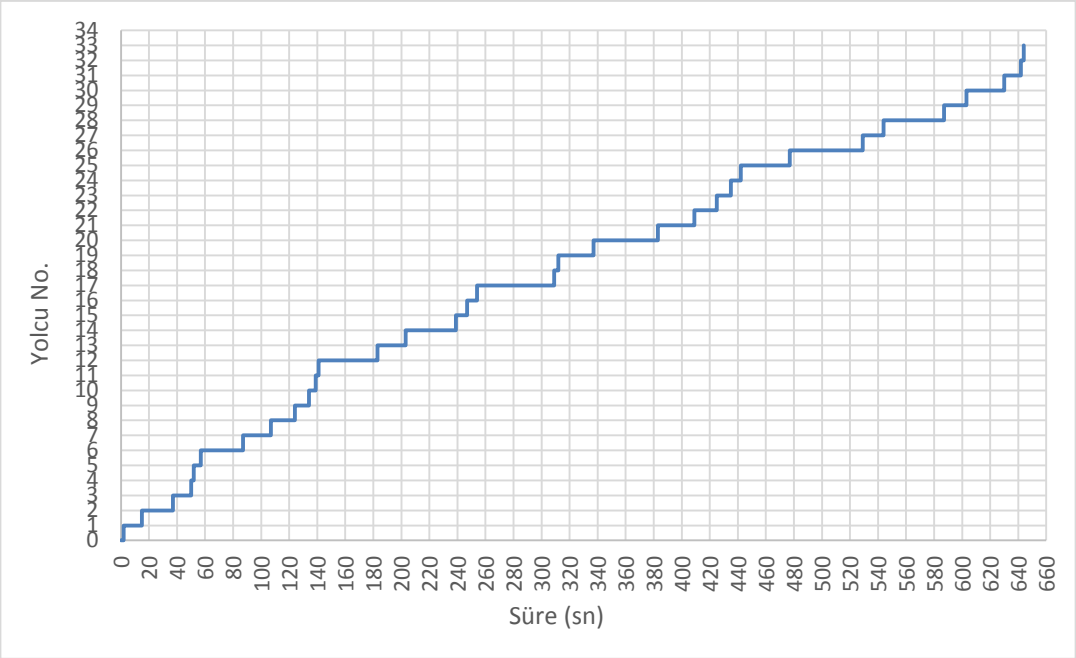
Yapılan gözlemler sonucu giriş denetiminde yolcu yoğunlukları; 10 dk, 5 dk, 4 dk ve 3 dk süreleri boyunca oluşmaktadır. Bu süre zarfları müddetince kayıtlar alınmış ve bu kayıtların Matlab altyapısında oluşturulan program vasıtasıyla yolcuların bu süreler içerisinde X-ray turnikesinden geçiş aralıkları tespit edilmiştir.

1 nolu uçuş için giriş denetiminde toplam 74 yolcunun geçiş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.23'te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.23. Yolcuların 23.07.2014 tarihli 1 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik

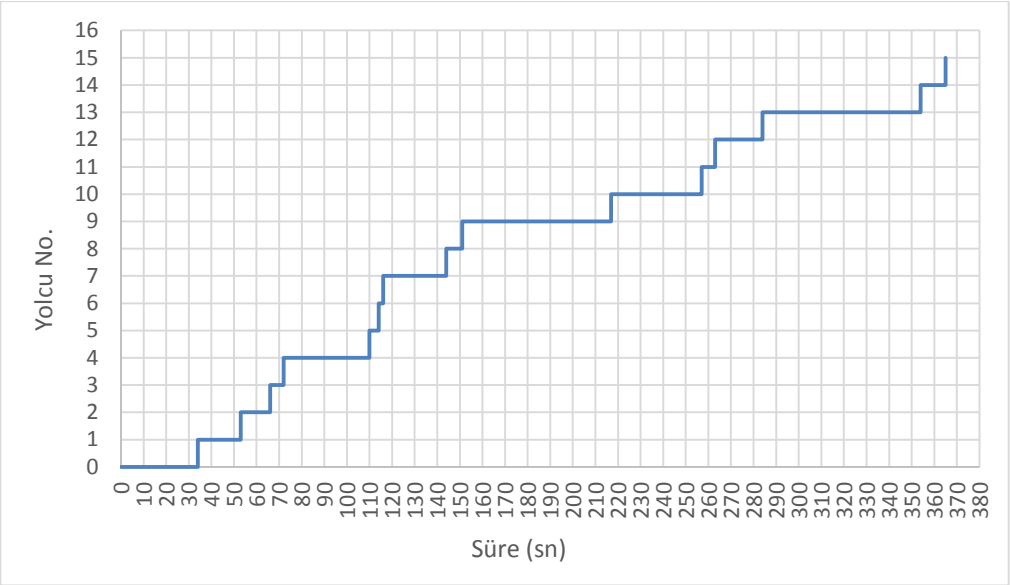
Şekil 4.24'te 23.07.2014 tarihinde ilk 10 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.24. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014)

1 nolu uçuş olan 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki ilk 10 dakikalık 1. periyotta 33 yolcu toplam 644 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 19.52 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 55 sn ile 18. yolcuda görülmüştür.

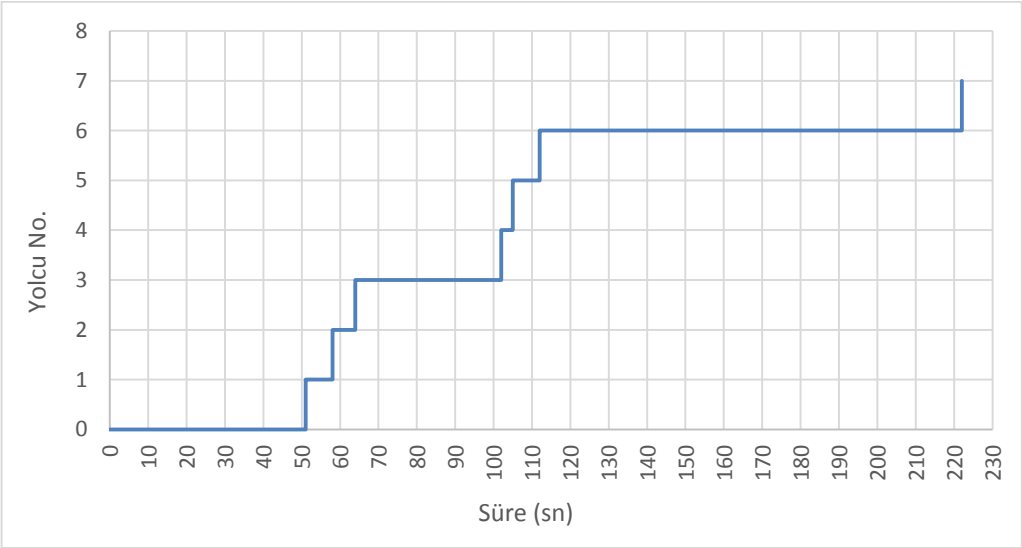
Şekil 4.25'te 5 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.25. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014)

1 nolu uçuş olan 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 5 dakikalık 2. periyotta 15 yolcu toplam 365 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 24.33 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 70 sn ile 14. yolcuda görülmüştür.

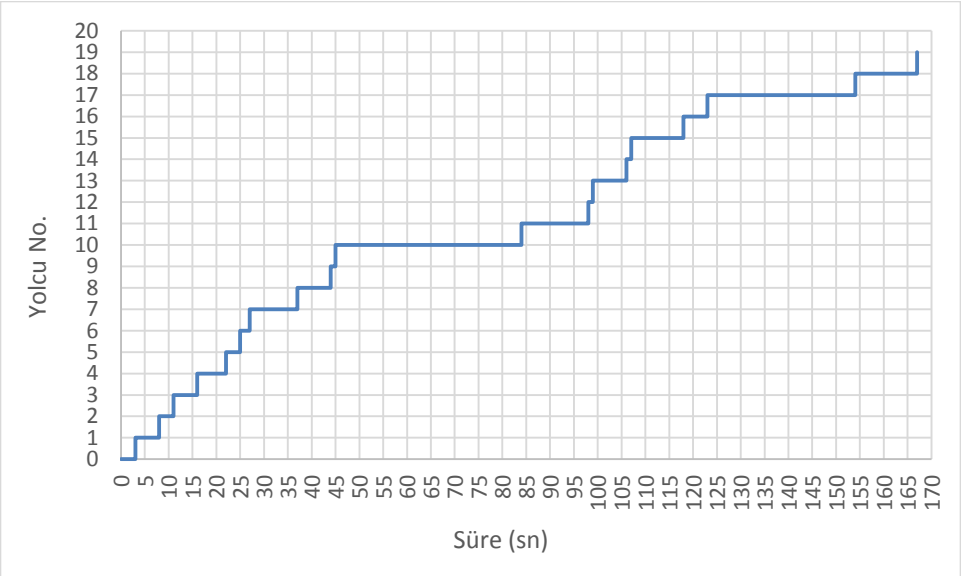
Şekil 4.26'da 4 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.26. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014)

1 nolu uçuş olan 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 4 dakikalık 3. periyotta 7 yolcu toplam 222 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 31.71 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 110 sn ile 7. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.27'de 3 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.27. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (23.07.2014)

1 nolu uçuş olan 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 3 dakikalık 4. periyotta 19 yolcu toplam 167 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 8.79 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 39 sn ile 11. yolcuda görülmüştür.

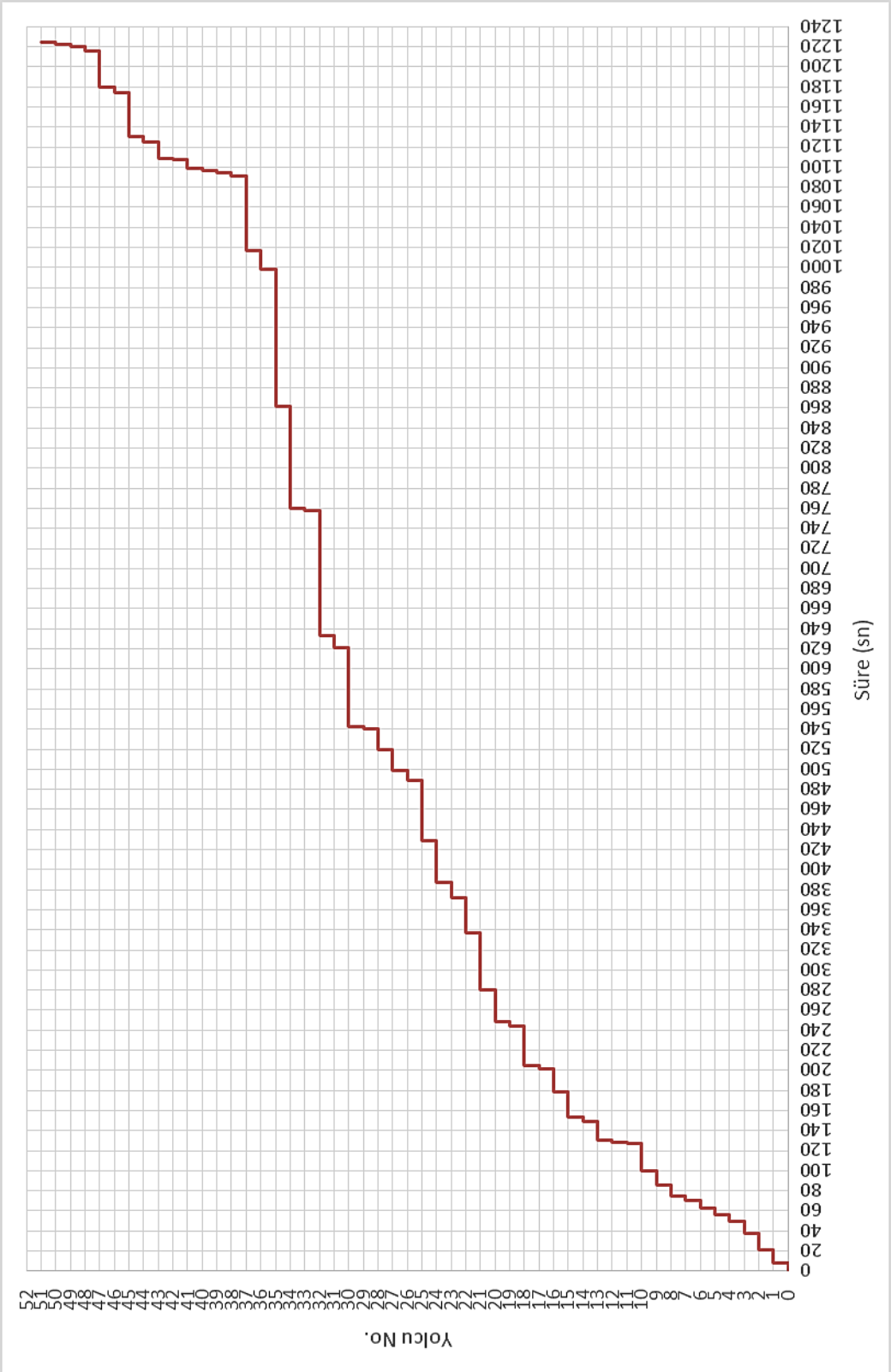
Çizelge 4.9'da giriş denetimi yolcu geçiş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (23.07.2014)

Periyot (dk)	**Süre (sn)**	**Ortalama Geçiş Aralıkları (sn)**	**Toplam Yolcu Sayısı**	**Yolcu/Süre Oranı**
10	644	19.52	33	0.051
5	365	24.33	15	0.041
4	222	31.71	7	0.031
3	167	8.79	19	0.114

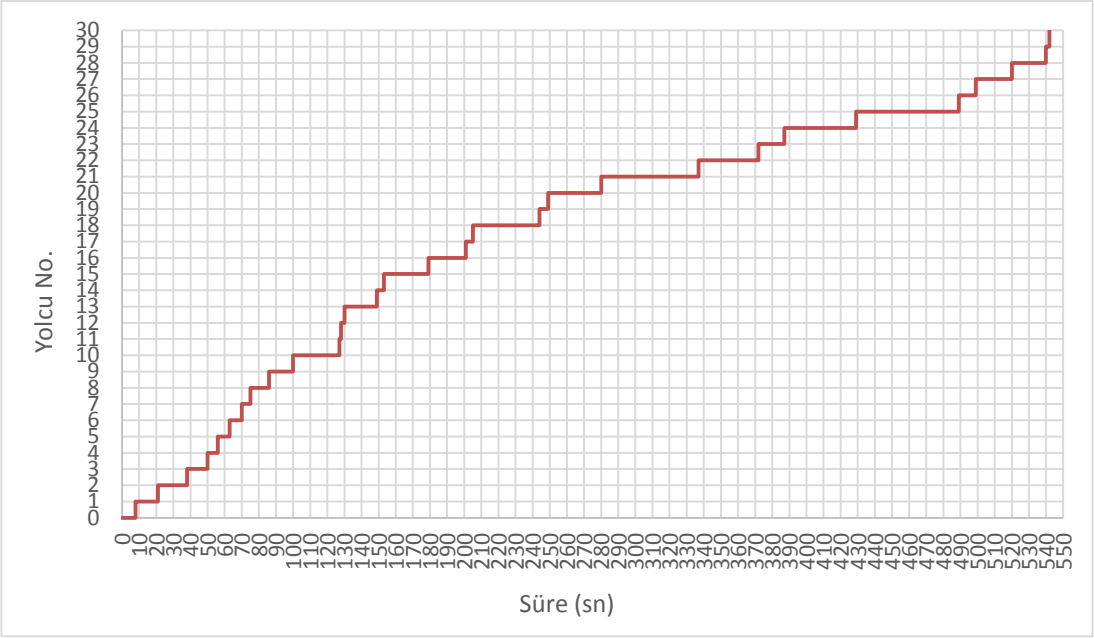
Çizelge 4.9'da belirtildiği gibi, 10, 5, 4, 3 dakikalık periyotlar incelendiğinde 3 dakikalık son periyotta yolcu/süre oranının 0.114 ile en fazla olduğu görülmektedir.

2 nolu uçuş için giriş denetiminde toplam 51 yolcunun geçiş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.28'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.28. Yolcuların 24.07.2014 tarihli 2 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik

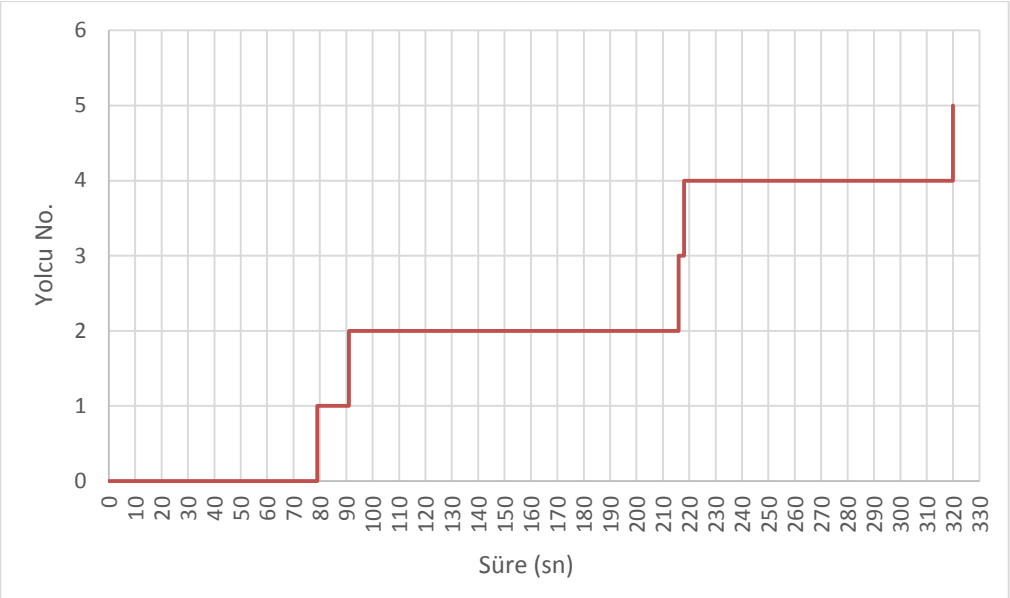
Şekil 4.29'da 24.07.2014 tarihinde ilk 10 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.29. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (24.07.2014)

2 nolu uçuş olan 24.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki ilk 10 dakikalık 1. periyotta 30 yolcu toplam 542 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 18.07 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 60 sn ile 26. yolcuda görülmüştür.

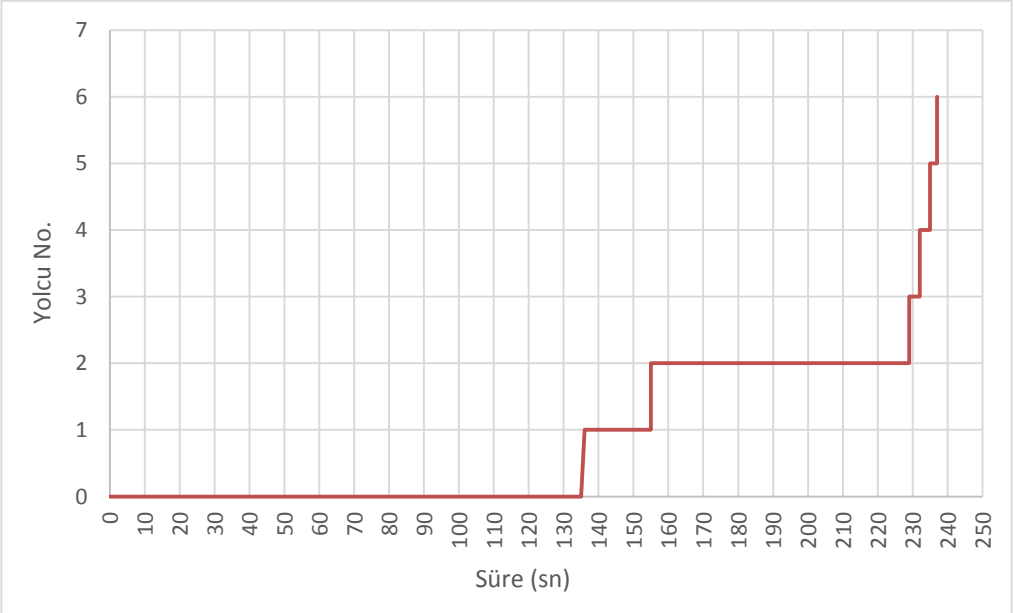
Şekil 4.30'da 5 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.30. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (24.07.2014)

2 nolu uçuş olan 24.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 5 dakikalık 2. periyotta 5 yolcu toplam 320 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 64 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 125 sn ile 3. yolcuda görülmüştür.

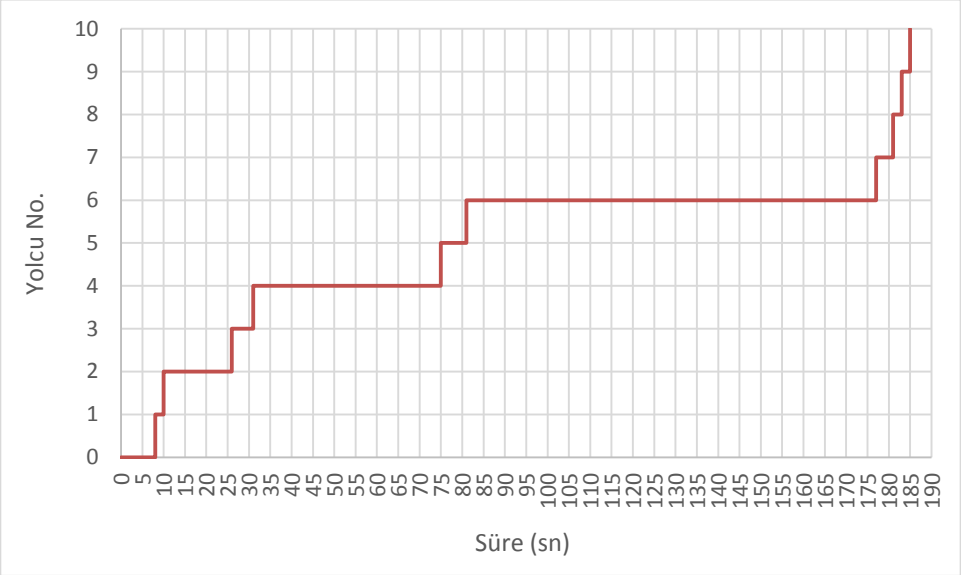
Şekil 4.31'de 4 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.31. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (24.07.2014)

2 nolu uçuş olan 24.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 4 dakikalık 3. periyotta 6 yolcu toplam 237 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 39.5 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 136 sn ile 1. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.32'de 3 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.32. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (24.07.2014)

2 nolu uçuş olan 24.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 3 dakikalık 4. periyotta 10 yolcu toplam 185 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 16.82 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 60 sn ile 8. yolcuda görülmüştür.

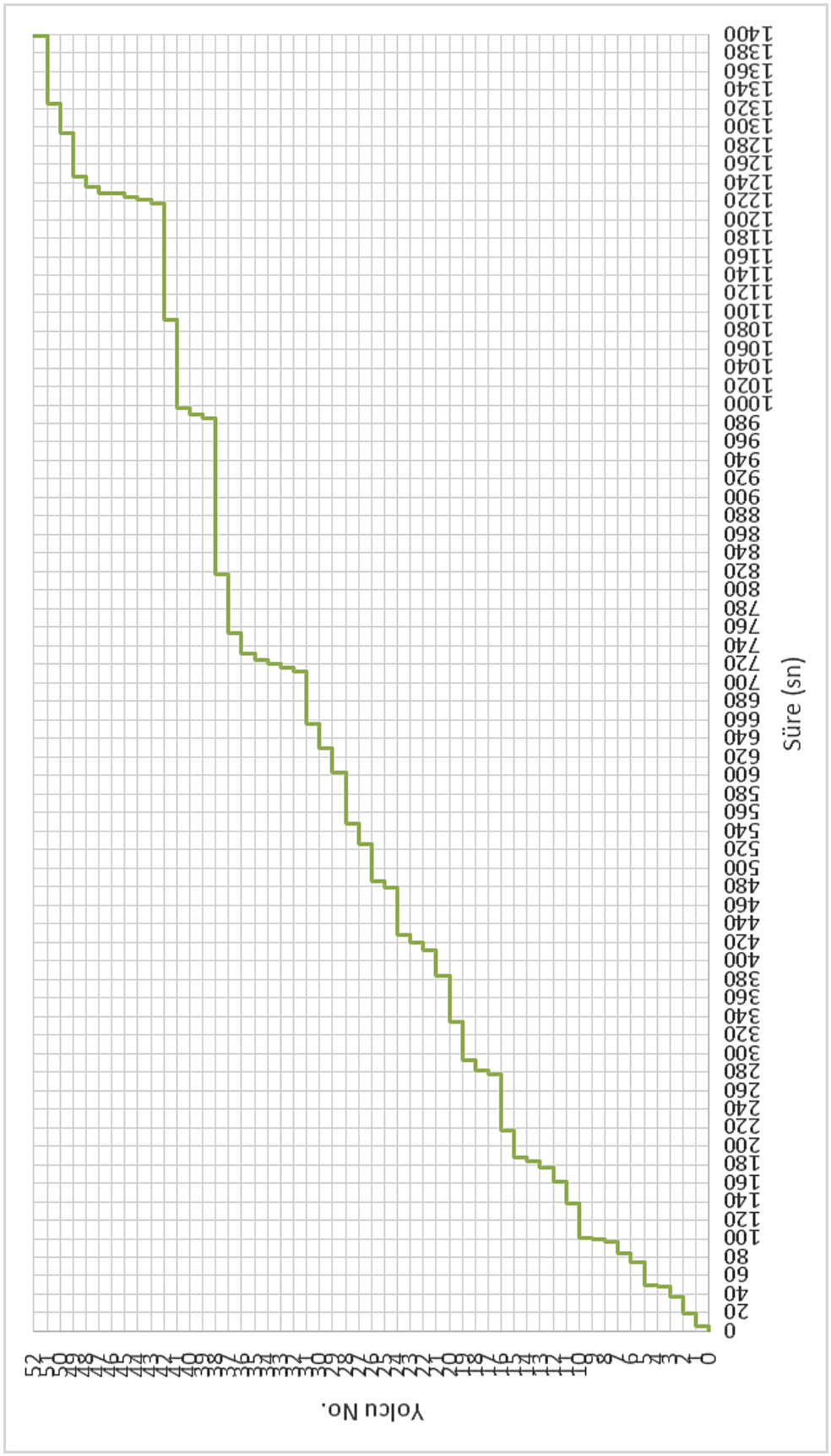
Çizelge 4.10'da giriş denetimi yolcu geçiş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.10. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (24.07.2014)

Periyot (dk)	**Süre (sn)**	**Ortalama Geçiş Aralıkları (sn)**	**Toplam Yolcu Sayısı**	**Yolcu/Süre Oranı**
10	542	18.07	30	0.055
5	320	64	5	0.016
4	237	39.5	6	0.025
3	185	16.82	10	0.054

Çizelge 4.10'da belirtildiği gibi, 10, 5, 4, 3 dakikalık periyotlar incelendiğinde 10 dakikalık ilk periyotta yolcu/süre oranı 0.055 ile en fazla olduğu görülmektedir.

3 nolu uçuş için giriş denetiminde toplam 52 yolcunun geçiş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.33'te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.33. Yolcuların 25.07.2014 tarihli 3 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik

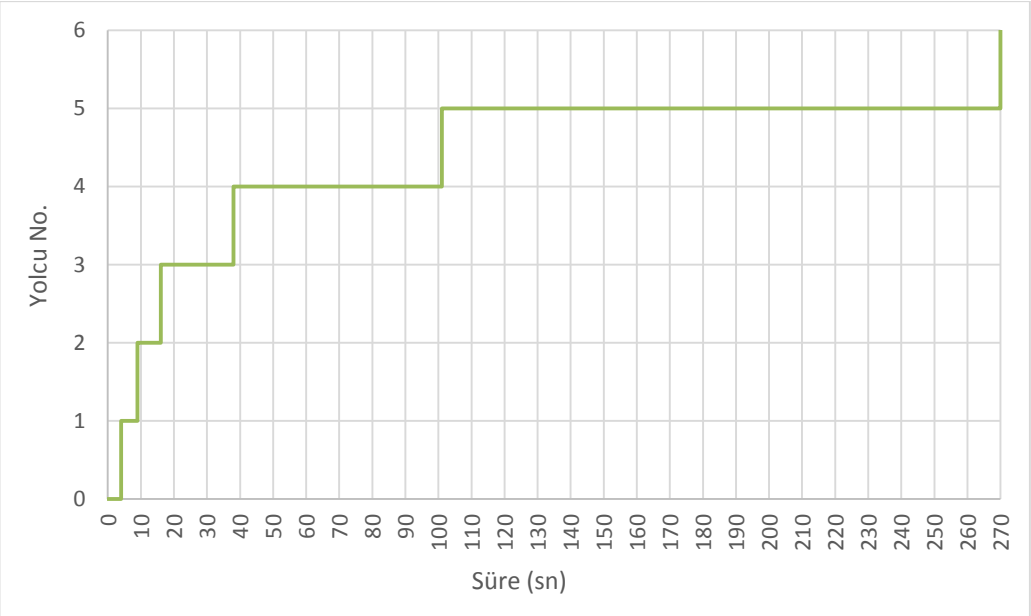
Şekil 4.34'te 25.07.2014 tarihinde ilk 10 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.34. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014)

3 nolu uçuş olan 25.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki ilk 10 dakikalık 1. periyotta 33 yolcu toplam 716 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 21.7 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 60 sn ile 17. yolcuda görülmüştür.

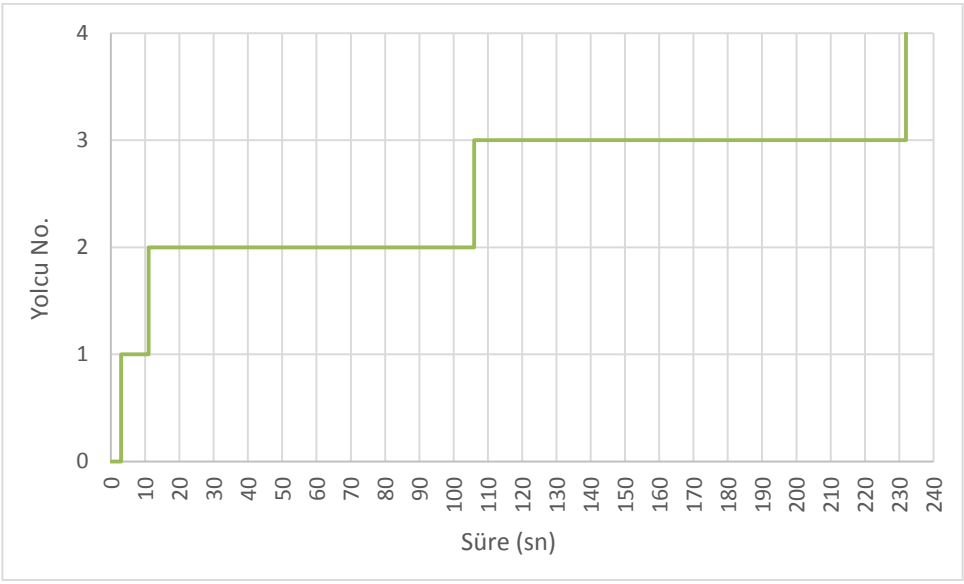
Şekil 4.35'te 5 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.35. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014)

3 nolu uçuş olan 25.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 5 dakikalık 2. periyotta 6 yolcu toplam 270 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 45 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 169 sn ile 6. yolcuda görülmüştür.

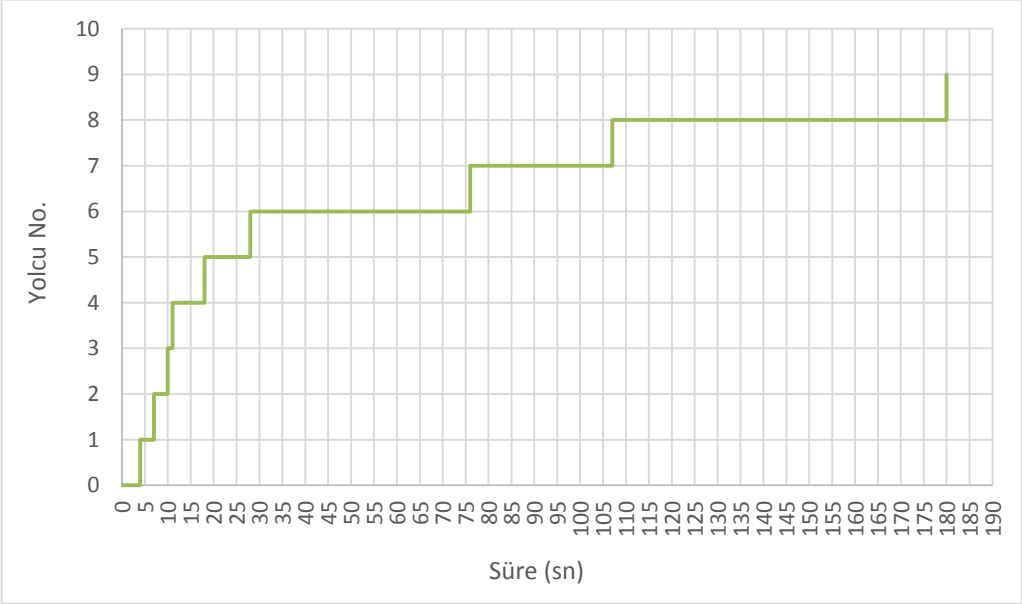
Şekil 4.36'da 4 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.36. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014)

3 nolu uçuş olan 25.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 4 dakikalık 3. periyotta 4 yolcu toplam 232 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 58 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 126 sn ile 4. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.37'de 3 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.37. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (25.07.2014)

3 nolu uçuş olan 25.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 3 dakikalık 4. periyotta 9 yolcu toplam 180 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 20 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 73 sn ile 9. yolcuda görülmüştür.

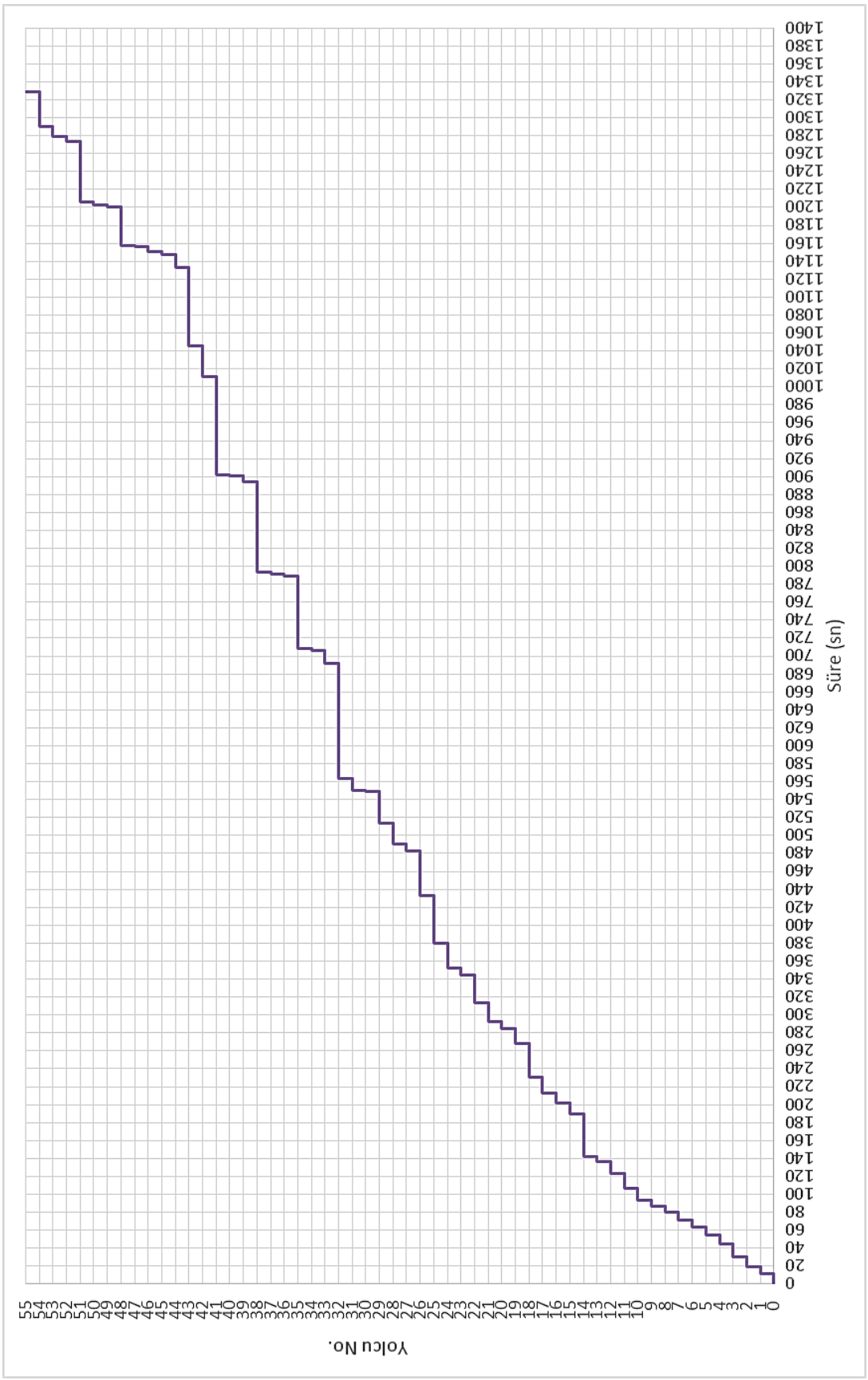
Çizelge 4.11'de giriş denetimi yolcu geçiş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.11. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (25.07.2014)

Periyot (dk)	**Süre (sn)**	**Ortalama Geçiş Aralıkları (sn)**	**Toplam Yolcu Sayısı**	**Yolcu/Süre Oranı**
10	716	21.7	33	0.046
5	270	45	6	0.023
4	232	58	4	0.017
3	180	20	9	0.05

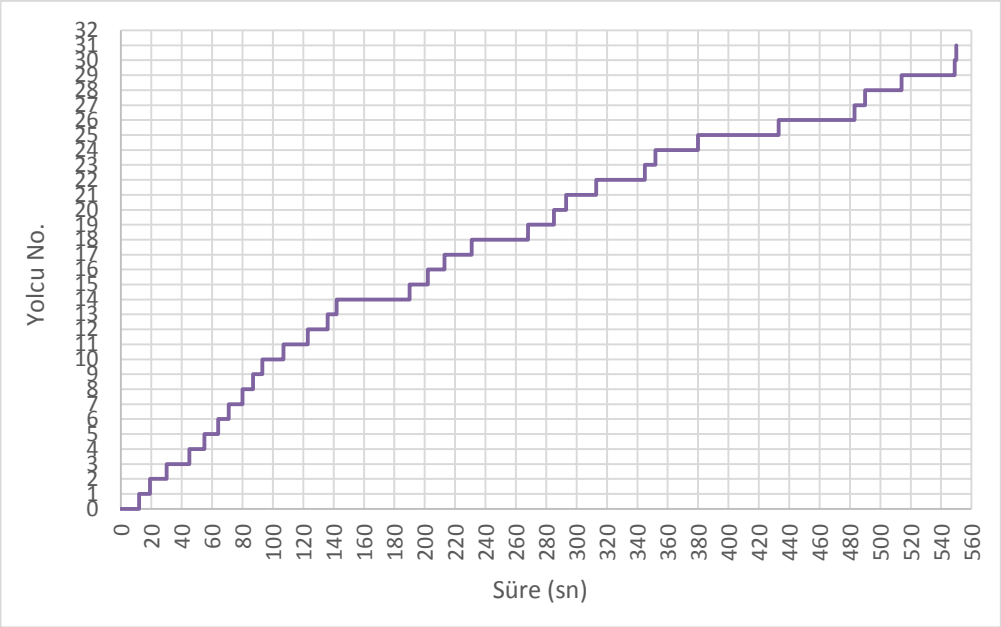
Çizelge 4.11'de belirtildiği gibi, 10, 5, 4, 3 dakikalık periyotlar incelendiğinde, en fazla yolcu/süre oranının 0.05 ile 3 dakikalık son periyotta olduğu görülmektedir.

4 nolu uçuş için giriş denetiminde toplam 55 yolcunun geçiş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.38'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.38. Yolcuların 26.07.2014 tarihli 4 nolu uçuş için giriş denetiminde geçiş aralıklarını gösteren grafik

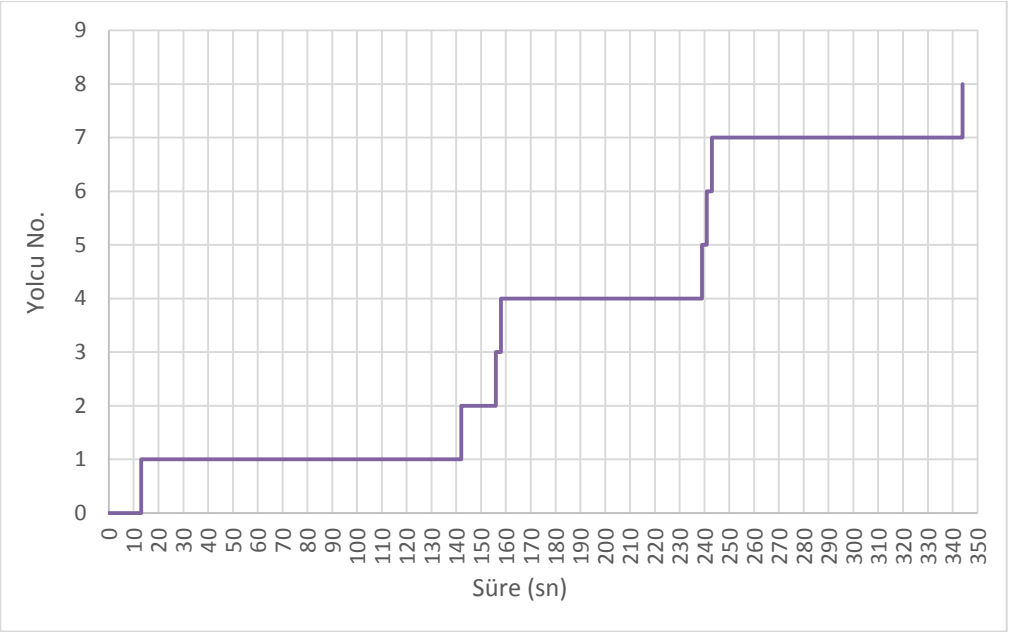
Şekil 4.39'da 26.07.2014 tarihinde ilk 10 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.39. Giriş denetimi X-ray 10 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014)

4 nolu uçuş olan 26.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki ilk 10 dakikalık 1. periyotta 31 yolcu toplam 550 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 17.7 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 53 sn ile 26. yolcuda görülmüştür.

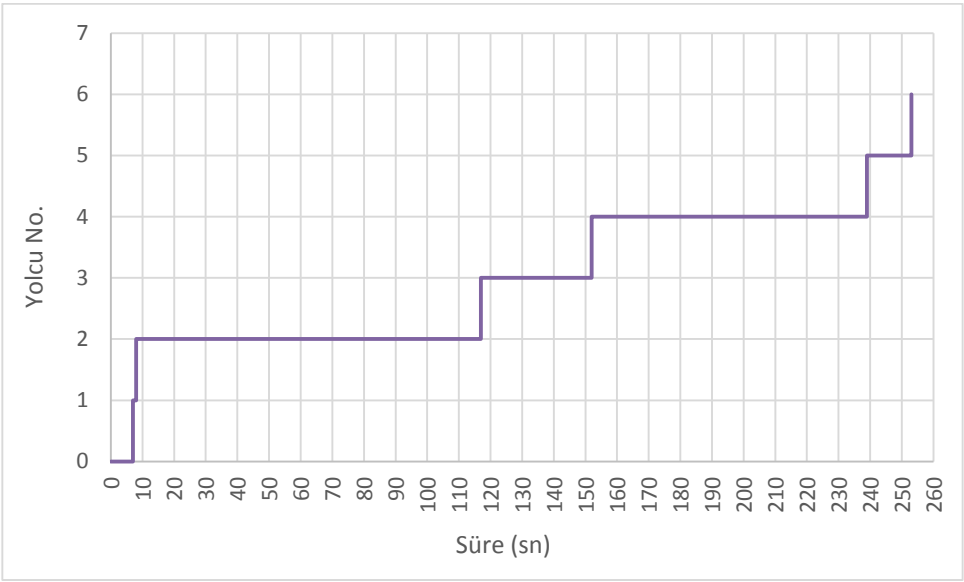
Şekil 4.40'da 5 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.40. Giriş denetimi X-ray 5 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014)

4 nolu uçuş olan 26.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 5 dakikalık 2. periyotta 8 yolcu toplam 344 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 43 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 129 sn ile 2. yolcuda görülmüştür.

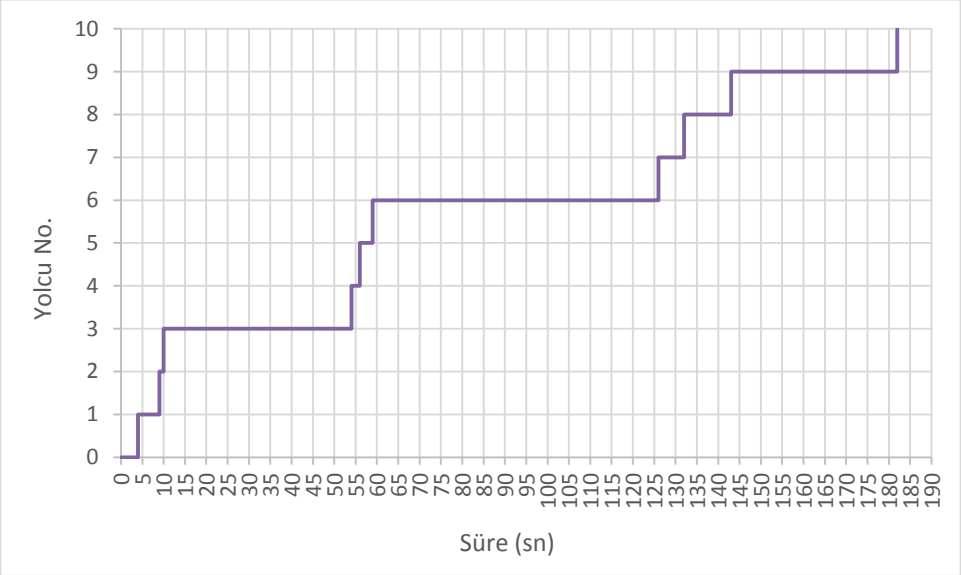
Şekil 4.41'de 4 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.41. Giriş denetimi X-ray 4 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014)

4 nolu uçuş olan 26.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 4 dakikalık 3. periyotta 6 yolcu toplam 253 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 42.2 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 109 sn ile 3. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.42'de 3 dakikalık yoğunluk periyodu için yolcuların X-ray turnikesinden geçiş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.42. Giriş denetimi X-ray 3 dk'lık yolcu geçiş aralıkları (26.07.2014)

4 nolu uçuş olan 26.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için giriş denetimindeki 3 dakikalık 4. periyotta 10 yolcu toplam 182 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 18.2 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 67 sn ile 7. yolcuda görülmüştür.

Çizelge 4.12'de giriş denetimi yolcu geçiş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

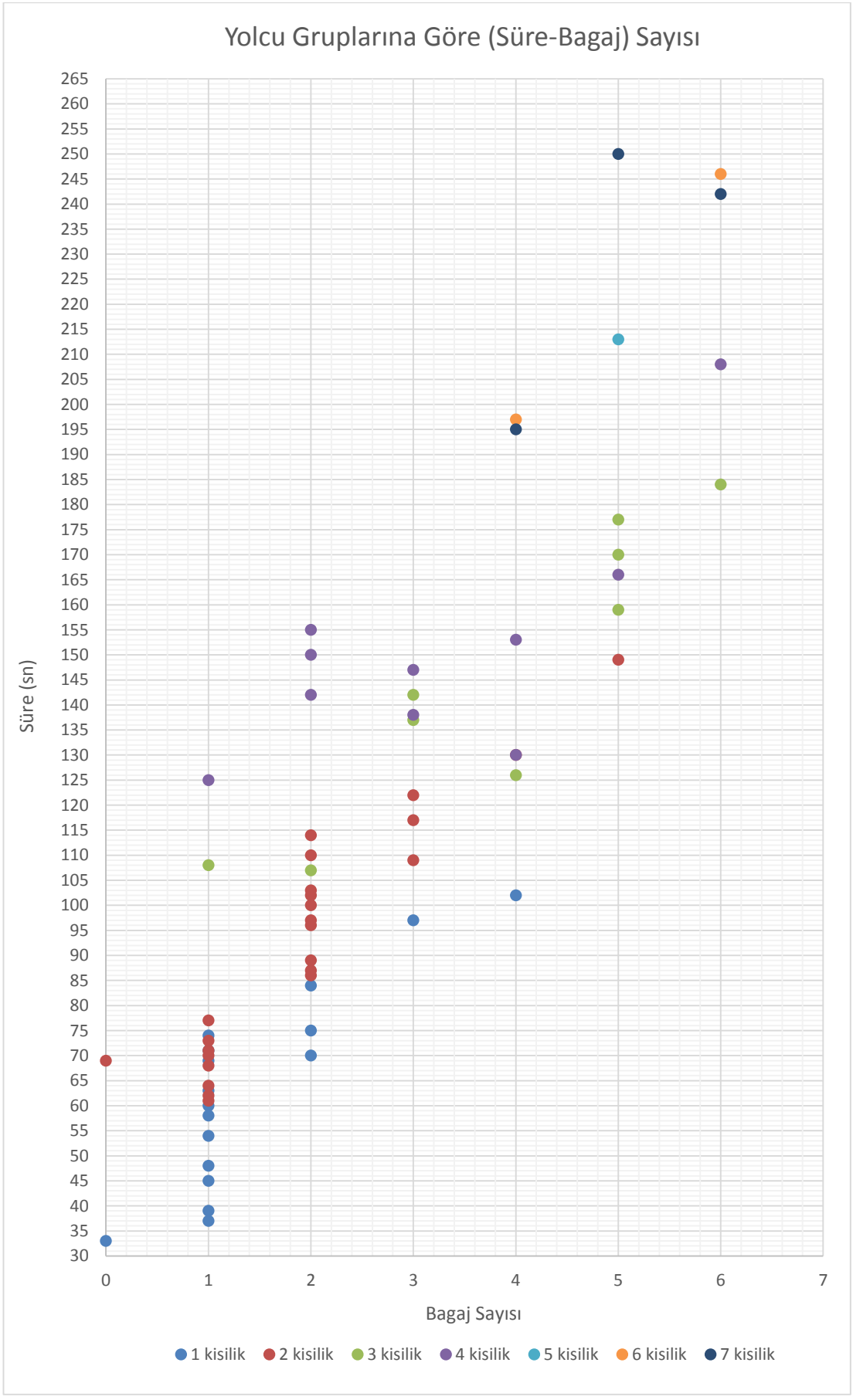
Çizelge 4.12. Giriş denetimi geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (26.07.2014)

Periyot (dk)	Süre (sn)	Ortalama Geçiş Aralıkları (sn)	Toplam Yolcu Sayısı	Yolcu/Süre Oranı
10	550	17.7	31	0.056
5	344	43	8	0.023
4	253	42.2	6	0.024
3	182	18.2	10	0.055

Çizelge 4.12'de belirtildiği gibi, 10, 5, 4, 3 dakikalık periyotlar incelendiğinde en fazla yolcu/süre oranının 0.056 ile 10 dakikalık ilk periyotta olduğu görülmektedir.

Çizelgeler incelendiğinde yolcu yoğunluklarının en fazla görüldüğü periyotlar ilk ve son periyotlar olan 10 dk ve 3 dk'lık periyotlarda oluştuğu görülmektedir.

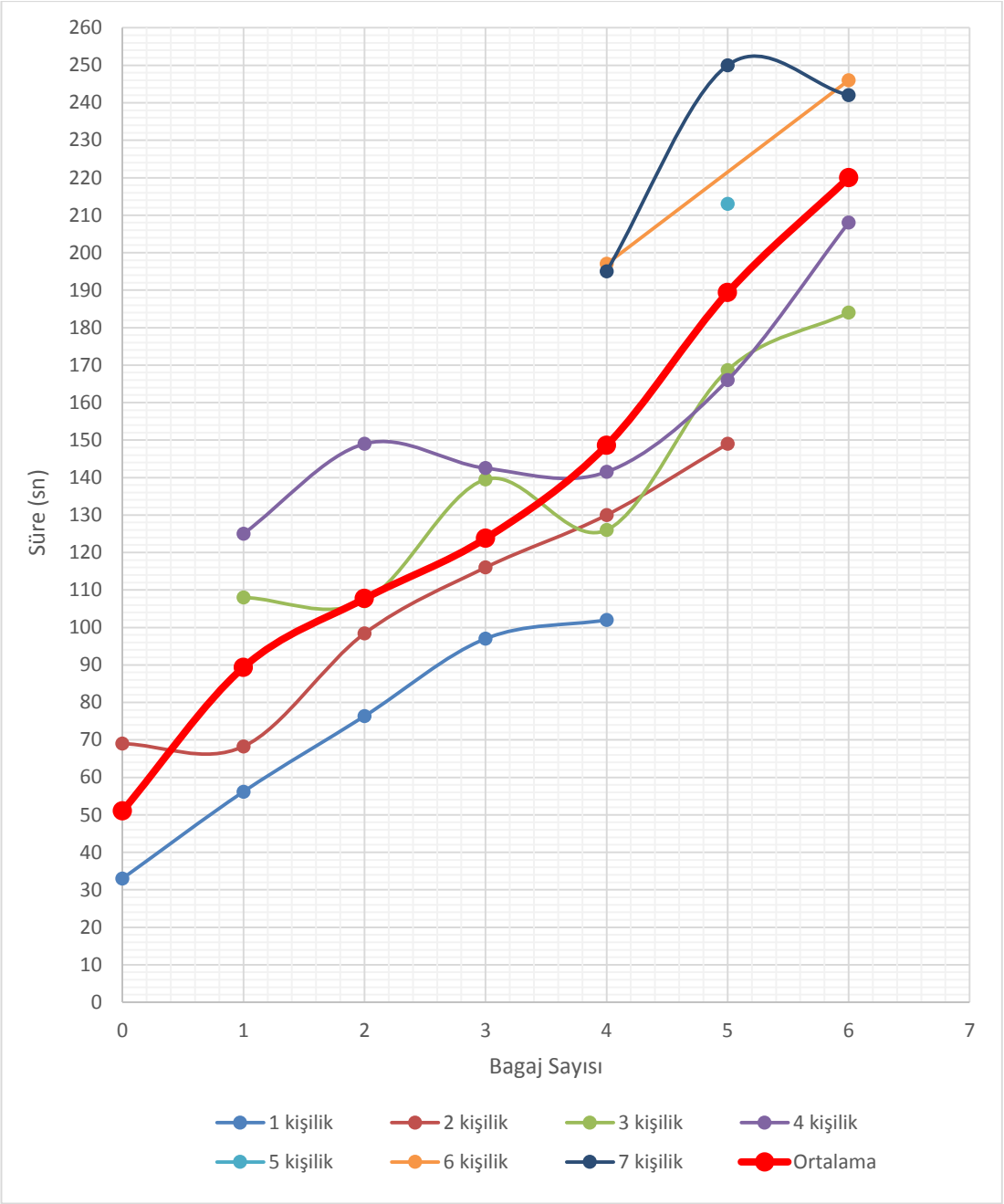
Şekil 4.43'te 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nda giriş denetim bölümünde yapılan gözlemler sonucu elde edilen, yolcuların işlem süreleri, bagaj sayıları ve seyahatlerini kaç kişilik gruplar hâlinde gerçekleştirdikleri belirtilmiştir.



Şekil 4.43. Giriş denetimi yolcu sayıları, işlem süreleri ve bagaj sayıları

Şekil 4.43'te belirtildiği üzere 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında yapılan gözlemler neticesinde toplam 183 yolcu, 178 bagaj ve 8136 sn işlem süresi tespit edilmiştir. Grafikte her bir yolcu grubu farklı bir renkle gösterilmiştir. Bu grafiğe göre; tek kişilik seyahat eden yolcular, 4 bagaja kadar taşımakta olup işlem süreleri 33-102 sn aralığındadır. 2 kişilik seyahat grupları 5 bagaja kadar taşımakta olup işlem süreleri 61-149 sn aralığındadır. 3 kişilik seyahat grupları 6 bagaja kadar taşımakta olup işlem süreleri 107-184 sn aralığındadır. 4 kişilik seyahat grupları 6 bagaja kadar taşımakta olup işlem süreleri 125-208 sn aralığındadır. 5 kişilik seyahat grubu 5 bagaj taşımakta olup işlem süresi 213 sn'dir. 6 kişilik seyahat grupları 6 bagaja kadar taşımakta olup işlem süreleri 197-246 sn aralığındadır. 7 kişilik seyahat grupları 6 bagaja kadar taşımakta olup işlem süreleri 195-250 sn aralığındadır.

Şekil 4.44; Şekil 43'te belirtilen 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nda giriş denetim bölümünde yapılan gözlemler sonucu elde edilen bulgulara dayanılarak, herbir yolcu grubunun bagaj sayılarına göre işlem sürelerinin ortalamasını belirten grafiktir.



Şekil 4.44. Yolcu gruplarının bagaj sayılarına göre işlem sürelerinin ortalamaları

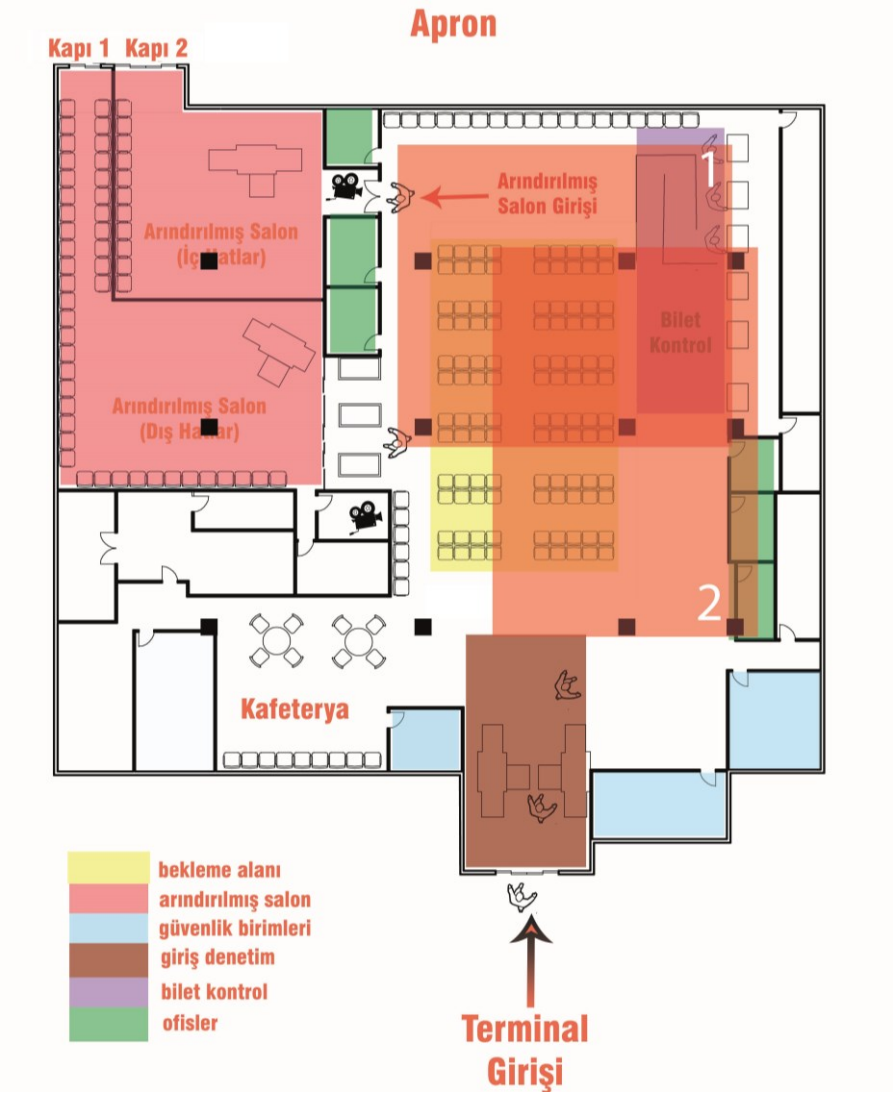
Şekil 4.44'teki grafikte yolcu grupları farklı renklerde gösterilmiş olup, bagaj sayılarına göre işlem süreleri ortalamalarını belirtmektedir. Ayrıca, tüm yolcu grupları ele alındığında, bagaj sayılarına göre işlem süreleri ortalaması kırmızı eğri ile gösterilmiştir. Buna göre; yolcu grupları ayrı ayrı ele alındığında; yaş, cinsiyet, fiziksel kapasite, bagaj boyutu vb. gibi istisnai durumlar olduğundan tam bir ilişkilendirme yapılamamaktadır. Ancak grafikte kırmızı ile belirtilen eğri dikkate alındığında işlem süreleri, bagaj sayıları arttıkça artmaktadır.

Havalimanı yolcu işlem adımları giriş denetiminden sonra sırasını bilet kontrol işlemlerine bırakmaktadır. Yolcular bilet işlemlerini kendileri yaptırdıklarından, giriş denetiminden hemen sonra check-in işlemlerini yaptırmayabilmektedirler. Bilet kontrol bölümünün hizmete açılmamış olması veya açık ise kuyruk bekleme durumları vb. gibi durumlar hasebiyle yolcular bekleme alanına yönelebilmektedir. Olağan sırasında gerçekleşen bir yolcu-uçak süreçleri göre yolcuların direkt check-in işlemlerine yönelmelidir. Bu sebeple giriş denetimi analizinden sonra irdelenmesi gereken kısım bilet kontrol bölümüdür. Bilet kontrol bölümü havalimanının en önemli sistemlerinden biridir. Yolcuların bilet işlemlerindeki herhangi bir aksaklık, yolcu-uçak süreci doğrudan etkilemektedir. Günümüz şartlarında vaktin ne kadar önemli olduğu düşünülürse, sistemde oluşabilecek gecikmeler beraberinde zaman maliyetlerini getirebilmektedir. Mevcut bilet kontrol birimlerinin doğru analizi, kaynakların verimli kullanılmasına ve ülke ekonomisine yarar sağlamaktadır.

Süleyman Demirel Havalimanı'nın büyüklük ölçeği ele alındığında, bilet kontrol bölümünü günümüz taleplerinde yeterli gibi görünse de mevcut hâlin doğru analizi önümüzdeki dönemlerde oluşacak taleplere paralel gelişme içinde olmasını sağlayacaktır.

4.2.2. Bilet kontrol bölümü analizi

Süleyman Demirel Havalimanı'nda inceleme yapılan 4 uçuş için toplam 127 dakika süresince, giriş denetiminden toplamda 204 yolcu geçiş yapmıştır. Bilet kontrol bölümü çevresinde kurulan 2 kamera ile farklı görüş açılarında aynı bölge üzerinde eş zamanlı video kaydı alınmıştır (Şekil 4.45). Alınan kayıtlar üzerinde yolcuların, bilet kontrol bölümüne geliş periyotları 14 dk, 12 dk ve 9 dk olarak belirlenmiştir. Bu aralıklarda toplam 127 dakika süresince 11 çekim yapılmış ve bu kayıtlar program vasıtasıyla analiz edilmiştir. Bilet kontrol bölümü için yapılan görüntü analizlerinde, 2.86% hata payı ile 210 yolcu sayılmıştır. Yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları belirlenmiştir.



Şekil 4.45. Bilet kontrol bölümü çekim açıları

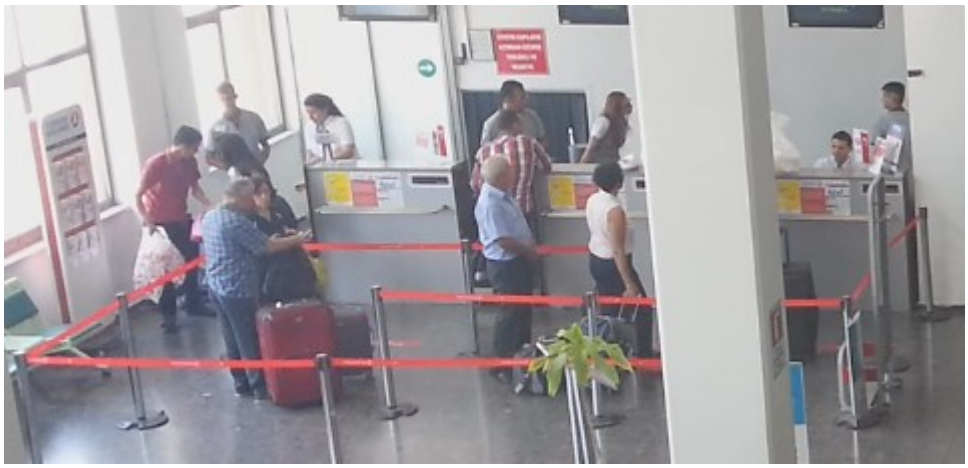
Süleyman Demirel Havalimanı terminali bilet kontrol bölümü 62.5 m^2 alanında yolcuların kullandığı bölüm ve 25 m^2 alanında servis bölümü olmak üzere toplam 87.5 m^2 alanındadır. 1'i engelli yolculara hizmet vermek üzere toplam 6 adet bilet kontrol bankosu bulunmaktadır. Görevli masası, kontuar ve tartının uzunluğu ICAO standartlarına göre asgari 230 cm'dir. Burada ise bu ölçü yaklaşık 200 cm civarındandır.

Uçuş saatinden 2 -2.5 saat önce apron tarafındaki 3 check-in gişesi hizmete açılmaktadır. Yoğunluk durumuna göre özellikle pik saatlerde bir gişe daha hizmete açılabilmektedir. Servise açık kontuarlara yolcuların düzgün bir şekilde yönlendirilebilmesi için şerit bariyer çekilmiştir (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Süleyman Demirel Havalimanı bilet kontrol bölümü şerit bariyerleri

Yolcular şerit bariyerler kullanılarak terminal içi serbest dolaşım alanından ayrılmışlardır. Kuyruk uzunluklarının bariyer dışına taşması durumda ise yolcuların serbest dolaşımlarına büyük engel teşkil etmemektedirler (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Bilet kontrol bölümü kuyruk oluşumu

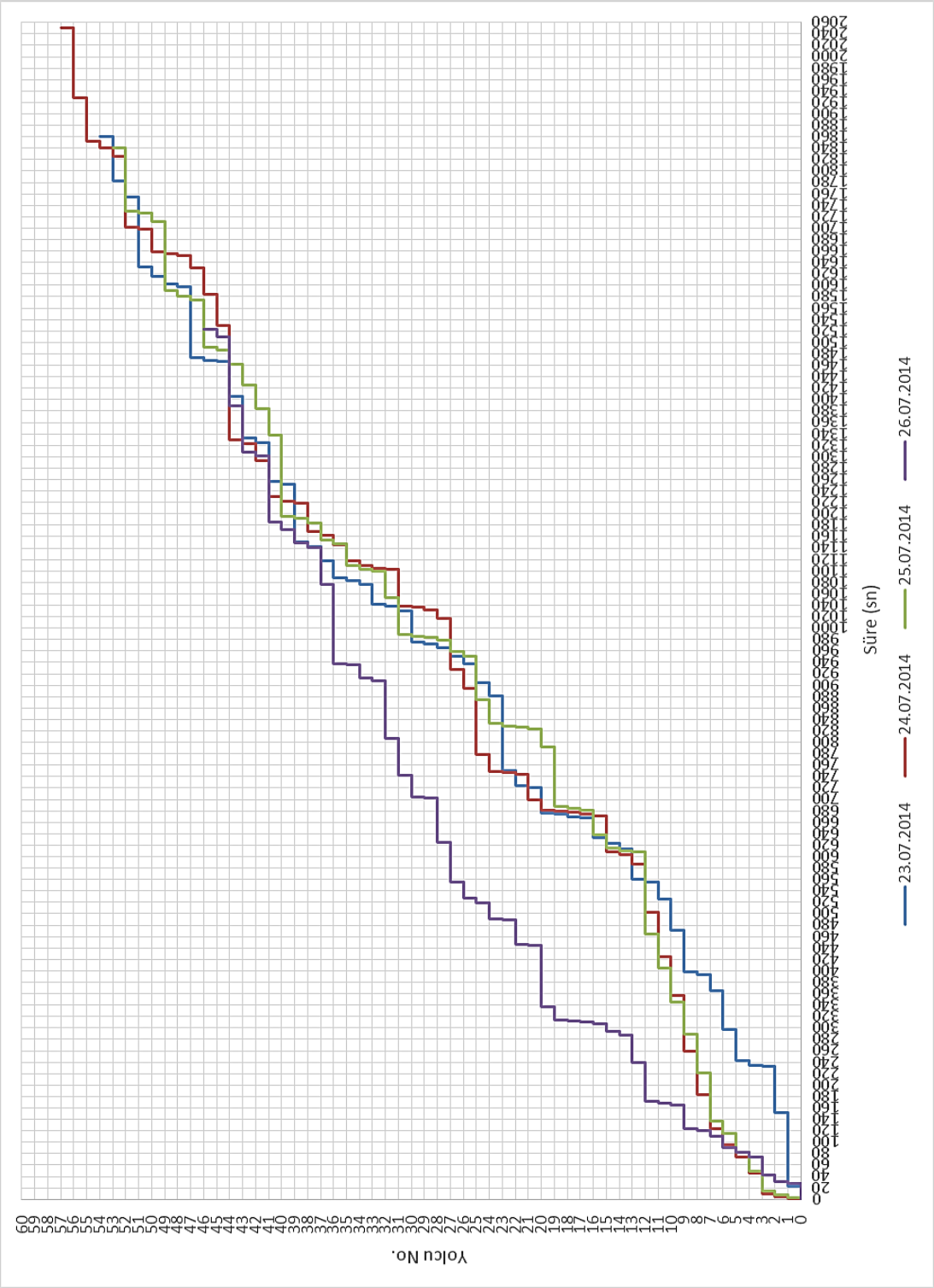
Bilet kontrol bölümünde yolcuların 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında oluşturdukları azami kuyruk uzunlukları Çizelge 4.13'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.13. Bilet kontrol bölümü azami kuyruk uzunlukları (23.07.2014-26.07.2014)

Tarih	Açık Kontuar Sayısı	Ortalama Geçiş Aralıkları (sn)	Sıradaki Yolcu Sayısı	Azami Kuyruk Uzunluğu (m)
23.07.2014	3	31.3	7	6
24.07.2014	3	29.4	6	4
25.07.2014	3	33.6	9	8
26.07.2014	3	28.8	5	5

Yolcuların bilet kontrol kuyruğuna veya bilet kontuarına geliş aralıklarını yapılan video çekimlerinin program aracılığı ile tespit edilmiştir. Yapılan gözlemler neticesinde bilet kontrol bölümünde geliş yoğunlukları belirlenen süreler dâhilinde video çekimi yapılmıştır.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda 4 ayrı İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümünde alınan video kayıtlarının, program tarafından analizlerinin yapılması ile elde edilen yolcu geliş aralıkları tek bir grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.48). Grafik, o uçuşa katılan tüm yolcuları kapsamamakla beraber yolcuların geneli için geliş aralıkları hakkında net bilgiler vermektedir. "y" ekseniyle belirtilen yolcu no. ifadesi; yolcu başına verilen numaraları göstermektedir. "x" ekseniyle belirtilen düzlem, toplam sayım süresini saniye cinsinden belirli aralıklarla göstermektedir ve "x" ekseni boyunca uzanan çizgiler iki yolcu arasındaki geliş aralığını ifade etmektedir. Toplam sayım süresi içerisinde geçiş yapmış olan tüm yolcuların geliş aralıkları belirtilmiştir. Böylece 4 uçuş için yolcu sayısı ve toplam sayım süreleri aynı olmasa da, grafiklere bakılarak aralarındaki ilişki belirlenebilmektedir.



Şekil 4.48. Yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren birleşik grafik

Şekil 4.48'de belirtilen grafik, 4 ayrı İstanbul uçuşunda, bilet kontrol bölümünden geçen toplam 210 yolcunun 7274 sn. süre ile sayımını belirtmektedir. 14 dakikalık ilk periyotta tüm uçuşlar için 1, 2 ve 3 nolu uçuşlarda yolcu/süre

ilişkisinin benzer olduğu, 4 nolu uçuşun ise diğer uçuşlara göre daha çok yolcu sayısına ulaştığı görülmektedir. 12 dakikalık 2. periyotta grafik, başlarda ilk periyoda benzerlik gösterse de sonradan tüm uçuşların yolcu/süre ilişkisi birbirine denk bir yol izlemiştir. 9 dakikalık son zaman diliminde ise tüm uçuşlar için aynı süre zarfı olmamakla beraber yolcu geliş aralıkları benzer ilişki göstermeye devam etmiştir. Tüm uçuşların birbirine denk yolcu/süre ilişkisine ulaştığı zaman dilimi 2. periyottur. Buna göre, 1 nolu 23.07.2014 tarihli uçuşu 36 yolcuya, 2 nolu 24.07.2014 tarihli uçuşu 35 yolcuya, 3 nolu 25.07.2014 tarihli uçuşu 35 yolcuya, 4 nolu 26.07.2014 tarihli uçuşu 36 yolcuya ulaşmıştır. 4 nolu uçuş 14 dakikalık periyodun ortalarında diğer uçuşlara göre en fazla yolcu sayısında ulaşmış ve 1 nolu uçuş ile 340 saniyelik aynı süre zarfında aralarında 14 yolcu fark bulunmaktadır. Çizelge 4.14'te 4 ayrı uçuş için yolcu/süre ilişkisine bakılarak, bilet kontrol bölümüne saniyede geliş yapan yolcu sayısı ve uçuşlara göre ortalama geçiş aralıkları belirtilmiştir.

Çizelge 4.14. Bilet kontrol bölümü yolcu geliş aralıkları ve yolcu/süre (sn) oranı

Uçuş No.	**Yolcu Sayısı**	**Toplam Süre (sn)**	**Geliş Aralıkları Ort. (sn)**	**Yolcu/Süre (sn) Oranı**
1	54	1861	33.84	0.029
2	57	2050	35.34	0.027
3	53	1840	34.07	0.028
4	46	1523	32.40	0.030
Toplam/Ortalama	210/52.5	7274/1818.5	135.65/33.91	0.114/0.029

Çizelge 4.14'te ifade edilen geliş aralıkları yolcuların ardışık gelişleri arasındaki sürelerin ortalamasıdır. Yolcu/süre oranı olarak belirtilen sütundaki değerler saniyede gelen yolcu sayısını göstermektedir. Buna göre, 4 nolu uçuş toplamda az yolcu sayısına sahipse de saniyede geçen yolcu sayısı bakımından diğerlerinden fazla olduğu Çizelge 4.14'te görülmektedir.

Yapılan gözlemler sonucu giriş denetiminde yolcu yoğunlukları; 14 dk, 12 dk ve 9 dk süreleri boyunca oluşmaktadır. Bu süre zarfları müddetince kayıtlar alınmış ve bu kayıtların Matlab altyapısında geliştirilen program ile yolcuların bu süreler içerisinde bilet kontrol noktası şerit bariyerlerine geliş aralıkları tespit edilmiştir.

1 nolu uçuş için bilet kontrol bölümünde toplam 54 yolcunun geliş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.49'da gösterildiği gibidir.

Şekil 4.50'de 23.07.2014 tarihindeki 14 dakikalık ilk periyot için bilet kontrol bölümüne yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.

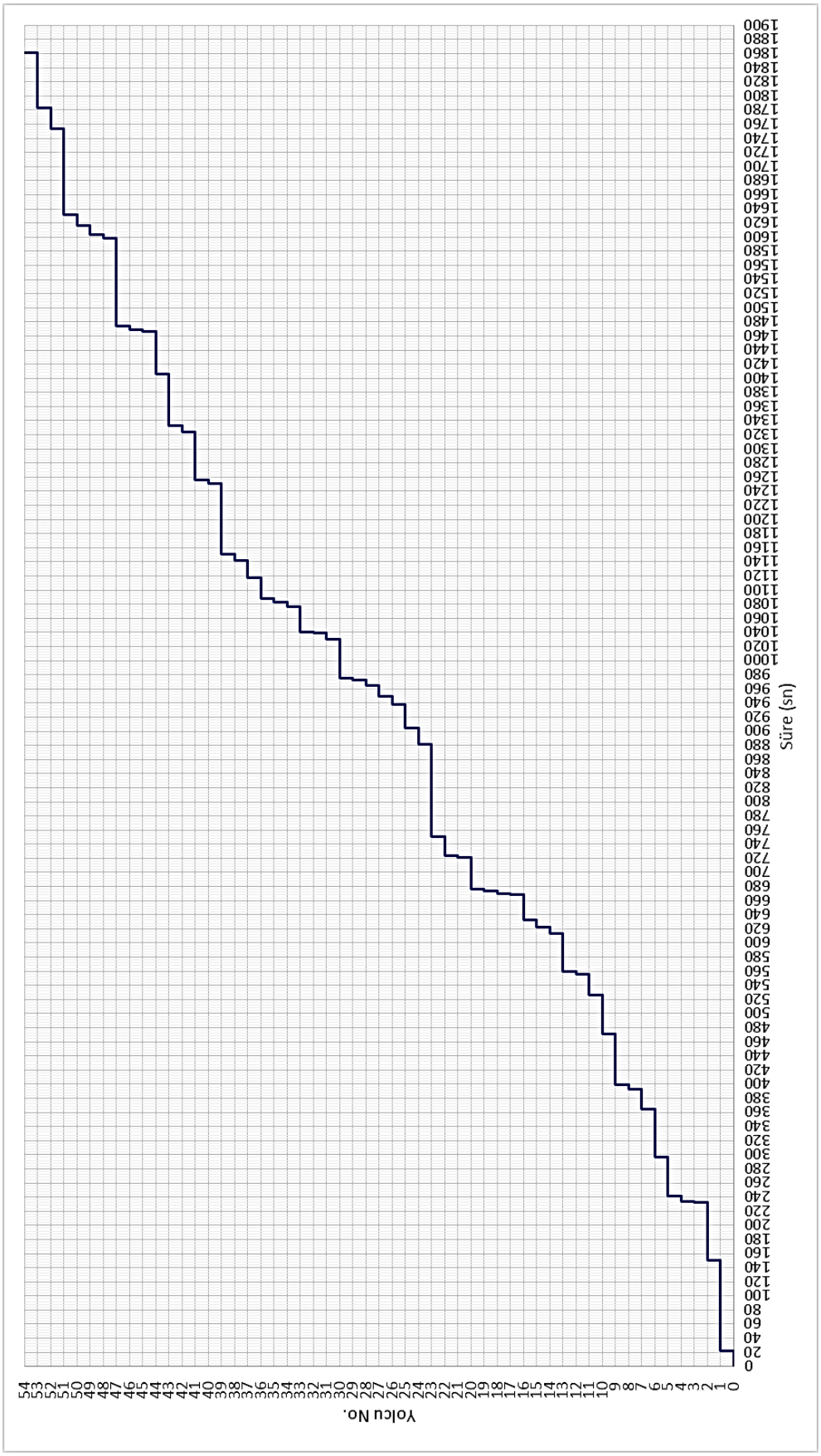
1 nolu uçuş olan 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki ilk 14 dakikalık 1. periyotta 23 yolcu toplam 750 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 31.75 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 129 sn ile 2. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.51'de bilet kontrol bölümünde 12 dk'lık 2. periyotta yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.

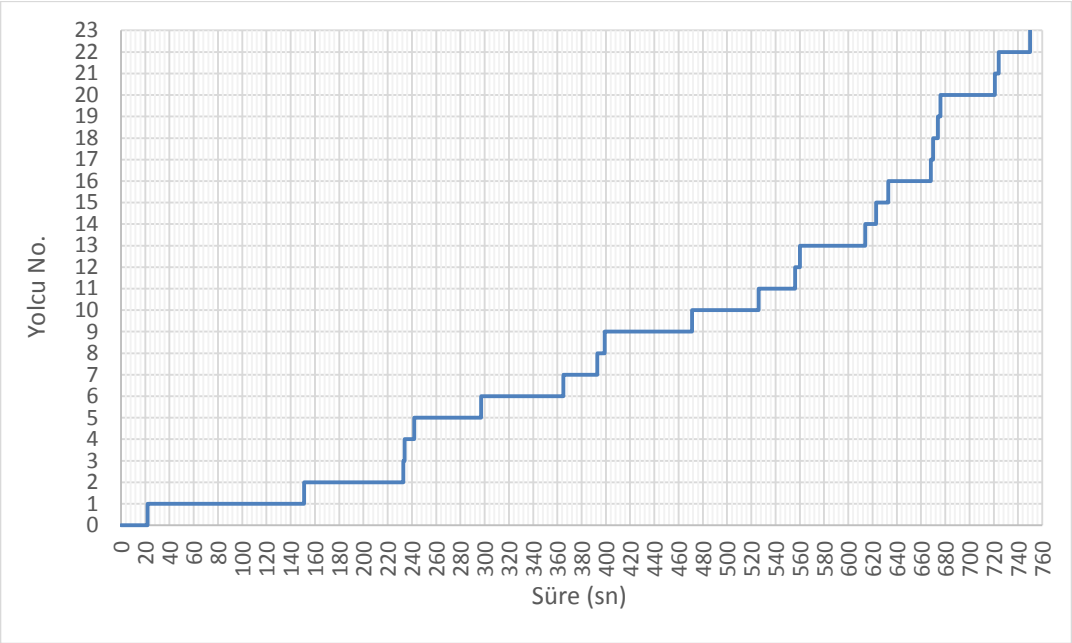
1 nolu uçuş olan 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 12 dakikalık 2. periyotta 24 yolcu toplam 654 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 26.16 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 100 sn ile 17. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.52'de bilet kontrol bölümünde 9 dk'lık periyotta yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.

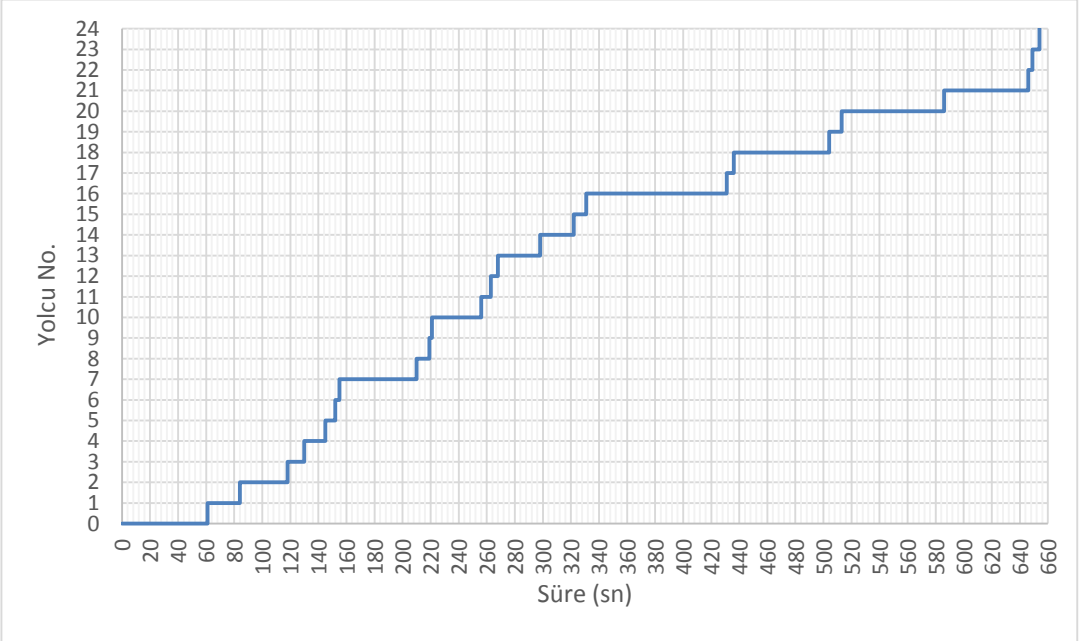
1 nolu uçuş olan 23.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 9 dakikalık 3. periyotta 7 yolcu toplam 341 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 42.63 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 122 sn ile 5. yolcuda görülmüştür.



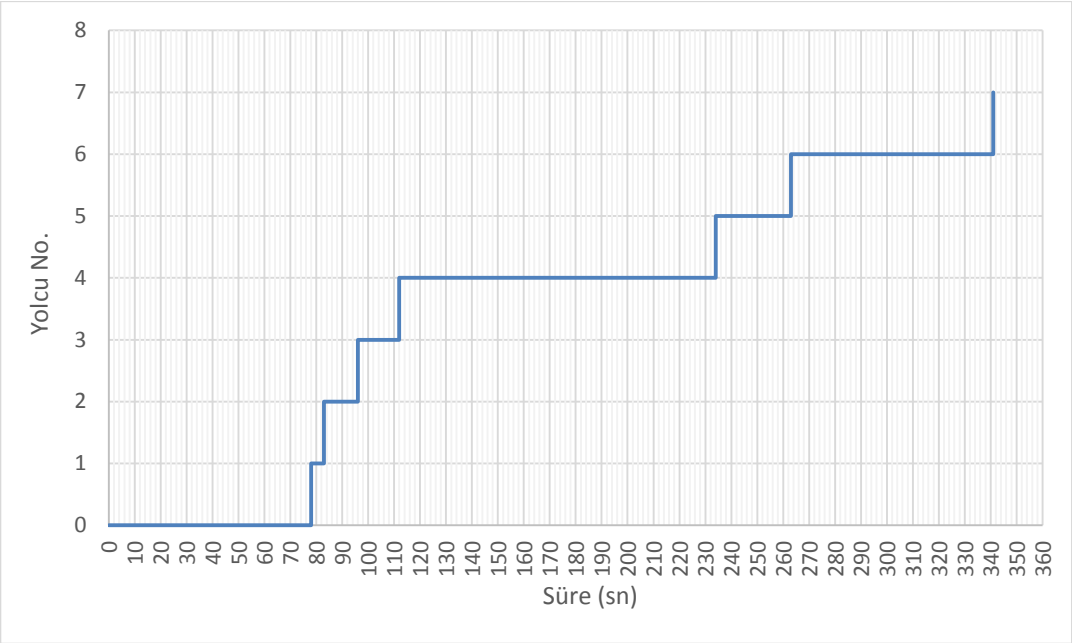
Şekil 4.49. Yolcuların 23.07.2014 tarihli 1 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik



Şekil 4.50. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (23.07.2014)



Şekil 4.51. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (23.07.2014)



Şekil 4.52. Bilet kontrol bölümü 9 dk'lık yolcu geliş aralıkları (23.07.2014)

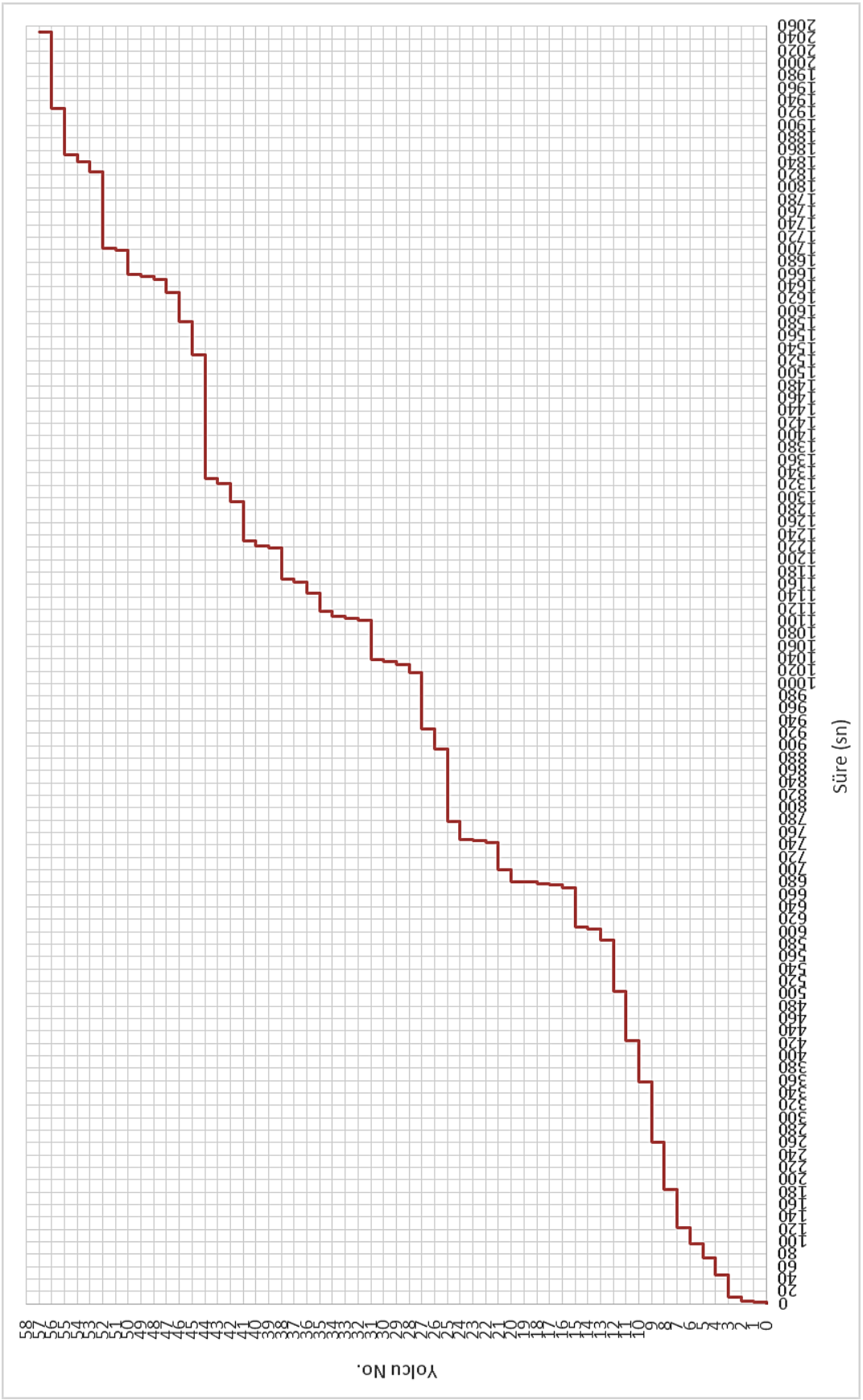
Çizelge 4.15'te bilet kontrol bölümü, yolcu geliş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.15. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (23.07.2014)

Periyot (dk)	**Süre (sn)**	**Ortalama Geliş Aralıkları (sn)**	**Toplam Yolcu Sayısı**	**Yolcu/Süre Oranı**
14	750	31.75	23	0.031
12	654	26.16	24	0.037
9	341	42.63	7	0.021

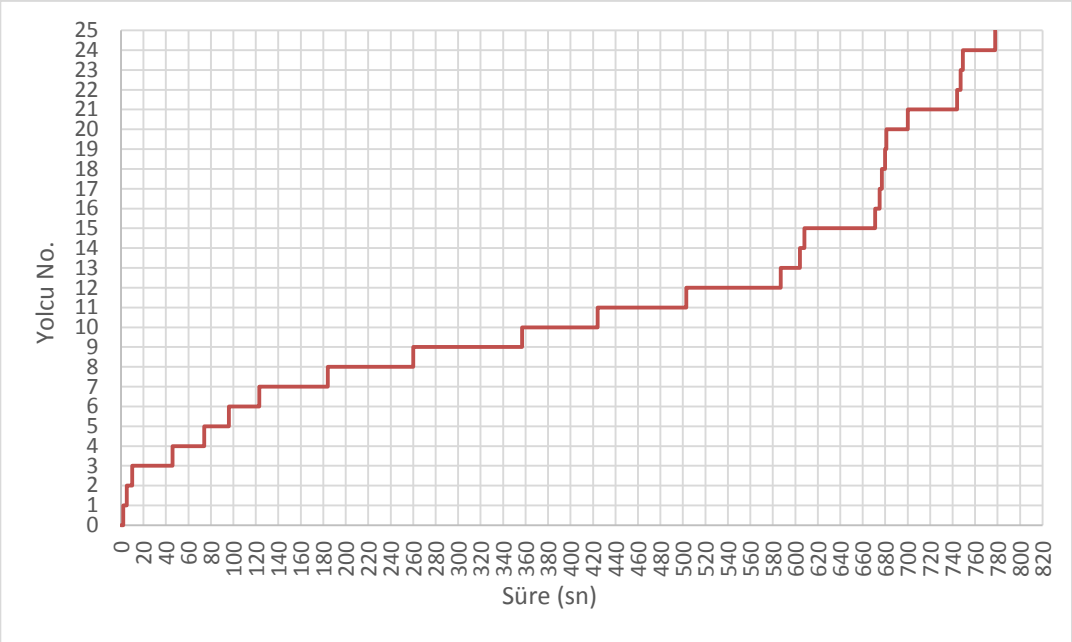
Çizelge 4.15'te belirtildiği gibi 14, 12, 9 dakikalık periyotlar incelendiğinde en fazla yolcu/süre oranı 0.037 ile 12 dakikalık 2. periyotta görülmektedir.

2 nolu uçuş için bilet kontrol bölümünde toplam 57 yolcunun geliş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.53'te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.53. Yolcuların 24.07.2014 tarihli 2 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik

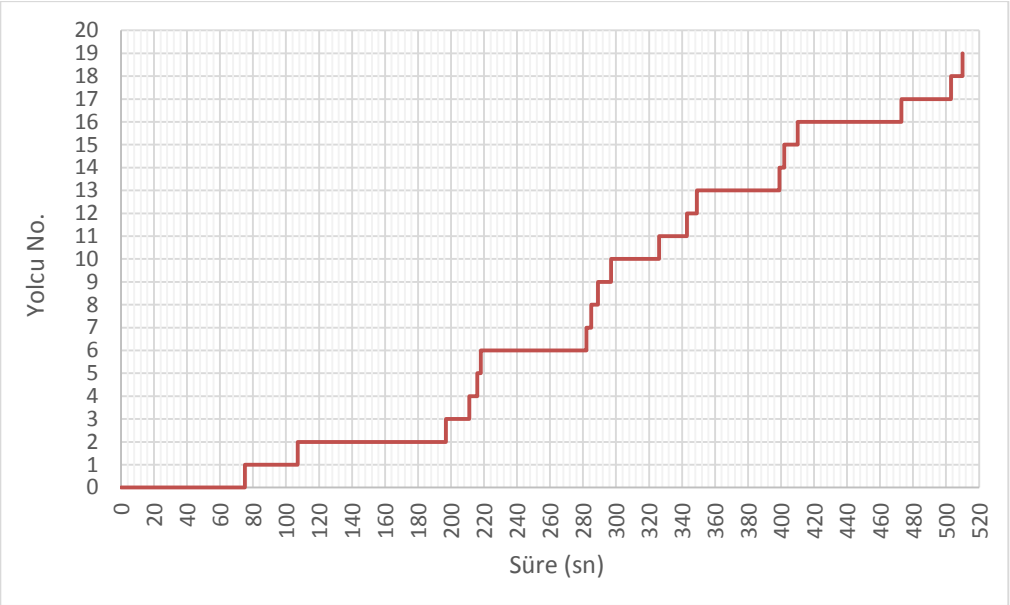
Şekil 4.54'te 24.07.2014 tarihinde ilk 14 dakikalık periyot için bilet kontrol bölümüne yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.54. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (24.07.2014)

2 nolu uçuş olan 24.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 14 dakikalık 1. periyotta 25 yolcu toplam 778 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 29.92 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 97 sn ile 10. yolcuda görülmüştür.

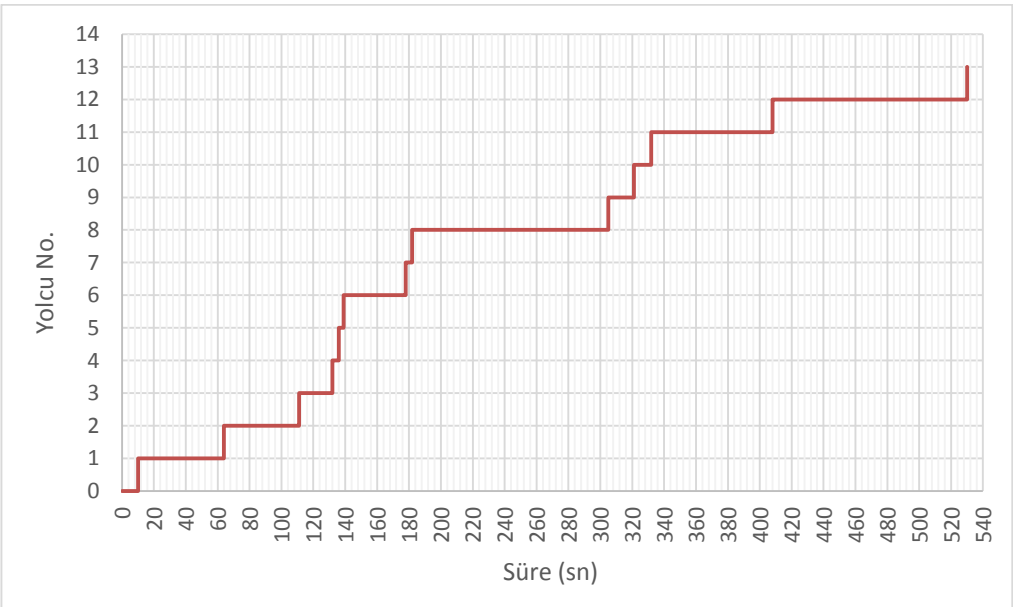
Şekil 4.55'te bilet kontrol bölümünde 12 dk'lık periyotta yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.55. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (24.07.2014)

2 nolu uçuş olan 24.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 12 dakikalık 2. periyotta 19 yolcu toplam 510 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 25.5 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 90 sn ile 3. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.56'da bilet kontrol bölümünde 9 dk'lık periyotta yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.56. Bilet kontrol bölümü 9 dk'lık yolcu geliş aralıkları (24.07.2014)

2 nolu uçuş olan 24.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 9 dakikalık 3. periyotta 13 yolcu toplam 530 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 37.86 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 123 sn ile 9. yolcuda görülmüştür.

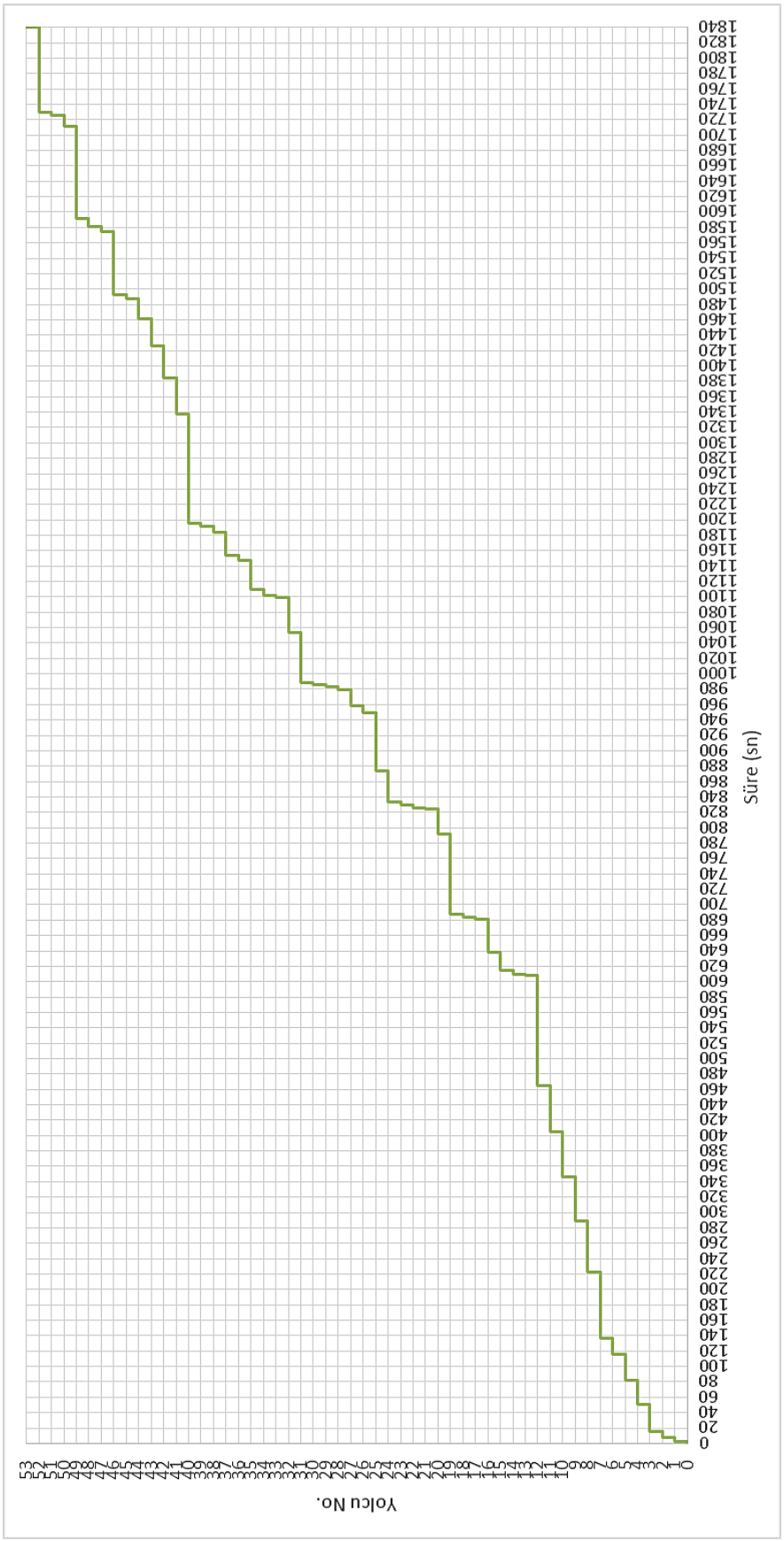
Çizelge 4.16'da bilet kontrol bölümü yolcu geliş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.16. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (24.07.2014)

Periyot (dk)	**Süre (sn)**	**Ortalama Geliş Aralıkları (sn)**	**Toplam Yolcu Sayısı**	**Yolcu/Süre Oranı**
14	778	29.92	25	0.032
12	510	25.5	19	0.037
9	530	37.86	13	0.026

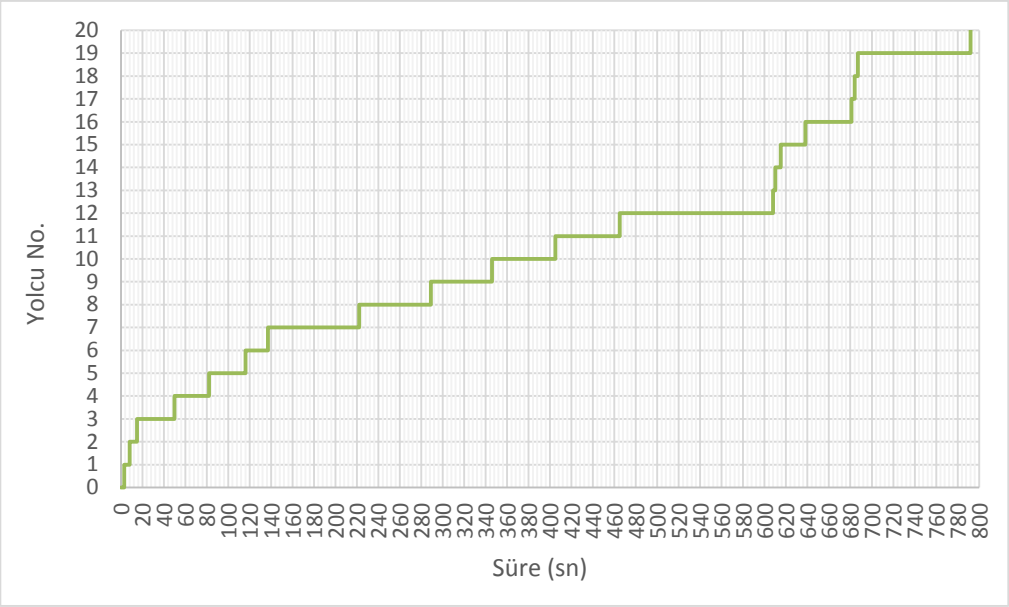
Çizelge 4.16'da belirtildiği gibi 14, 12, 9 dakikalık periyotlar incelendiğinde en fazla yolcu/süre oranının 0.037 ile 12 dk'lık 2. periyotta olduğu görülmektedir.

3 nolu uçuş için bilet kontrol bölümünde toplam 53 yolcunun geliş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.57'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.57. Yolcuların 25.07.2014 tarihli 3 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik

Şekil 4.58'de 25.07.2014 tarihinde 14 dakikalık periyot için bilet kontrol bölümüne yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.58. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (25.07.2014)

3 nolu uçuş olan 25.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 14 dakikalık 1. periyotta 20 yolcu toplam 792 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 37.71 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 143 sn ile 13. yolcuda görülmüştür.

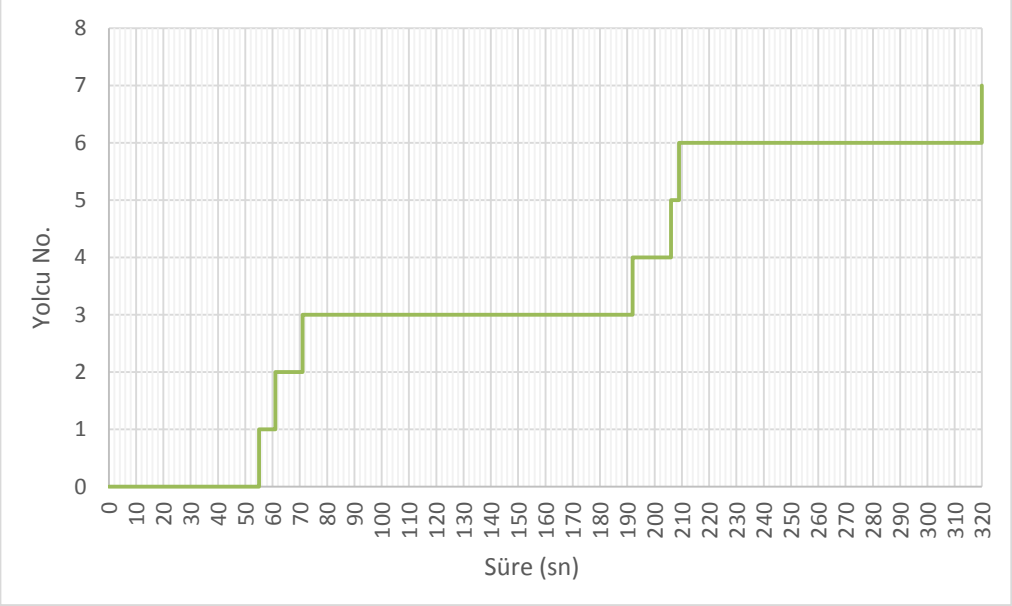
Şekil 4.59'da bilet kontrol bölümünde 12 dakikalık periyot için bilet kontrol bölümüne yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.59. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (25.07.2014)

3 nolu uçuş olan 25.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 12 dakikalık 2. periyotta 26 yolcu toplam 672 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 24.89 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 141 sn ile 21. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.60'da bilet kontrol bölümünde 9 dakikalık periyot için bilet kontrol bölümüne yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.60. Bilet kontrol bölümü 9 dk'lık yolcu geliş aralıkları (25.07.2014)

3 nolu uçuş olan 25.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 9 dakikalık 3. periyotta 7 yolcu toplam 320 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 40 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 121 sn ile 4. yolcuda görülmüştür.

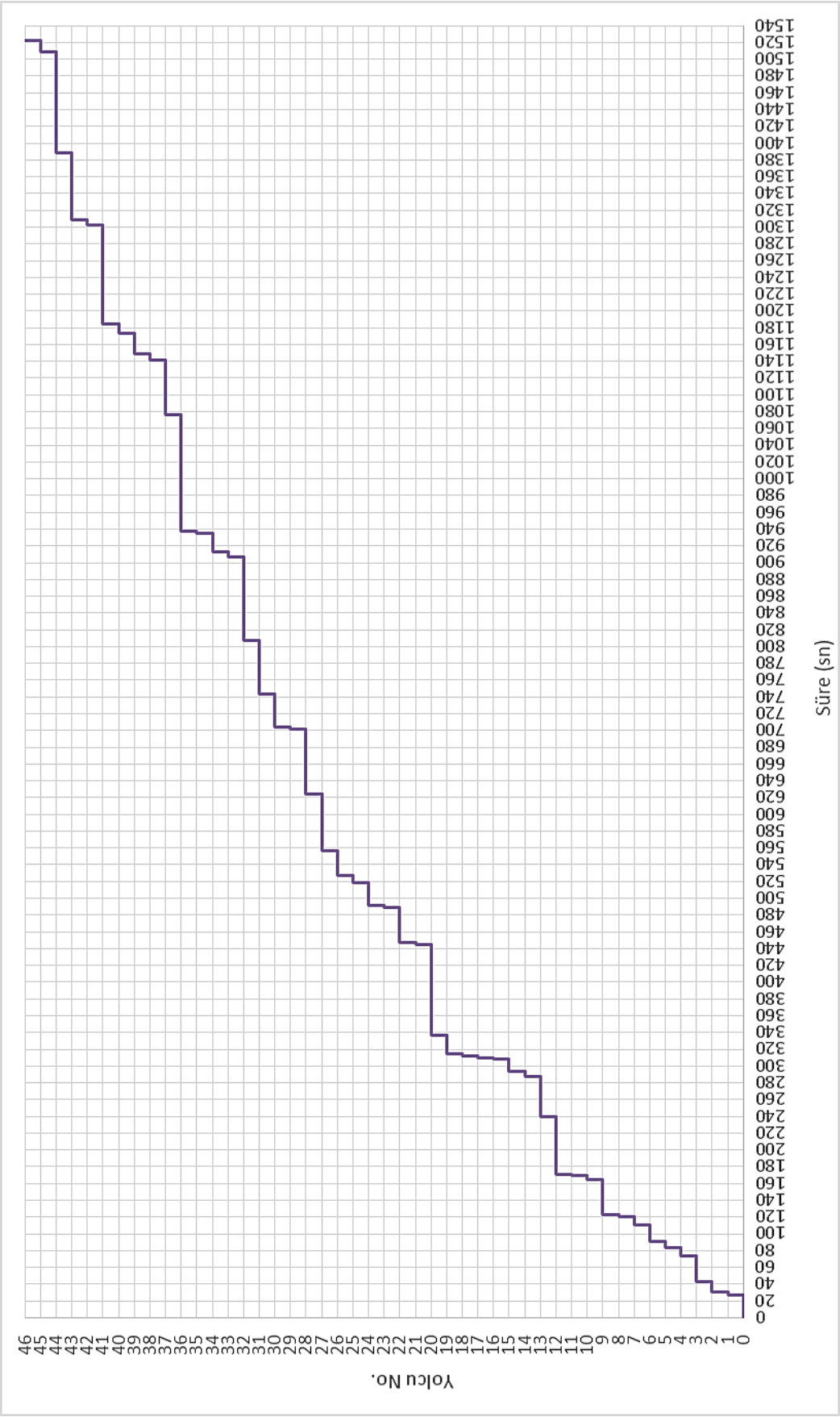
Çizelge 4.17'de bilet kontrol bölümü yolcu geliş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.17. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (25.07.2014)

Periyot (dk)	**Süre (sn)**	**Ortalama Geliş Aralıkları (sn)**	**Toplam Yolcu Sayısı**	**Yolcu/Süre Oranı**
14	792	37.71	20	0.025
12	672	24.89	26	0.039
9	320	40	7	0.022

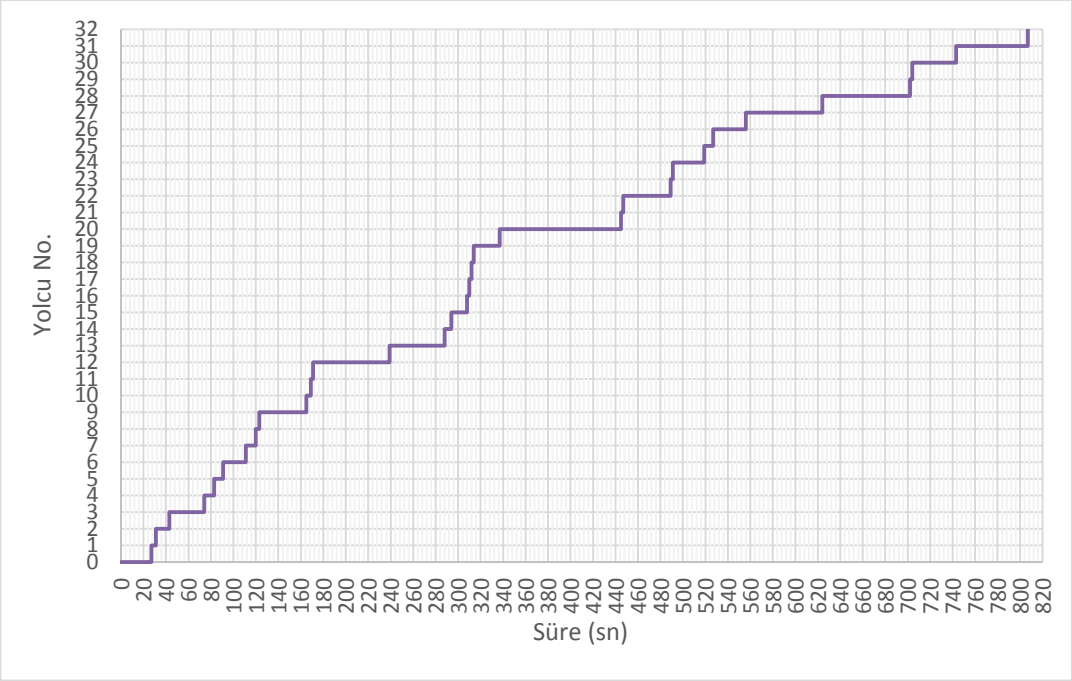
Çizelge 4.17'de belirtildiği gibi 14, 12, 9 dakikalık periyotlar incelendiğinde en fazla yolcu/süre oranının 0.039 ile 12 dk'lık 2. periyotta olduğu görülmektedir.

4 nolu uçuş için bilet kontrol bölümünde toplam 46 yolcunun geliş aralıklarını belirten grafik Şekil 4.61'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.61. Yolcuların 26.07.2014 tarihli 4 nolu uçuş için bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik

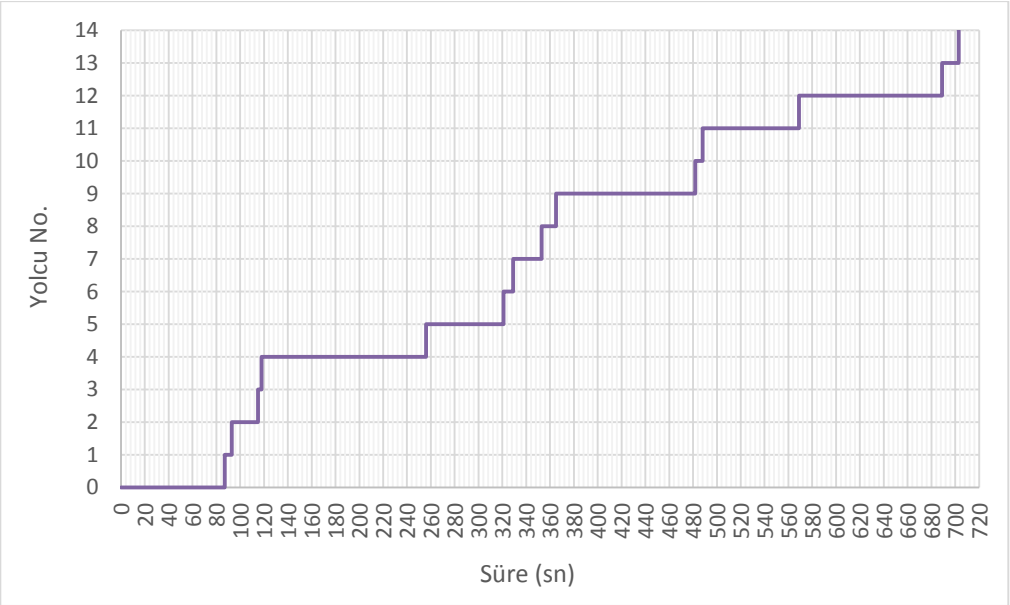
Şekil 4.62'de 26.07.2014 tarihinde 14 dakikalık periyot için bilet kontrol bölümüne yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.62. Bilet kontrol bölümü 14 dk'lık yolcu geliş aralıkları (26.07.2014)

4 nolu uçuş olan 26.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 14 dakikalık 1. periyotta 32 yolcu toplam 807 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 24.45 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 108 sn ile 21. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.63'te bilet kontrol bölümünde 12 dakikalık periyot için bilet kontrol bölümüne yolcu geliş aralıkları belirtilmiştir.



Şekil 4.63. Bilet kontrol bölümü 12 dk'lık yolcu geliş aralıkları (26.07.2014)

4 nolu uçuş olan 26.07.2014 tarihli İstanbul uçuşu için bilet kontrol bölümündeki 12 dakikalık 2. periyotta 14 yolcu toplam 703 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geçiş aralığı 46.87 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geliş aralığı 138 sn ile 5. yolcuda görülmüştür.

Çizelge 4.18'de Bilet kontrol bölümü yolcu geliş aralıkları ortalama süreleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.18. Bilet kontrol bölümü geliş aralıkları ve yolcu sayıları (26.07.2014)

Periyot (dk)	**Süre (sn)**	**Ortalama Geliş Aralıkları (sn)**	**Toplam Yolcu Sayısı**	**Yolcu/Süre Oranı**
14	807	24.45	32	0.04
12	703	46.87	14	0.02

Çizelge 4.18'de belirtildiği gibi 14, 12 dakikalık periyotlar incelendiğinde en fazla yolcu/süre oranının 0.04 ile 14 dk'lık 1. periyotta olduğu görülmektedir.

Çizelgeler incelendiğinde yolcu yoğunluğunu Çizelge 4.15, 4.16, 4.17'de en fazla 2. periyotta oluştuğu; Çizelge 4.18'de ise en fazla yolcu yoğunluğunun 1. periyotta oluştuğu görülmektedir. Bunun nedeni; Şekil 4.48'de 4 uçuş için belirtilen birleşik

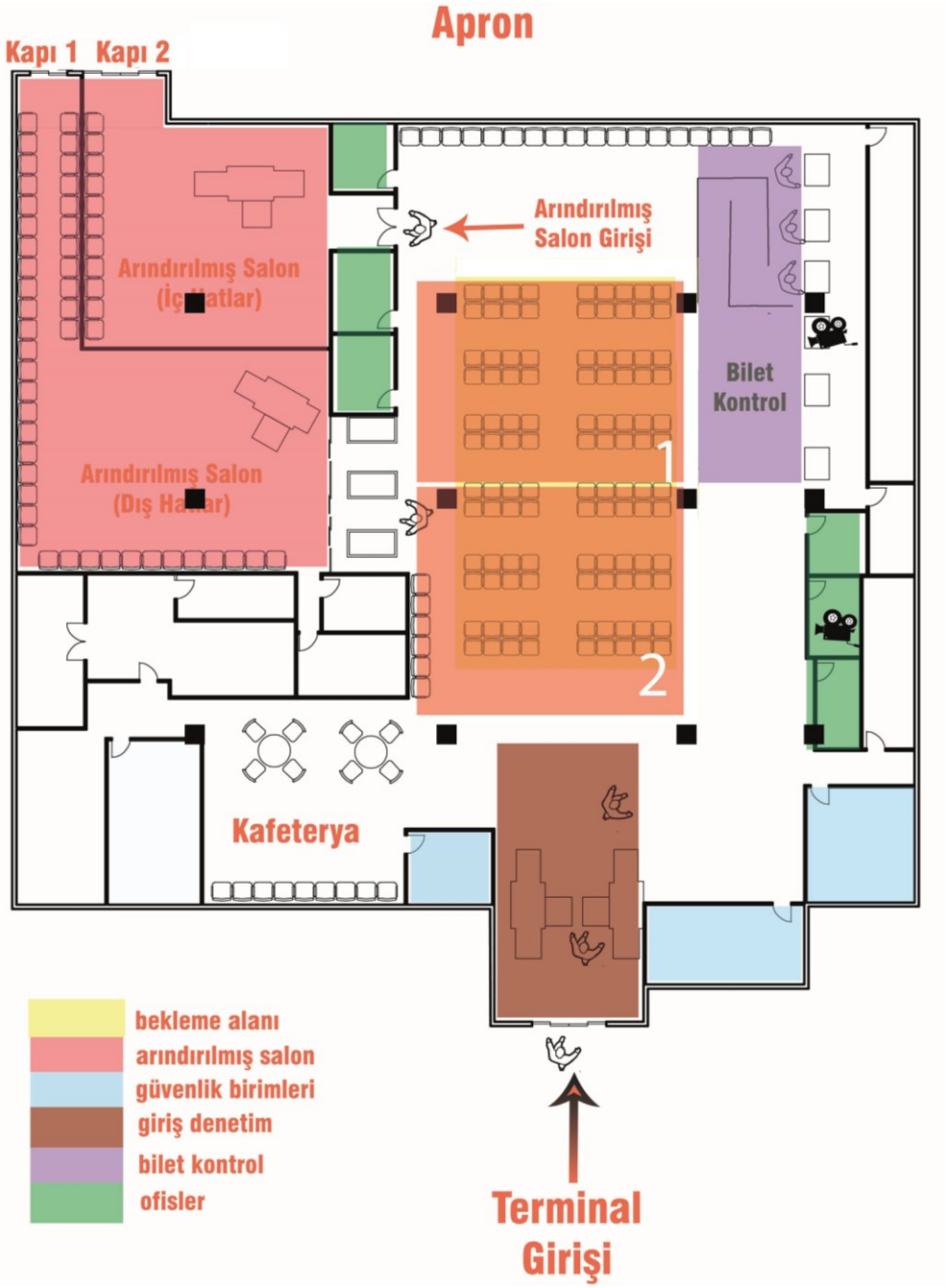
grafikte 4 nolu uçuşun ilk 14 dakikalık periyotta diğer uçuşlara göre daha fazla yolcu sayısına ulaşmış olması ve 12 dakikalık 2. periyotta ise diğer uçuşlara göre daha az yolcu sayısına sahip olmasıdır.

Havalimanı yolcu-uçak sürecinde sistemin olağan akışı, yolcuların bilet kontrol işlemlerinden sonra bekleme alanına geçiş yapması ve arındırılmış salon kapısı açılana kadar bu bölge içinde serbest hareketlerde bulunmasıdır. Ancak, her yolcu kendi iradesi ile sistem çerçevesinde bu adımları alt varyasyonlara ayırabilmektedir. Yolcular sistemdeki mevcut duruma göre karar verip, nihai işlem zorunluluğunu gözönünde bulundurarak, sistemin zaman mefhumunda belirli sayıda tercih yapabilmektedir. Bu sebeple yolcuların havalimanına giriş yaptıktan sonraki tercihleri havalimanı sisteminin doğru analizi için önem teşkil etmektedir. Yolcuların hangi durumlarda bilet kontrol noktalarına veya bekleme alanına yöneldikleri, bekleme alanı içerisindeki serbest hareketleri vb. gibi aksiyonlar, havalimanının gelişmesi hususunda su götürmez konulardır.

4.2.3. Bekleme ve serbest dolaşım alanı analizi

Süleyman Demirel Havalimanı'nda inceleme yapılan 4 uçuş için toplam 260 dakika süresince, bekleme alanında bulunan toplam 443 yolcu, alınan video kayıtlarının program tarafından analizi neticesinde sayılmıştır. 443 yolcunun 225'i serbest dolaşım hâlinde, 218'i bagajlı durumdaki yolculardır. Analiz programının yolcuların serbest dolaşımda veya bagajlı olmasını ayırt etme liyakati bulunmadığından ötürü bu yolcular video üzerinden gözlem vasıtasıyla ayrılmıştır. Bekleme alanı çevresinde kurulan farklı görüş açılarında ve bölgeyi iki eş parçaya ayıracak şekilde konumlandırılan 2 kamera ile eş zamanlı video kayıtları alınmıştır (Şekil 4.64). Bekleme alanı bölümünde uçuş başına yaklaşık 35 dakika civarında video kayıtları alınıp, video kayıtları üzerinden program vasıtasıyla yolcuların hareket aksları ve yürüme hızları tespit edilmiştir. Bagajlı yolcular ile serbest yolcular arasındaki yürüme hızları farkları bariz biçimde olduğundan bu yolcuların tespit edilme hızları birbirinden ayrı değerlendirilmiştir. Yolcuların hareket rotaları, programın tespit edilen yolcuya belirlenen video karesi boyunca baş hizasında işaret koyması neticesinde elde

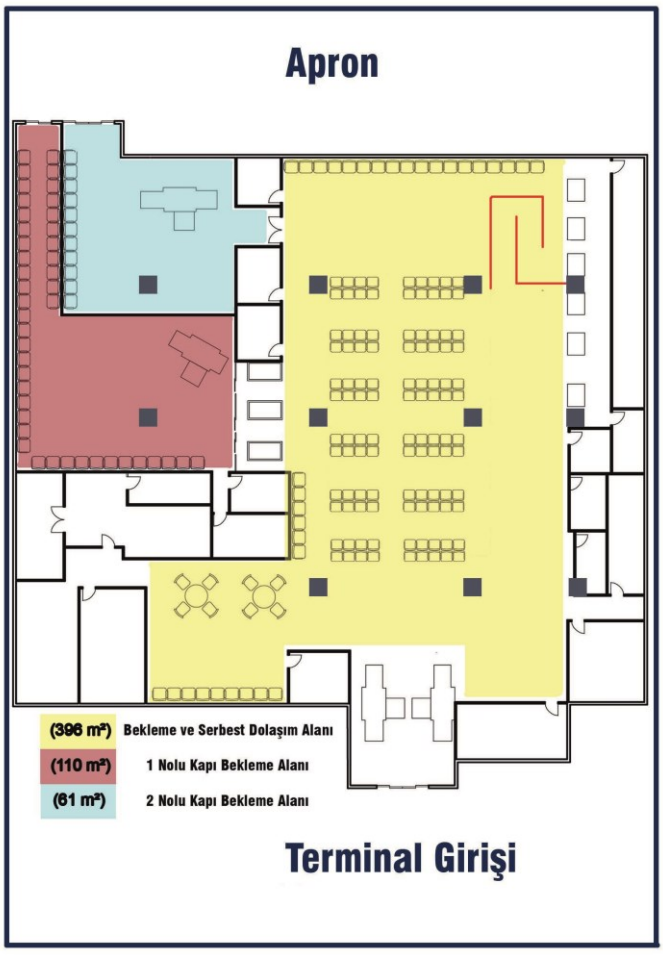
edilmiştir. Video kayıtlarının alınmaya başlanmasıyla beraber yolcuların tespit edildiği noktaları işaretleyerek sonuç görüntüleme ekranında harekete başlangıç yerlerini belirtmektedir ve yine sonuç görüntüleme ekranında pan yapılarak 3 boyutlu hareket aksları görüntülenebilmektedir. Bekleme alanında toplam 260 dakika süresince 8 çekim yapılmış ve ortaya çıkan görüntü analizlerinde, 465 yolcu 4.7% hata payı ile 443 yolcu olarak sayılmıştır.



Şekil 4.64. Bekleme alanı çekim açıları

Şekil 4.64'te kamera izdüşümleri gösterilen şemada; 1 ve 2 nolu çekim açısı giden yolcu salonu 1. katında bulunan idari ofis balkonundan çekilmiştir. Kayıt alınan görüntülerin kadrajları şemalarda kırmızı tonda belirtilen alan içinde kalmaktadır. Bu alanlar dışındaki bölgeler kamera açısı için kör bölgelerdir.

Süleyman Demirel Havalimanı bekleme alanı giden yolcu salonunun tam merkezinde bulunmaktadır. Yolcuların serbest dolaşımlarına en az engel teşkil edecek vaziyette yerleştirilmiştir. Koltukların bulunduğu konumlara yerleştirilmesi, terminalin betonarme yapısından ötürü kolonlu yapısına göre konumlandırılmak durumunda kalmıştır. Terminalde kafeterya haricinde yolculara hizmet veren alışveriş mekânları gibi başka bir mekân faal olmadığından dolayı, yolcuların terminal içindeki serbest dolaşımları genelde ana salonun çevresinde olmaktadır (Şekil 4.65).

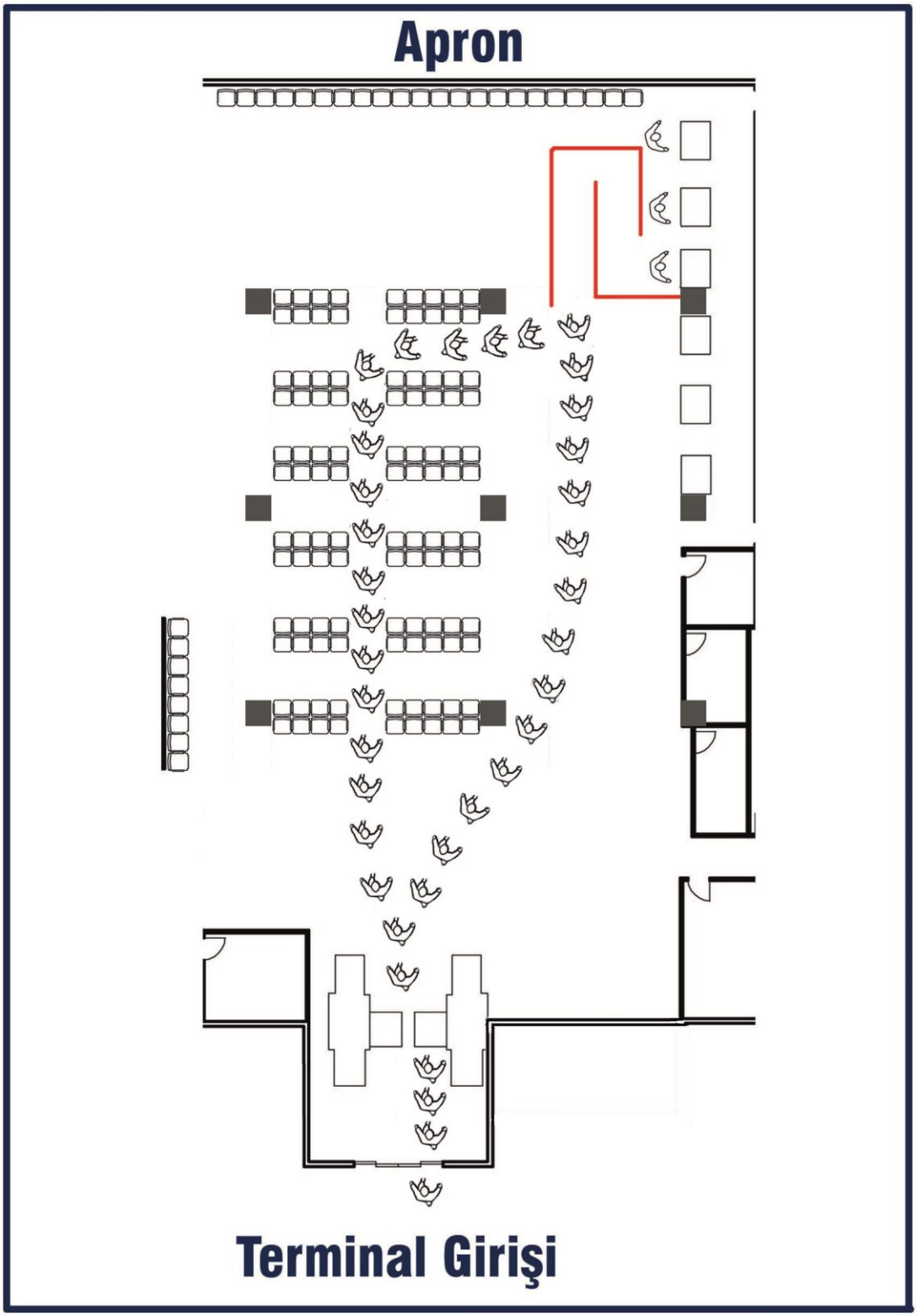


Şekil 4.65. Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu, bekleme ve serbest dolaşım alanları

Süleyman Demirel Havalimanı giden yolcu salonu, merkezi bekleme ve serbest dolaşım alanı 396 m^2'lik bir alana sahip olmasına rağmen; bilet kontrol bölümünün şerit bariyerler dışında kalan 35 m^2'lik alanı da eklendiğinde toplam alanı 431 m^2 olmaktadır. 1 nolu kapı, dış hatlar arındırılmış salon bekleme alanı 110 m^2, 2 nolu kapı, iç hatlar arındırılmış salon bekleme alanı 61 m^2'dir.

Terminal içindeki uçuş ve gösterge panoları mekân içindeki yolculara yeterli düzeyde karşılık verebilmektedir.

Terminale giriş yapan yolcular, eğer bilet kontuarları açılmış ve bekleyen yolcu kuyruğu şerit bariyerlerin dışına taşmamış ise bilet kontrol bölümüne iki aks üzerinden yönelmektedir (Şekil 4.66). Aksi durumda yolcular bekleme alanına geçmektedirler. Daha sonra bilet kontrol kuyruğunun vaziyetine göre bekleme alanından bilet kontrole yönlenmektedirler. Bagajlarını teslim edip, bilet işlemlerini tamamlayan yolcular bekleme alanına yönelmektedirler. Terminal içerisinde sigara içme bölümü olmadığından ve kapalı alanlarda sigara yasağından dolayı, sigara kullanan yolcular genellikle uçuştan önce terminal dışına çıkmaktadırlar. Uçuş kapısı açıldıktan hemen sonra genellikle havalimanını yeni kullanmaya başlayan ve az kullanan yolcuların çoğunluğu bekleme alanından kapıya yönelmektedirler. Havalimanını sürekli kullanan yolcular veya havalimanı uçuş sistemine aşina olan yolcular genelde arındırılmış salonun apron kapısı açılıp yolcular uçağa binmeye başladıktan biraz sonra arındırılmış salona doğru yönelmektedirler.

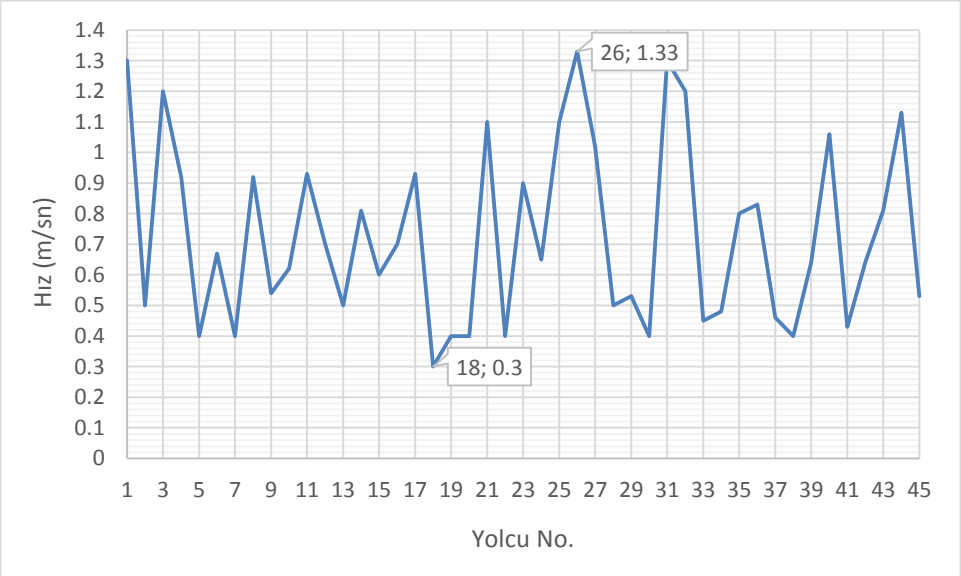


Şekil 4.66. Giden yolcu salonu bilet kontrol bölümüne doğru yolcu hareket aksları

Terminalin, giden yolcu salonu bekleme alanında 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında yapılan video çekimlerinin Matlab altyapısındaki program tarafından analizi ile yolcuların sayımları, hareket rotaları ve yürüme hızları tespit edilmiştir.

Bekleme alanında 23.07.2014 tarihinde yapılan video çekimlerinden serbest dolaşım hâlinde olan yolcuların sayıları ve yürüme hızları tespit edilmiştir (Şekil 4.67).

Yürüme hızları, yolcuların görüntüye giriş ve çıkış yaptığı karelerin program vasıtasıyla belirlenmesi ile tespit edilmiştir.



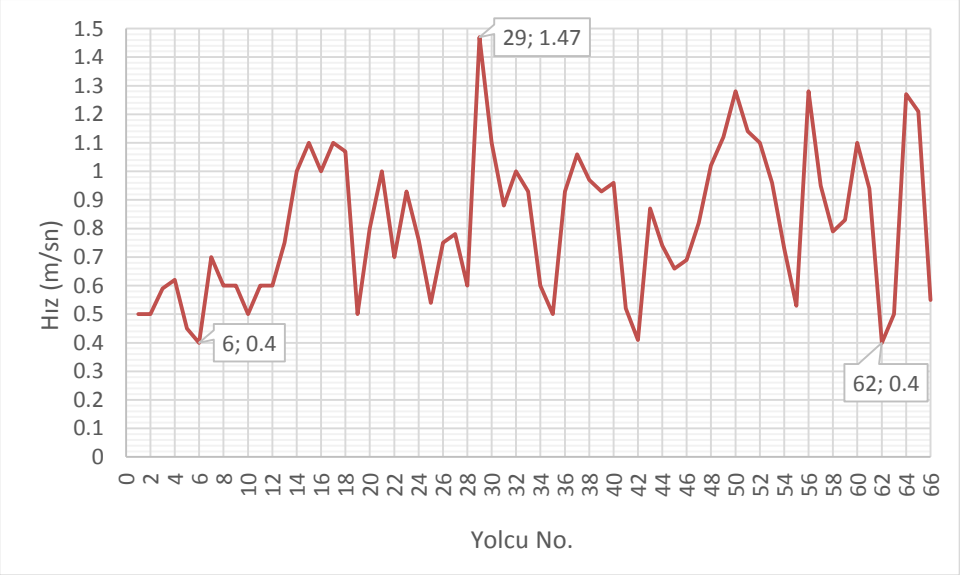
Şekil 4.67. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (23.07.2014)

Bekleme alanında bagaj teslim etmeksizin bagajsız dolaşım hâlindeki 45 yolcunun ortalama hızları 0.73 m/sn'dir. Serbest dolaşım hâlindeki en hızlı yolcu 1.33 m/sn'lik hızla 26 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.3 m/sn'lik hızla 18 numaralı yolcudur. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanı içindeki hareket rotaları Şekil 4.68'de görüldüğü gibidir.



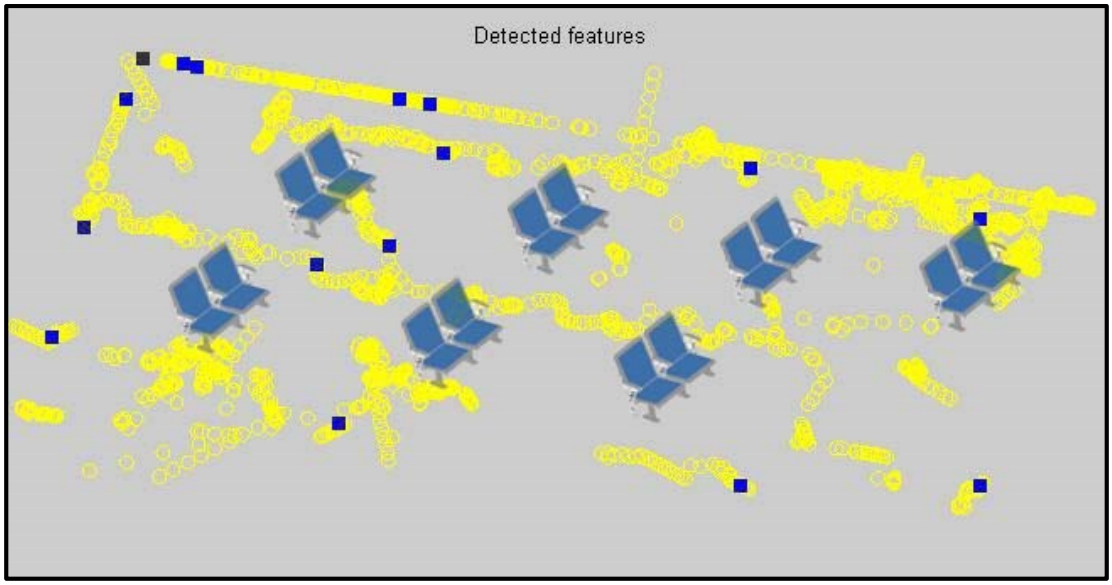
Şekil 4.68. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları (çekim açısı 2)

Bekleme alanında 24.07.2014 tarihinde yapılan video çekimlerinden serbest dolaşım hâlinde olan yolcuların sayıları ve yürüme hızları tespit edilmiştir (Şekil 4.69).



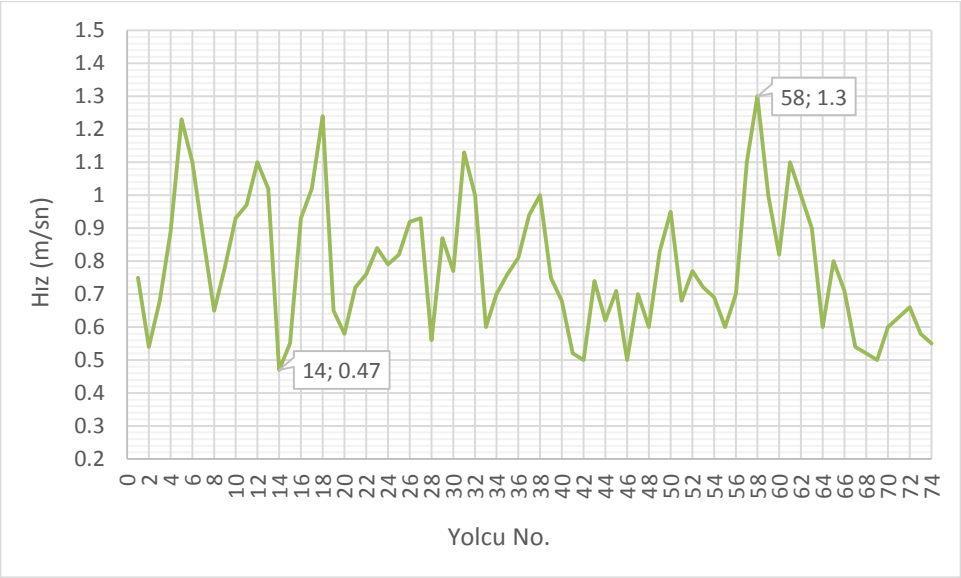
Şekil 4.69. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (24.07.2014)

Bekleme alanında bagaj teslim etmeksizin bagajsız dolaşım hâlindeki 66 yolcunun ortalama hızları 0.82 m/sn'dir. Serbest dolaşım hâlindeki en hızlı yolcu 1.47 m/sn'lik hızla 29 numaralı yolcu, en yavaş yolcular ise 0.4 m/sn'lik hızlarla 6 ve 62 numaralı yolculardır. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanı içindeki hareket rotaları ve harekete başlangıç noktaları 3 boyutlu görünümde Şekil 4.70'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.70. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları ve harekete başlangıç noktaları (çekim açısı 2, 3 boyutlu görünüm)

Bekleme alanında 25.07.2014 tarihinde yapılan video çekimlerinden serbest dolaşım hâlinde olan yolcuların sayıları ve yürüme hızları tespit edilmiştir (Şekil 4.71).



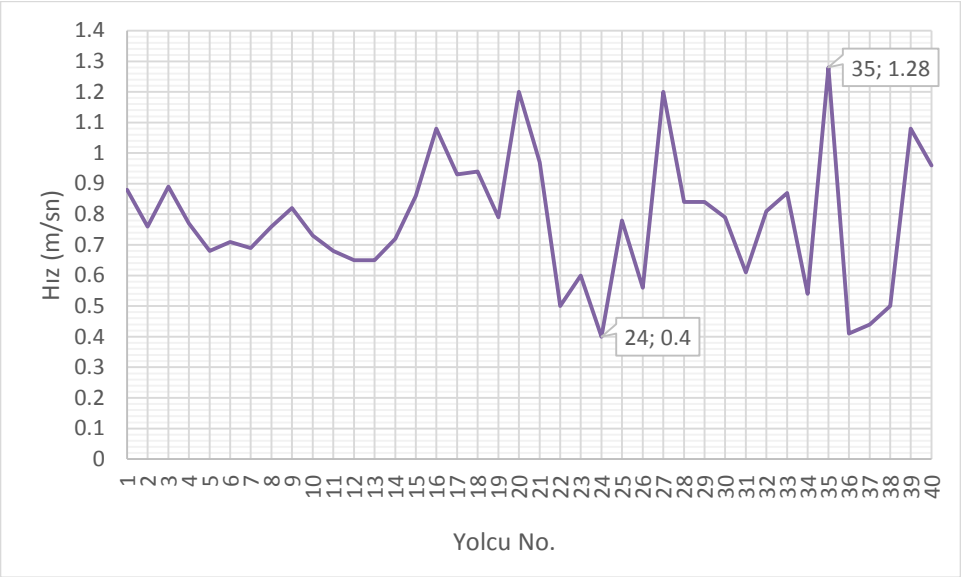
Şekil 4.71. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (25.07.2014)

Bekleme alanında bagaj teslim etmeksizin bagajsız dolaşım hâlindeki 74 yolcunun ortalama hızları 0.78 m/sn'dir. Serbest dolaşım hâlindeki en hızlı yolcu 1.3 m/sn'lik hızla 58 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.47 m/sn'lik hızla 14 numaralı yolcudur. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanının diğer bir bölümü içindeki hareket rotaları ve harekete başlangıç noktaları Şekil 4.72'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.72. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları ve harekete başlangıç noktaları (çekim açısı 1)

Bekleme alanında 26.07.2014 tarihinde yapılan video çekimlerinden serbest dolaşım hâlinde olan yolcuların sayıları ve yürüme hızları tespit edilmiştir (Şekil 4.73).



Şekil 4.73. Bekleme alanı serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hızları (26.07.2014)

Bekleme alanında bagaj teslim etmeksizin bagajsız dolaşım hâlindeki 40 yolcunun ortalama hızları 0.78 m/sn'dir. Serbest dolaşım hâlindeki en hızlı yolcu 1.28 m/sn'lik hızla 35 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.4 m/sn'lik hızla 24 numaralı yolcudur.

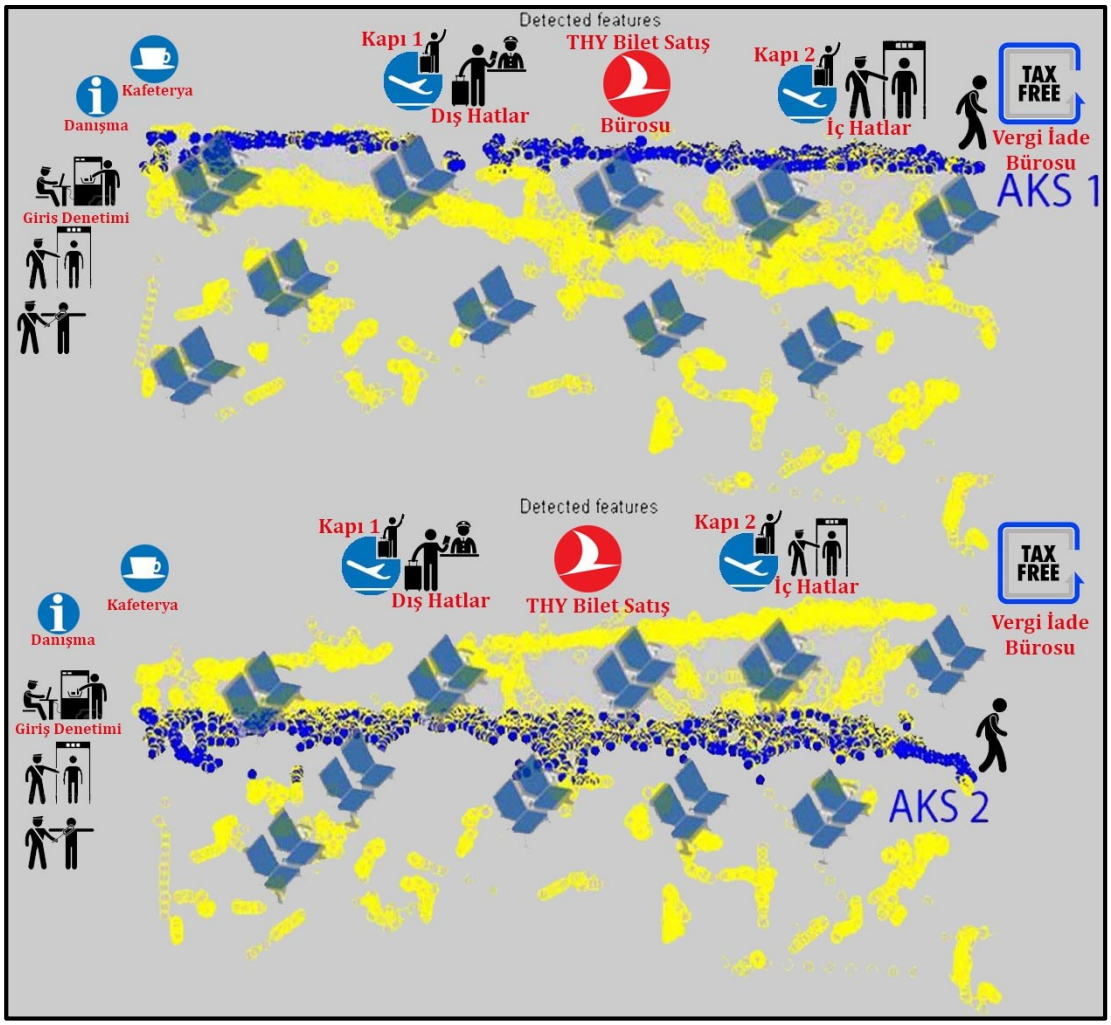
Çizelge 4.19'da serbest dolaşım hâlindeki yolcuların ortalama hızları ve toplam yolcu sayıları belirtilmiştir.

Çizelge 4.19. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların ortalama hızları ve toplam yolcu sayıları

Tarih	Ortalama Hız (m/sn)	Toplam Yolcu Sayısı
23.07.2014	0.730	45
24.07.2014	0.815	66
25.07.2014	0.784	74
26.07.2014	0.779	40

Ortalama hızlar dikkate alındığında, 2 nolu 24.07.2014 tarihli uçuşta 0.815 m/sn hızla en yüksek ortalamaya ulaşılmıştır. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların yürüme hızlarını salonun doluluk oranı veyahut oturan yolcu oranına göre değişmediği önceki bölümlerde belirtilen koltuk doluluk ve oturan yolcu oranlarından görülmüştür. Bu oranlarla herhangi bir ilişki kurulamamaktadır. Bu sebeple serbest dolaşımdaki yolcuların yürüme hızlarının yolcuya bağlı olduğu görülmektedir. Tüm uçuşlar için koltuk doluluk ve oturan yolcu oranları birbirinden farklı olsada serbest dolaşım yürüme hızlarının birbirine yakın kaldığı görülmektedir. Yolcular yürüme hızlarının salonun oturma yoğunluğu durumuna göre değişime uğramadığı anlaşılmaktadır.

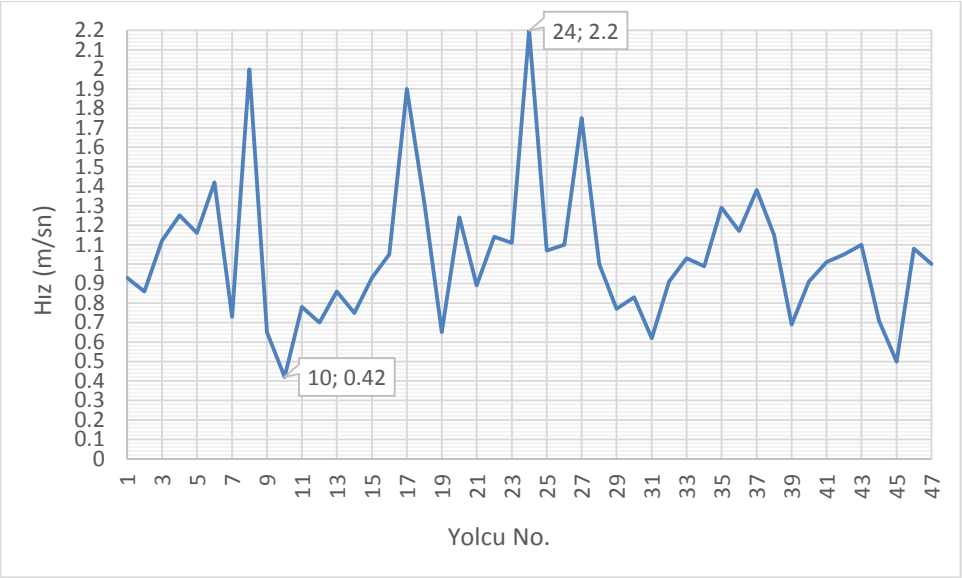
Şekil 4.72'deki çekim açısı 1 ile aynı görüş açısında hazırlanmış, yolcuların hareket rotalarını gösteren 3 boyutlu şemada mavi renk ile gösterilen akslar yolcuların yoğunlukla kullanmakta olduğu güzergâhlardır (Şekil 4.74). Aks 1, giden yolcu salonunda girişin sol tarafında konumlu, 1 ve 2 numaralı arındırılmış salonlarının, bilet satış bürosu ve vergi iade bürosunun bulunduğu taraftaki serbest dolaşım koridorudur. Aks 2 ise bekleme alanı iki kısıma ayıran koltukların ortasından geçen koridordur. Özellikle bagajsız yolcular, serbest dolaşımlarını bu akslar üzerinde gerçekleştirmektedirler. Şekil 4.74'te görüş açısına göre uzak kalan birimlerin piktogramları diğerlerine göre daha küçük gösterilmiştir.



Şekil 4.74. Serbest dolaşım hâlindeki yolcuların bekleme alanı üzerinde tercih ettikleri hareket aksları (çekim açısı 1)

Bagajlı yolcuların hareketleri serbest dolaşım hâlindeki yolcuların hareketlerine göre farklılık göstermektedirler. Bagajlı yolcular bagajlarını hemen teslim etmek istediklerinden serbest dolaşım hâllerine nazaran daha hızlı ve kararlıdırlar. Bu sebeple bagajlı yolcuların yürüme rotaları genellikle bilet kontrol bölümüne doğru olmaktadır.

Şekil 4.75'te 23.07.2014 tarihindeki 1 nolu uçuş için, bagajlı yolcuların yürüme hızları gösterilmiştir.



Şekil 4.75. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (23.07.2014)

Bekleme alanındaki bagajlı 47 yolcunun ortalama hızları 1.05 m/sn'dir. Bagajlı en hızlı yolcu 2.2 m/sn'lik hızla 24 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.42 m/sn'lik hızla 10 numaralı yolcudur.

Şekil 4.76'da 23.07.2014 tarihindeki 1 nolu uçuş için, bagajlı yolcuların hareket rotaları gösterilmiştir.



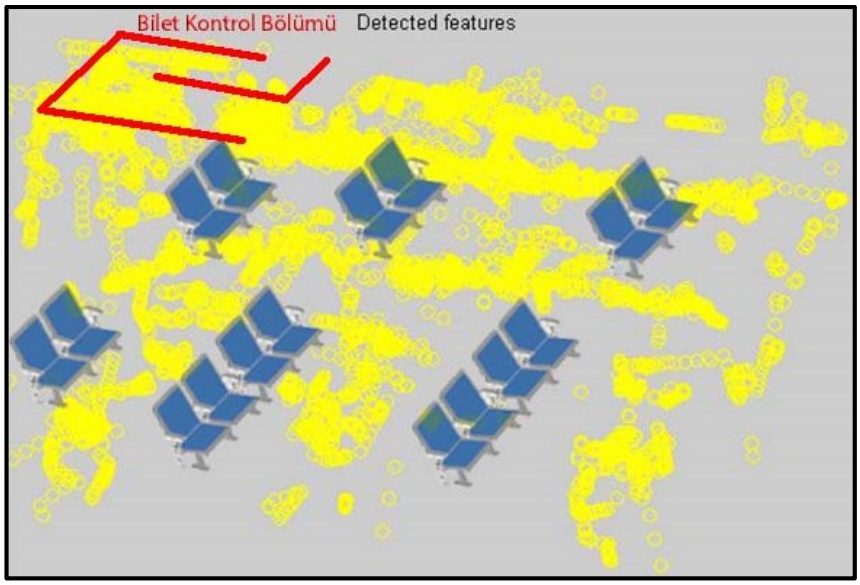
Şekil 4.76. Bagajlı yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları

Şekil 4.76'da kırmızı renk ile gösterilen tespitler terminale giriş yapan bagajlı yolcuların bekleme alanından geçerek check-in bölgesine geçiş yaptıkları koridoru belirtmektedir ve ayrıca bilet kontrol bölümündeki yolcu hareketliliğini de belirtmektedir. Sarı renkli tespitler ise bekleme hâlindeki bagajsız yolcuların bekleme alanındaki serbest hareketlerini belirtmektedir. Şekil 4.77'de bu tespitlerin harekete başlama noktaları belirtilmiştir.



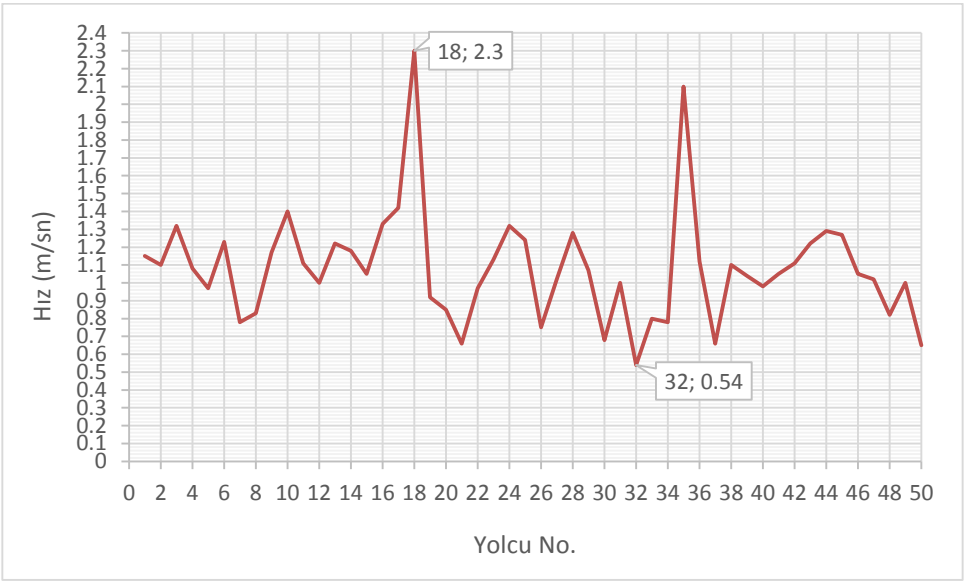
Şekil 4.77. Bekleme alanındaki yolcuların harekete başlama noktaları

Şekil 4.77'de mavi noktalar ile tespit edilen harekete başlama yerleri belirtilmiştir. Noktalar incelendiğinde bagajlı yolcuların hareketlerinin bekleme salonundan bilet kontrol bölümüne doğru oluştuğu veya bilet kontrol bölümünden bekleme alanına doğru olduğu görülmektedir. Şekil 4.78'de Şekil 4.77'de belirtilen tespitlerin 3 boyutlu görünümü verilmiştir. Burada yolcuların bilet kontrol bölümü kordioru ve bekleme alanı içerisindeki hareketleri belirlenmiştir. Yolcuların bagaj teslimi için yoğunlukla bilet kontrol bölümü koridorunu kullandığı görülmektedir. Yolcuların bagajsız olması veya bagaj teslimlerini yapmalarının ardından bekleme alanı içindeki ara koridoru kullandıkları görülmektedir.



Şekil 4.78. Bagajlı ve bagajsız yolcuların bekleme alanındaki hareket rotaları

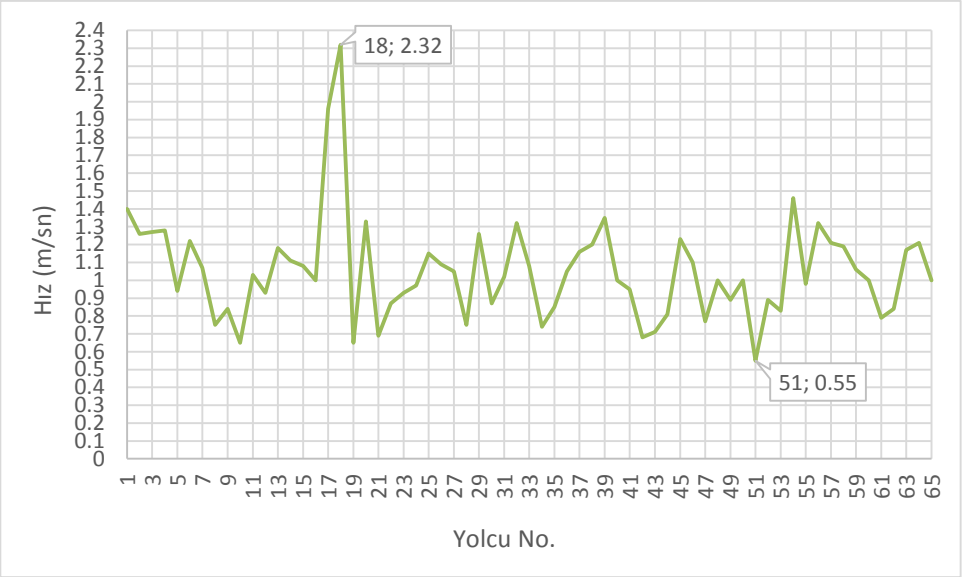
Şekil 4.79'da 24.07.2014 tarihinde bagajlı yolcuların yürüme hızları gösterilmiştir.



Şekil 4.79. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (24.07.2014)

Bekleme alanındaki bagajlı 50 yolcunun ortalama hızları 1.08 m/sn'dir. Bagajlı en hızlı yolcu 2.3 m/sn'lik hızla 18 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.54 m/sn'lik hızla 32 numaralı yolcudur.

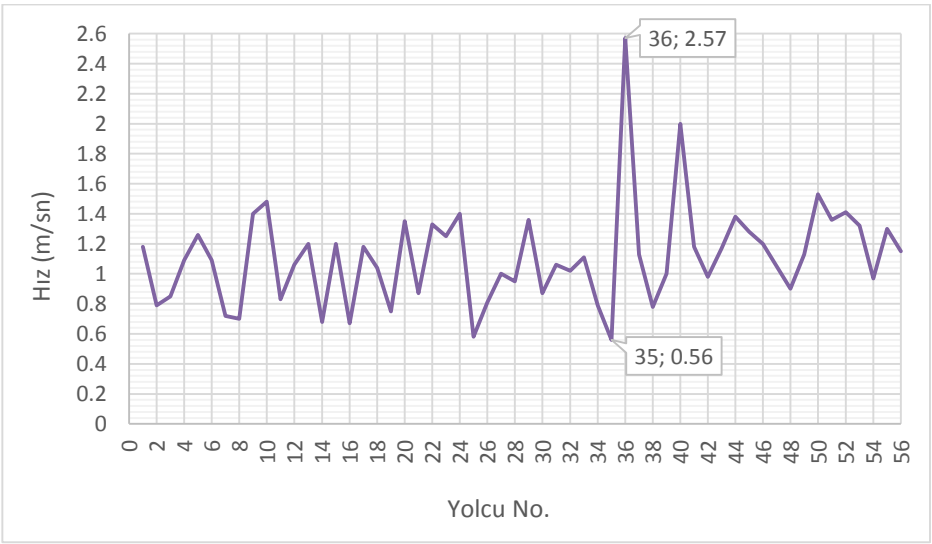
Şekil 4.80'de 25.07.2014 tarihinde bagajlı yolcuların yürüme hızları gösterilmiştir.



Şekil 4.80. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (25.07.2014)

Bekleme alanındaki bagajlı 65 yolcunun ortalama hızları 1.05 m/sn'dir. Bagajlı en hızlı yolcu 2.32 m/sn'lik hızla 18 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.55 m/sn'lik hızla 51 numaralı yolcudur.

Şekil 4.81'de 26.07.2014 tarihinde bagajlı yolcuların yürüme hızları gösterilmiştir.



Şekil 4.81. Bagajlı yolcuların yürüme hızları ve yolcu sayıları (26.07.2014)

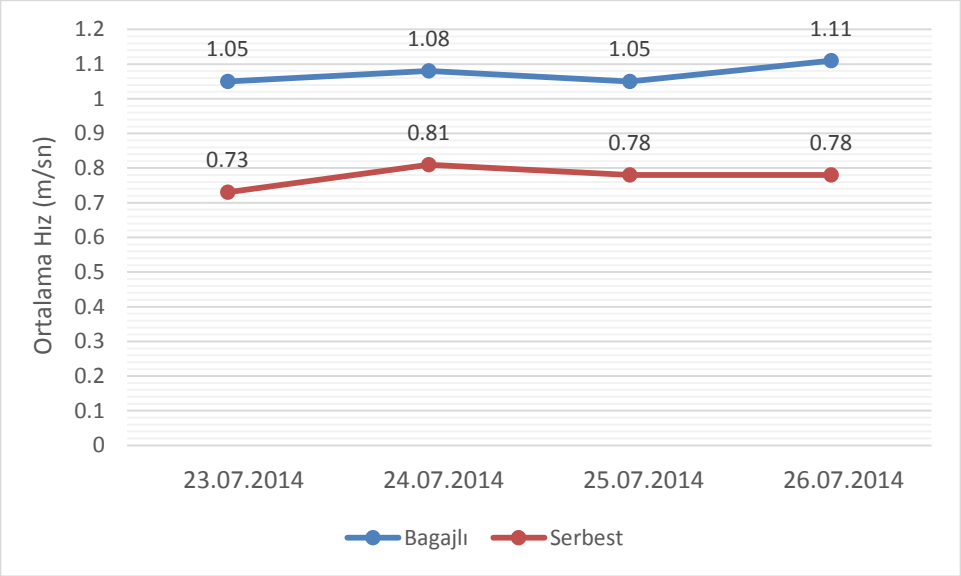
Bekleme alanındaki bagajlı 56 yolcunun ortalama hızları 1.11 m/sn'dir. Bagajlı en hızlı yolcu 2.57 m/sn'lik hızla 36 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.56 m/sn'lik hızla 35 numaralı yolcudur.

Çizelge 4.20'de bagajlı yolcuların ortalama hızları ve toplam yolcu sayıları belirtilmiştir.

Çizelge 4.20 Bagajlı yolcuların ortalama hızları ve yolcu sayıları

Tarih	Ortalama Hız (m/sn)	Toplam Yolcu Sayısı
23.07.2014	1.05	47
24.07.2014	1.08	50
25.07.2014	1.05	65
26.07.2014	1.11	56

Serbest dolaşımdaki yolcuların ortalama hızları 0.775 m/sn iken, bagajlı yolcuların hızları ortalaması 1.073 m/sn olduğu görülmektedir. Ortalama hızlar bakımından bagajlı yolcular, serbest yolculardan yaklaşık 0.298 m/sn daha hızlıdırlar (Şekil 4.82).

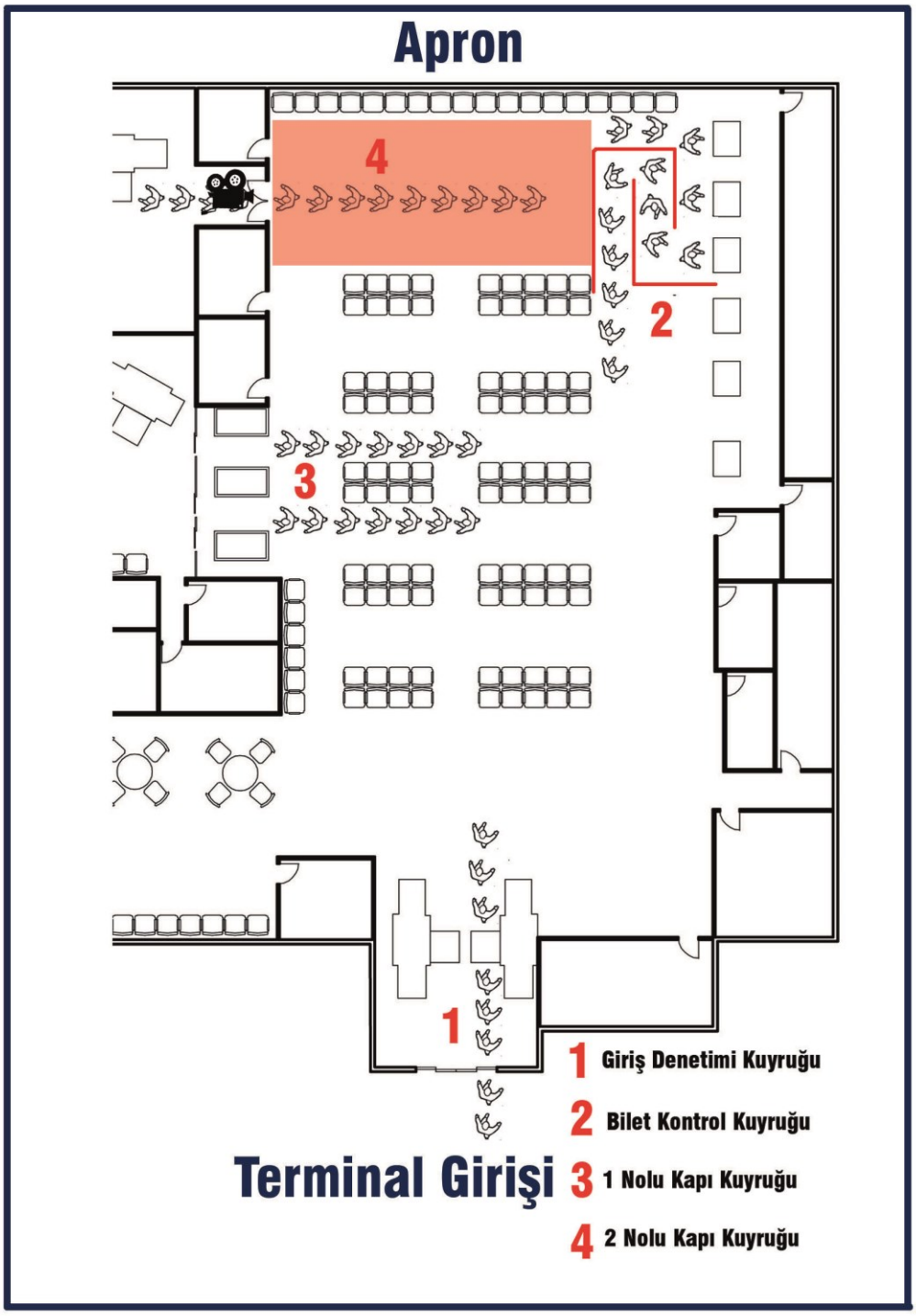


Şekil 4.82. Serbest ve bagajlı yolcuların ortalama hızlarının kıyaslanması

Havalimanları yolcu-uçak sistemi içinde, yolcular bilet işlemlerinin ardından arındırılmış salon kapıları açılana kadar, giden yolcu salonu bekleme alanında misafir edilirler. Arındırılmış salonun hizmete açılmasının ardından yolcular son bir x-ray denetimine tabi olarak salona alınmaya başlanırlar. Bu salon apron ile terminal arasında bir tampon bölge olarak kullanılır. Yolcular, varsa el bagajlarıyla beraber salona denetimli giriş yaparak apron kapısının açılmasına kadar bu salonda bekleme yapmaktadırlar. Bu salona, yolcu ve görevliler harici kimse alınmamaktadır.

4.2.4. Arındırılmış salon analizi

Süleyman Demirel Havalimanı'nda inceleme yapılan 4 uçuş için toplam 63 dakika süresince, arındırılmış salon kuyruğunda bulunan toplam 193 yolcu, programın yolcuların birikmesi ve uzun bekleme süreleri durumunda sağlıklı sayımlar yapamadığından, sayımlar gözlem ile yapılmıştır. İç hatlar arındırılmış salon kapısı, kuyruk bölgesine kurulan kamera vasıtasıyla video kayıtları alınmıştır (Şekil 4.83). Arındırılmış salon kapısında, tüm uçuşlar için yapılan çekimlerle salon girişi önündeki sıranın, yolcu eklenme aralıkları, toplam eklenme süreleri, salon kapısına giriş aralıkları ve toplam giriş süreleri, azami kuyruk uzunlukları, azami kuyruktaki yolcu sayıları, en uzun ve en kısa bekleme süreleri ölçümleri yapılmıştır.

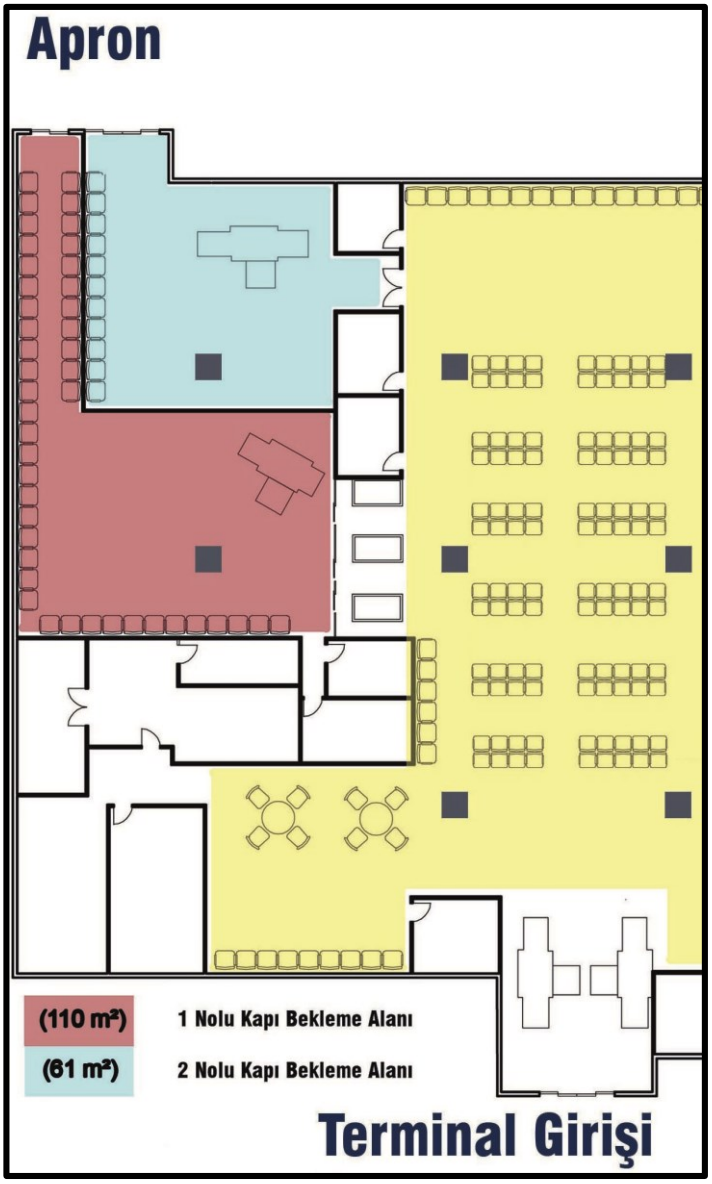


Şekil 4.83. 2 nolu kapı kuyruğu çekim açısı

Giden yolcu salonunda 2 nolu kapı üzerinde izdüşümü gösterilen alan, giden yolcu salonu üst katında bulunan personel restoranından kayda alınmıştır.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda biri iç hatlar, bir diğeri dış hatlara hizmet vermek üzere 2 arındırılmış salon bulunmaktadır. Önceki yıllarda uçuşların

seyrekliği sebebiyle bu salonlar ortak kullanımdaydı. Son yıllarda artan uçuş trafiği ve yurtdışı İran uçuşlarıyla beraber ayrı arındırılmış salon ihtiyacı doğmuştur. Müşterek kullanılan salon ikiye ayrılarak 1 nolu kapı 110 m^2 alanla dış hatlardaki yolculara, 2 nolu kapı ise 61 m^2 alanla iç hatlar yolcularına hizmet verecek şekilde düzenlenmiştir (Şekil 4.84).



Şekil 4.84. İç ve dış hat arındırılmış salonlarının plan şeması

Yolcuların oluşturduğu arındırılmış salon kuyrukları giden yolcu salonu bekleme alanı ile çakışmaktadır. Daha önce Süleyman Demirel Havalimanı analizi bölümünde Şekil 4.11'de gösterildiği gibi 3 ve 4 numaralı kuyruklar arındırılmış salon önünde oluşan kuyrukları ifade etmektedir. Özellikle pik saatlerde 2 nolu

salon önündeki kuyruk bekleme alanını aşıp bilet kontrol bölümüne kadar ulaşmaktadır. Yapılan gözlemler neticesinde 2 nolu salon önünde oluşan kuyruklar salon hizmete açılmadan yaklaşık 3 -6 dakika arasında oluşmakta ve yolcu yoğunluğuna göre 12 – 19 dakika arasında kuyruk sona ermektedir (Şekil 4.85).



Şekil 4.85. 2 nolu arındırılmış salon kapısı yolcu kuyruğu

Arındırılmış salonlar, yolcuların serbest dolaşımı için uygun değildir. Apron kapısı açılana kadar yolcular salon içerisinde kalabalıklar oluşturmaktadırlar. Salondaki koltuklar, apron kapısının açılmasına kadar olan bekleme süresinde mevcut yolcular için yetersiz kalmaktadır (Şekil 4.86).

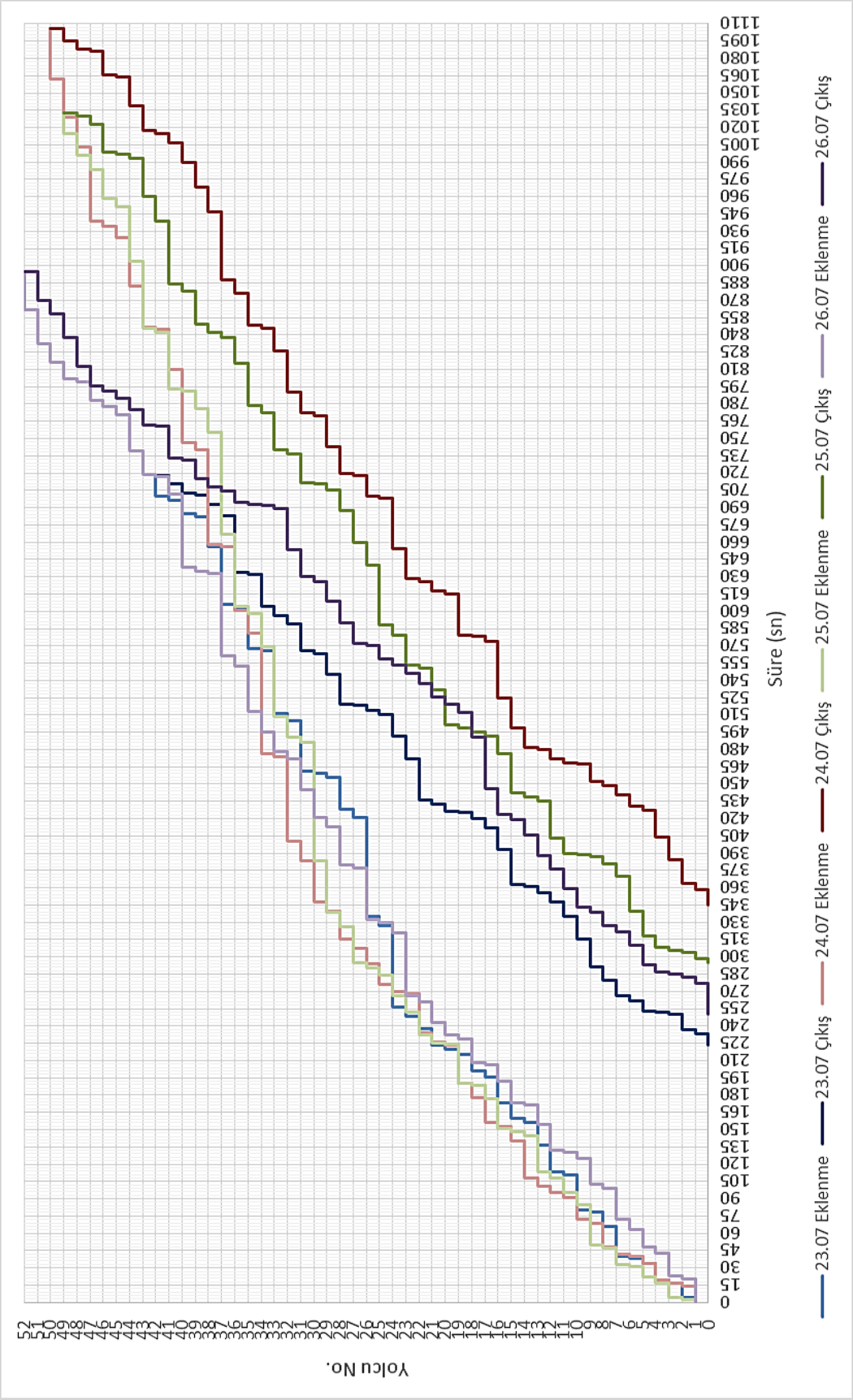


Şekil 4.86. 2 nolu arındırılmış salon mekân yetersizliği

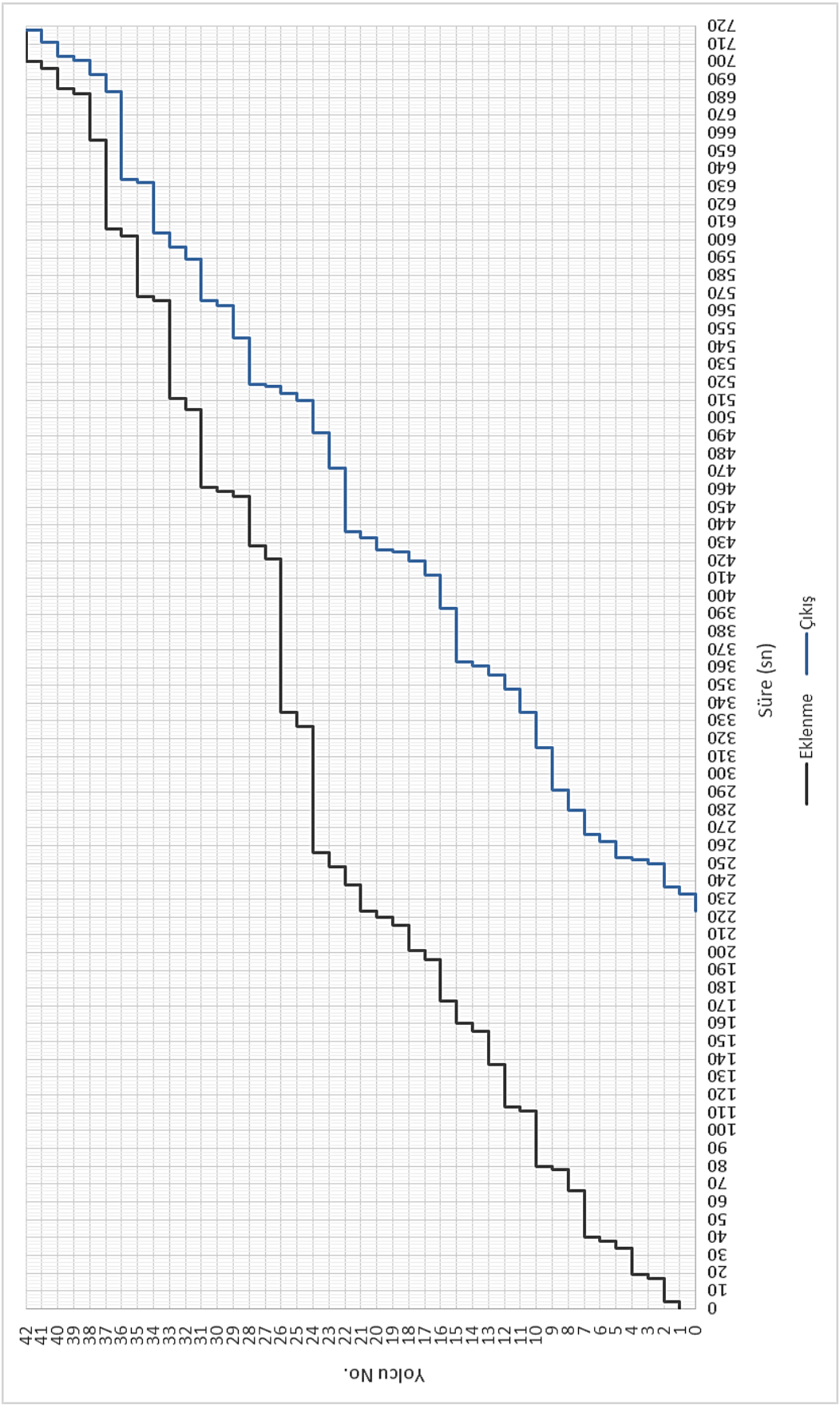
23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında 2 nolu arındırılmış salon kapı kuyruğu sona erinceye kadar, yolcuların salon içerisine geçiş aralıkları tespit edilmiştir. Şekil 4.87'de 4 uçuş için yolcuların kuyruğa eklenme ve kapıdan giriş (çıkış) aralıklarını ve kuyrukların sona erme süresini belirten birleşik grafik gösterilmiştir. Grafikte belirtilen çıkış ifadesi, kuyruktan çıkış anlamına gelmektedir. Çıkış grafikleri renkleri koyu olarak, eklenme grafikleri ise çıkış renklerinin soluk renkleriyle ifade edilmiştir.

4 uçuş için ortak grafik ele alındığında, farklı yolcu sayılarına ve kuyruk sona erme sürelerine sahip olmalarına rağmen, 4 grafiğin de benzer değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. En uzun kuyruk bekleme süresinin ve sırada bekleyen en fazla yolcu sayısının, 24.07.2014 tarihli uçuşta olduğu görülmektedir. En kısa kuyruk bekleme süresinin ve sırada bekleyen en az yolcu sayısının ise 23.07.2014 tarihli uçuşta olduğu görülmektedir. Buna göre, giden yolcu salonu içindeki günlük şartlara bağlı kalmaksızın kapı kuyruğu rejiminde büyük değişmeler olmamaktadır.

Şekil 4.88'de 23.07.2014 tarihinde 2 nolu kapı kuyruğunda yolcuların kuyruğa eklenme ve kapıdan giriş (çıkış) aralıkları ve kuyruğun sona erme süresi gösterilmiştir.



Şekil 4.87. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri birleşik grafik



Şekil 4.88. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (23.07.2014)

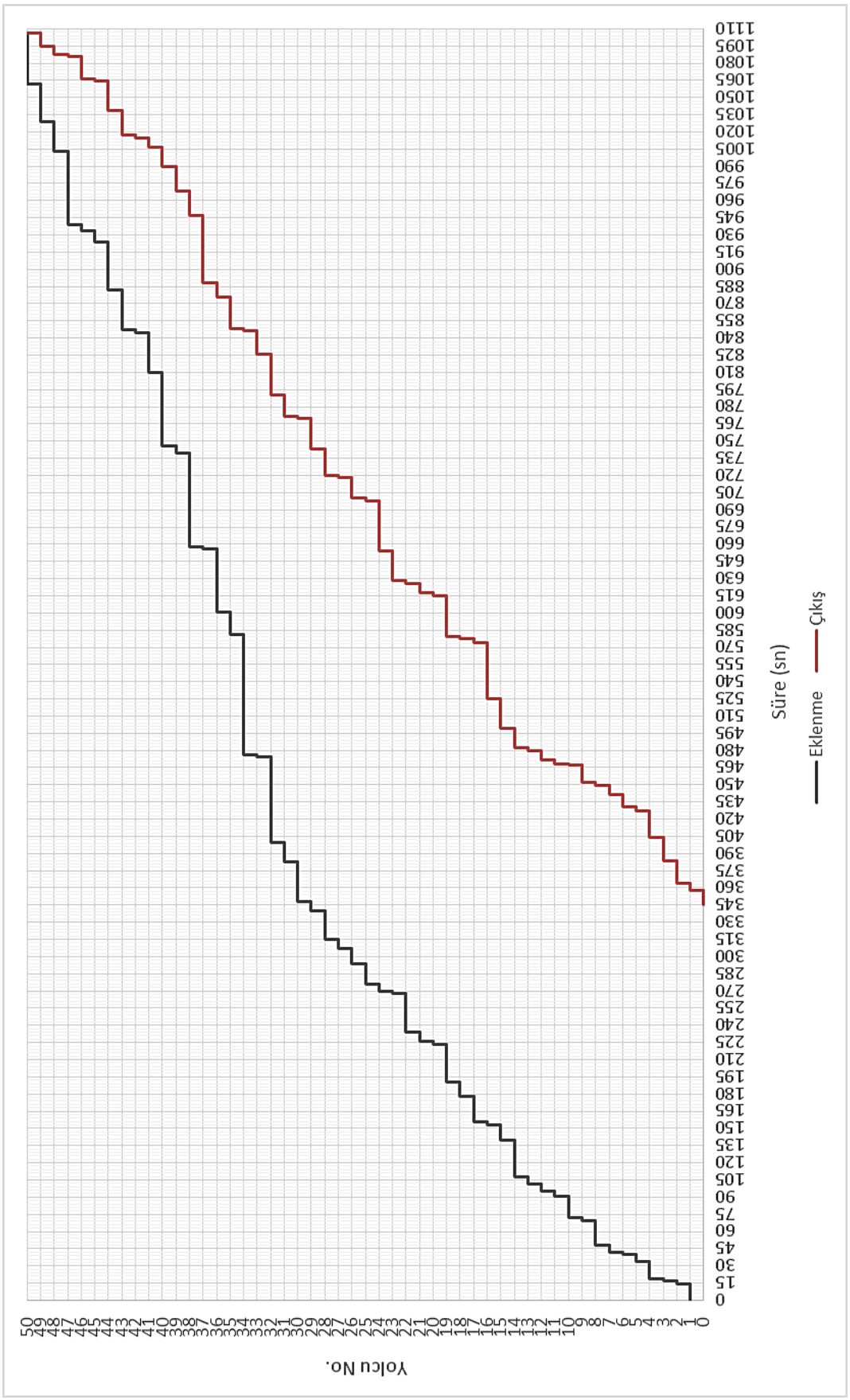
23.07.2014 tarihinde arındırılmış salon kapısı, sıraya ilk giren yolcudan 223 sn. sonra açılmıştır. Yolcuların sıraya eklenme aralıkları ortalama 17.07 saniyedir. 20. yolcunun sıraya eklenmesiyle beraber arındırılmış salon kapısı açılmıştır. Yolcuların kapıdan giriş aralıkları (çıkış) ortalama 11.83 saniyedir. Toplam 42 yolcunun sıraya eklenme süresi 700 sn, sıradan çıkış (kapıdan giriş) süresi 718 saniyedir. Kuyrukta en uzun bekleme süresi 231 sn ile 3. yolcuda, en kısa bekleme süresi 7 sn ile 40. yolcuda görülmüştür. Kuyrukta en fazla 21 yolcu bulunmuştur.

Şekil 4.89'da 24.07.2014 tarihinde 2 nolu kapı kuyruğunda yolcuların kuyruğa eklenme ve kapıdan giriş (çıkış) aralıkları ve kuyruğun sona erme süresi gösterilmiştir.

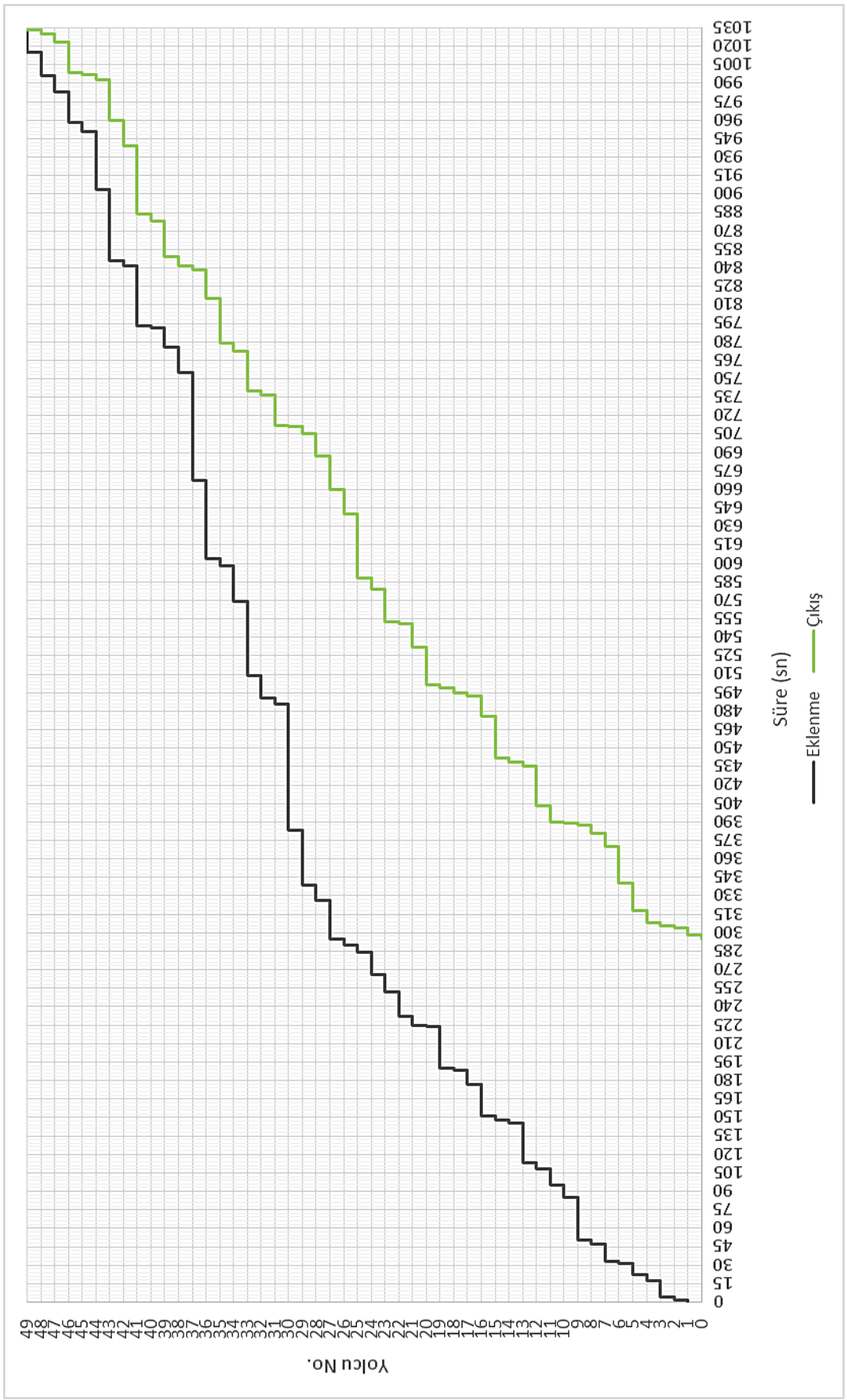
24.07.2014 tarihinde arındırılmış salon kapısı, sıraya ilk giren yolcudan 345 sn. sonra açılmıştır. Yolcuların sıraya eklenme aralıkları ortalama 21.67 saniyedir. 29. yolcunun sıraya eklenmesiyle beraber arındırılmış salon kapısı açılmıştır. Yolcuların kapıdan giriş aralıkları (çıkış) ortalama 15.22 saniyedir. Toplam 50 yolcunun sıraya eklenme süresi 1062 sn, sıradan çıkış (kapıdan giriş) süresi 1106 saniyedir. Kuyrukta en uzun bekleme süresi 404 sn ile 25. yolcuda, en kısa bekleme süresi 33 sn ile 49. yolcuda görülmüştür. Kuyrukta en fazla 29 yolcu bulunmuştur.

Şekil 4.90'da 25.07.2014 tarihinde 2 nolu kapı kuyruğunda yolcuların kuyruğa eklenme ve kapıdan giriş (çıkış) aralıkları ve kuyruğun sona erme süresi gösterilmiştir.

25.07.2014 tarihinde arındırılmış salon kapısı, sıraya ilk giren yolcudan 295 sn. sonra açılmıştır. Yolcuların sıraya eklenme aralıkları ortalama 21.15 saniyedir. 26. yolcunun sıraya eklenmesiyle beraber arındırılmış salon kapısı açılmıştır. Yolcuların kapıdan giriş aralıkları (çıkış) ortalama 15.06 saniyedir. Toplam 49 yolcunun sıraya eklenme süresi 1015 sn, sıradan çıkış (kapıdan giriş) süresi 1030 saniyedir. Kuyrukta en uzun bekleme süresi 348 sn ile 29. yolcuda, en kısa bekleme süresi 15 sn ile 48. yolcuda görülmüştür. Kuyrukta en fazla 26 yolcu bulunmuştur.



Şekil 4.89. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (24.07.2014)



Şekil 4.90. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (25.07.2014)

Şekil 4.91'de 26.07.2014 tarihinde 2 nolu kapı kuyruğunda yolcuların kuyruğa eklenme ve kapıdan giriş (çıkış) aralıkları ve kuyruğun sona erme süresi gösterilmiştir.

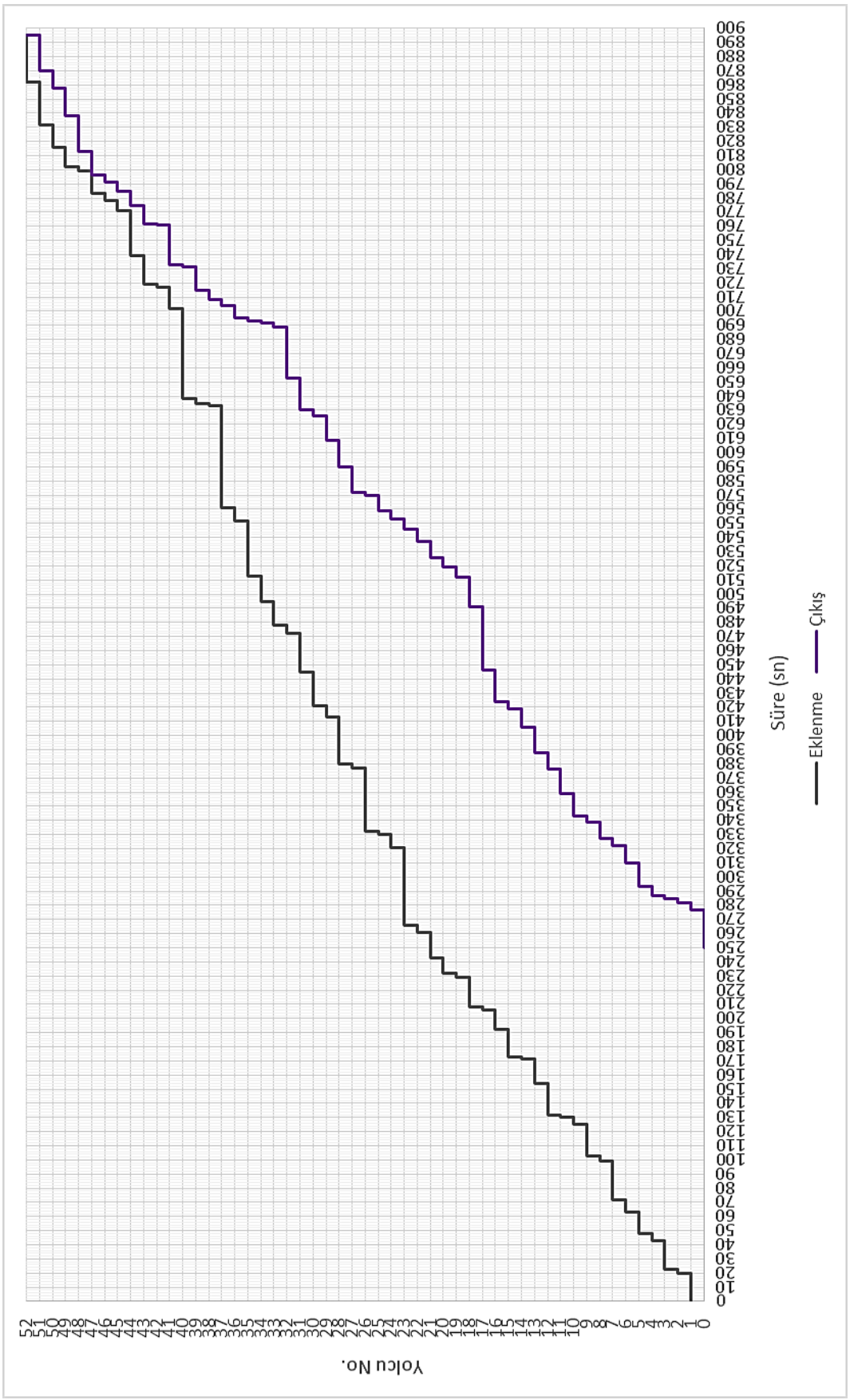
26.07.2014 tarihinde arındırılmış salon kapısı, sıraya ilk giren yolcudan 250 sn. sonra açılmıştır. Yolcuların sıraya eklenme aralıkları ortalama 16.9 saniyedir. 23. yolcunun sıraya eklenmesiyle beraber arındırılmış salon kapısı açılmıştır. Yolcuların kapıdan giriş aralıkları (çıkış) ortalama 12.3 saniyedir. Toplam 52 yolcunun sıraya eklenme süresi 862 sn, sıradan çıkış (kapıdan giriş) süresi 895 saniyedir. Kuyrukta en uzun bekleme süresi 280 sn ile 23. yolcuda, en kısa bekleme süresi 45 sn ile 45. yolcuda görülmüştür. Kuyrukta en fazla 23 yolcu bulunmuştur.

Çizelge 4.21'de 4 uçuş için arındırılmış salon kapısında oluşan azami kuyruk uzunlukları, kuyruktaki en fazla yolcu sayısı, toplam ve ortalama kuyruk eklenme ve çıkış (kapıdan giriş) süreleri, kapıdan giren toplam yolcu sayıları belirtilmiştir.

Çizelge 4.21. 2 nolu kapı, yolcu verileri

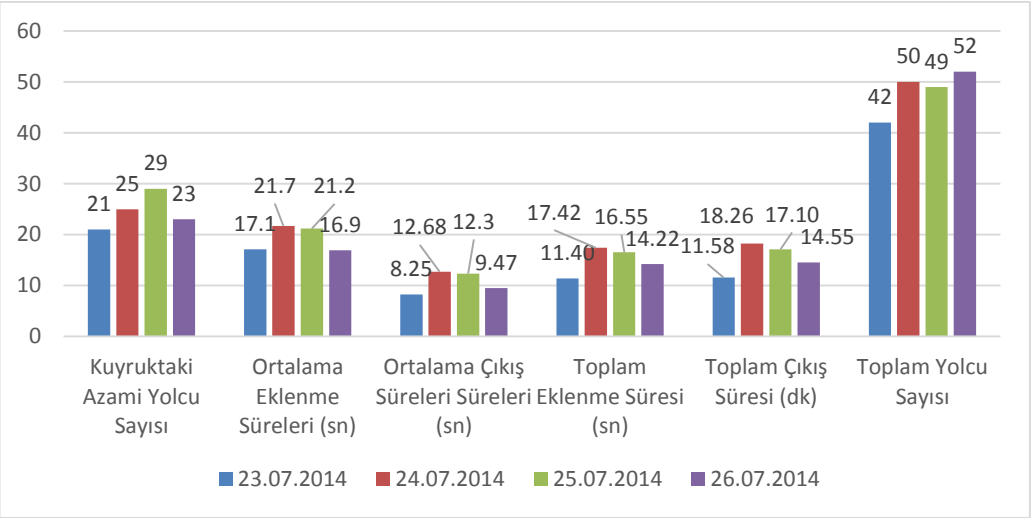
Uçuş No.	**Yolcu Sayısı**	**Kuyruk Uzunluğu (m)**	**Kuyrukta ki en fazla yolcu sayısı**	**Ort-Top eklenme süresi (sn)**		**Ort-top çıkış süresi (sn)**		**En uzun-kısa bekleme süresi(sn)**	
1	42	8.5	21	17.1	700	11.8	718	231	7
2	50	11	25	21.7	1062	15.2	1106	404	33
3	49	10	29	21.2	1015	15.1	1030	348	15
4	52	11	23	16.9	862	12.3	895	280	45

Çizelge 4.21'de kuyruk uzunluklarının kuyruktaki azami yolcu sayısına bağlı olmadığı görülmektedir. Yolcular sıra içinde, kuyruğun enine yayılarak kuyruk uzunluklarını küçültmektedir. Kuyruğa eklenme en çabuk 4 nolu uçuşta gerçekleşmiştir. Kuyruk bitişi en erken 1 nolu uçuşta gerçekleşmiştir. En uzun bekleme süresi 2 nolu uçuşta, en kısa bekleme süresi 1 nolu uçuşta gerçekleşmiştir. Ortalama bekleme süresi 209.26 sn, ortalama işlem süresi 19.43 sn'dir. Yolcuların kuyrukta bekleme süreleri ortalama, sırasıyla 142.93, 299.67, 220.46 ve 164.65 sn'dir.



Şekil 4.91. 2 nolu kapı kuyruğu eklenme ve çıkış aralıkları, kuyruk bitiş süreleri (26.07.2014)

Şekil 4.92'de uçuşlara göre yolcu verileri gösterilmiştir.



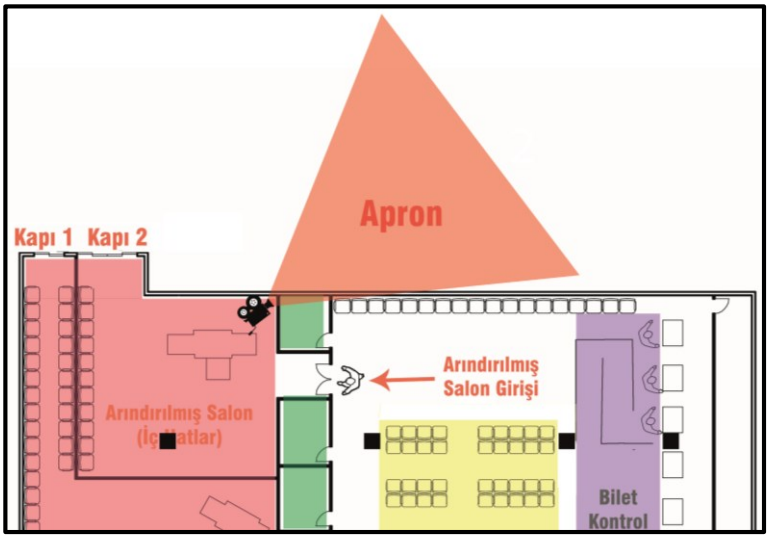
Şekil 4.92. 2 numaralı kapı, yolcu verileri

Çizelge 4.21 ve Şekil 4.92'ye göre 2 numaralı kapı yolcu verileri değerlendirildiğinde; En fazla eklenme, çıkış ortalama ve toplam süreleri 24.07.2014 tarihli uçuşta gerçekleşmiştir. Toplam yolcu sayısı en fazla olmasına rağmen en az eklenme, çıkış ortalama ve toplam süreleri 26.07.2014 tarihli uçuşta gerçekleşmiştir.

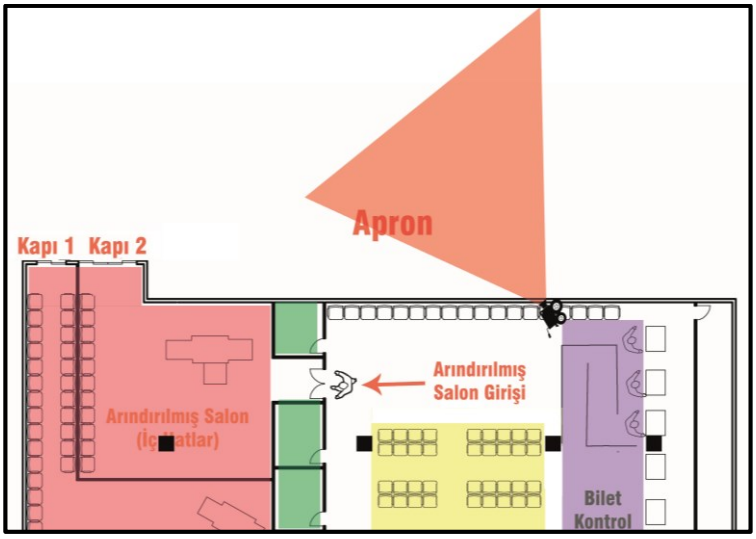
Havalimanı yolcu-uçak sistemi içinde, arındırılmış salonda işlemleri tamamlanmış olarak bekleyen yolcuların uçağa naklinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yolcuların uçağa nakilleri; köprüler, yolcu servisleri ve apron üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Süleyman Demirel Havalimanı'nda yolcuların uçaklarına nakilleri genellikle apron üzerinden gerçekleştirilmektedir. Apron üzerinde yolcular ve görevli yer hizmetleri personellerinden başka kimse bulunmamaktadır. Bu sebeple apron üzerinde gerçekleştirilecek yolcu sayımı, geçiş süreleri vb. gibi uygulamalarda, çalışmayı olumsuz etkileyebilecek faktörler azaldığından, bu alanda yolcu üzerindeki araştırmalar daha sağlıklı gerçekleşmektedir. Yolcuların apron kapısı açıldıktan sonra ekseriyetle duraklama yapmadan ve direkt olarak uçağa doğru yöneldiği görülmektedir. Apron bölgesinde yolcular üzerinde yapılan uygulamalar, diğer bölgelere nazaran daha verimli olmasından dolayı bu alanda yapılan uygulamalarda, neredeyse tam sonuçlar elde edilmektedir.

4.2.5. Apron analizi

Süleyman Demirel Havalimanı'nda inceleme yapılan apron bölgesinde 4 uçuş için toplam 25 dakika süresince, apron bölgesinden toplamda 325 yolcu geçiş yapmıştır. Apron bölgesini görecek şekilde terminal içine kurulan 2 kamera ile farklı görüş açılarında aynı bölge üzerinde eş zamanlı video kaydı alınmıştır (Şekil 4.93, Şekil 4.94). Alınan kayıtlar üzerinde yolcuların geçiş aralıkları belirlenmiştir. Bu aralıklarda toplam 25 dakika süresince 4 çekim yapılmış ve bu kayıtlar program vasıtasıyla analiz edilmiştir. Apron bölümü için yapılan görüntü analizlerinde, 2.8% hata payı ile 316 yolcu sayılmıştır.



Şekil 4.93. Apron bölgesi kamera çekim açısı 1

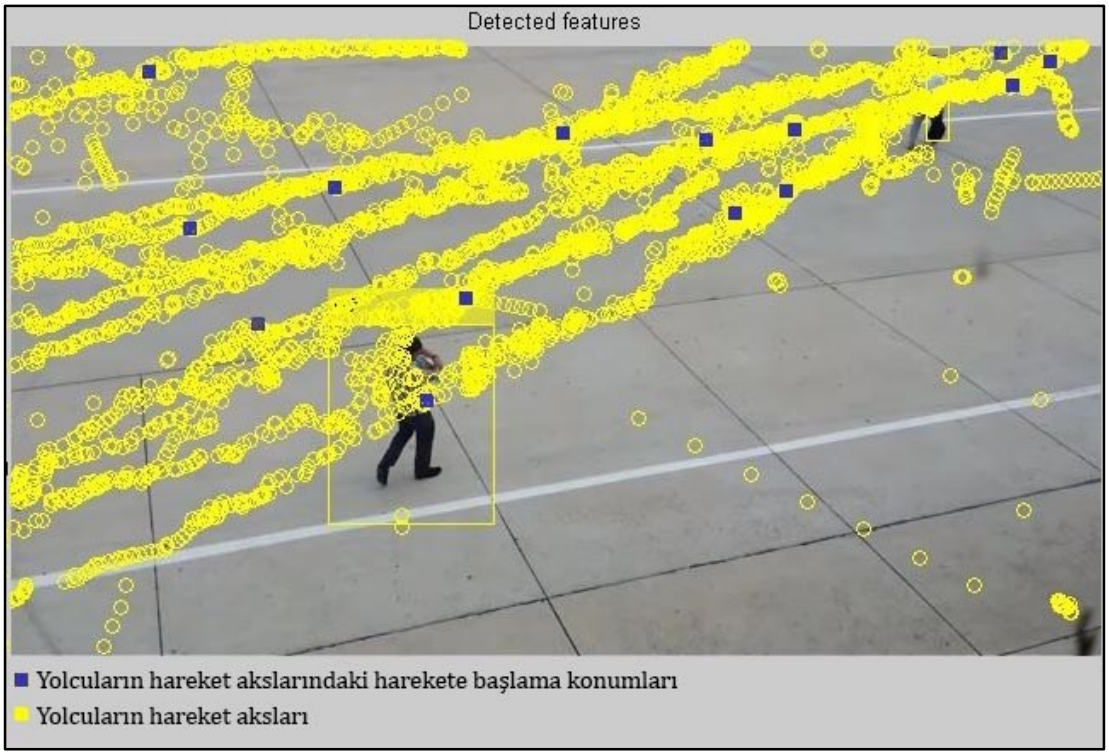


Şekil 4.94. Apron bölgesi kamera çekim açısı 2

Şekil 4.93 ve Şekil 4.94'te izdüşümleri belirtilen açılardan; 1 numaralı kamera terminal içindeki personel yemekhanesinin apron tarafına bakan cephesine, 2 numaralı çekim açısı için terminalin giden yolcu salonunun apron tarafına bakan cephesine kurulmuştur.

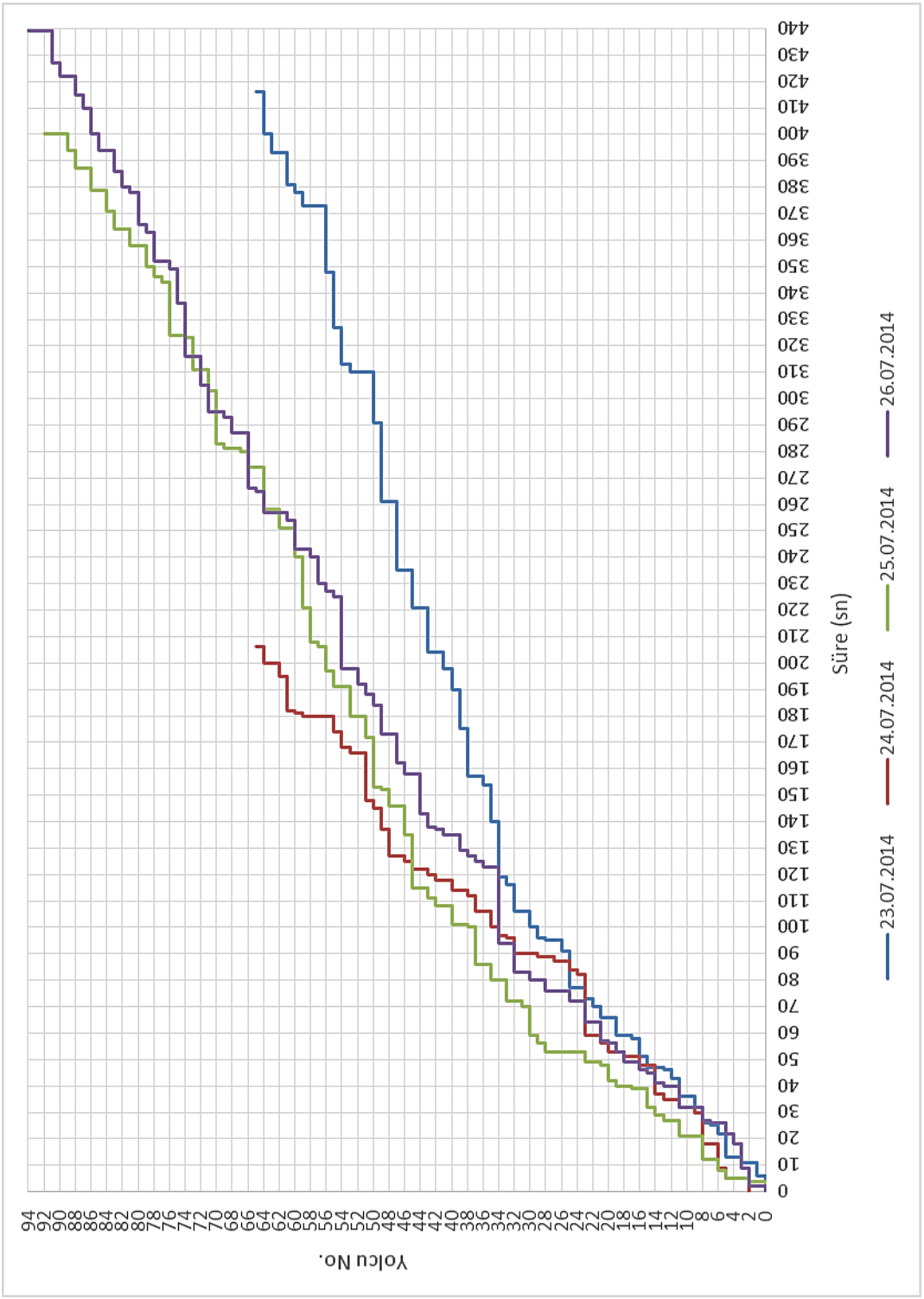
Yolcuların aprondan geçiş aralıkları ve apron üzerinde kullandıkları hareket aksları belirlenmiştir.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda aprondaki uçağın yolculara hazır hâle gelmesinden sonra arındırılmış salon apron kapısı açılır. Son bir kimlik ve bilet kontrolünden geçen yolcuların aprona çıkmasına izin verilir. Yolcular apronu kullanarak uçağa giderler. Yolcuların apron üzerindeki hareket aksları Şekil 4.95'te görüldüğü gibidir.



Şekil 4.95. Yolcuların apron üzerindeki hareket aksları (çekim açısı 1)

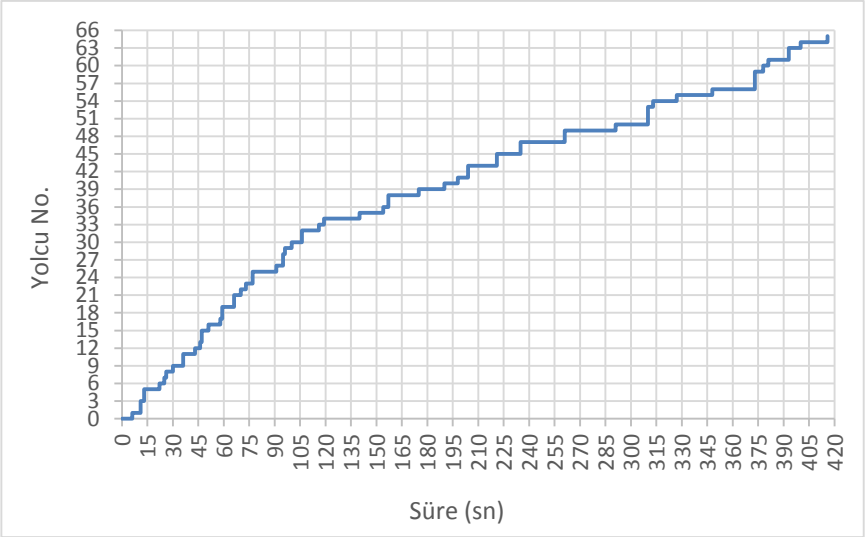
Terminalin apron kapısı açıldığı anda yolcular belirli aralıklarla hareket ederek uçağa binmeye başlamaktadırlar. 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında aprondaki yolcuların sayıları ve geçiş aralıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.96).



Şekil 4.96. Yolcuların apron üzerinden geçiş aralıklarını gösteren birleşik grafik

Şekil 4.96'da belirtilen birleşik grafik incelendiğinde 3. ve 4. uçuşlarda birbirine yakın yolcu/süre artışlarının olduğu gözlemlenmektedir. 1. ve 2. uçuşlarda birbirine eşit yolcu sayılmıştır. Ancak toplam geçiş süreleri arasında 210 saniyelik bir fark bulunmaktadır.

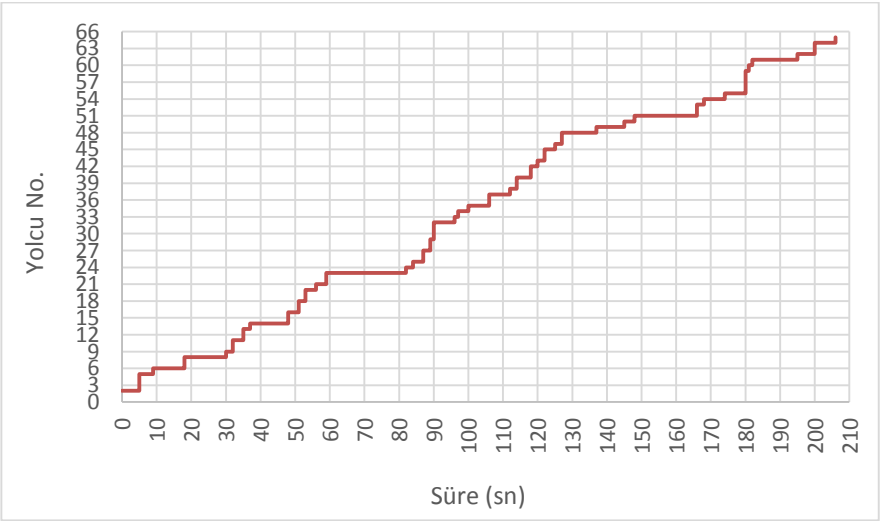
23.07.2014 tarihli 1 nolu uçuş için aprondan geçen yolcuların geçiş aralıkları Şekil 4.97'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.97. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (23.07.2014)

Aprondan toplam 416 sn'de geçen 65 yolcunun geçiş aralıkları ortalaması 9.04 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 30 sn ile 36. yolcuda görülmüştür.

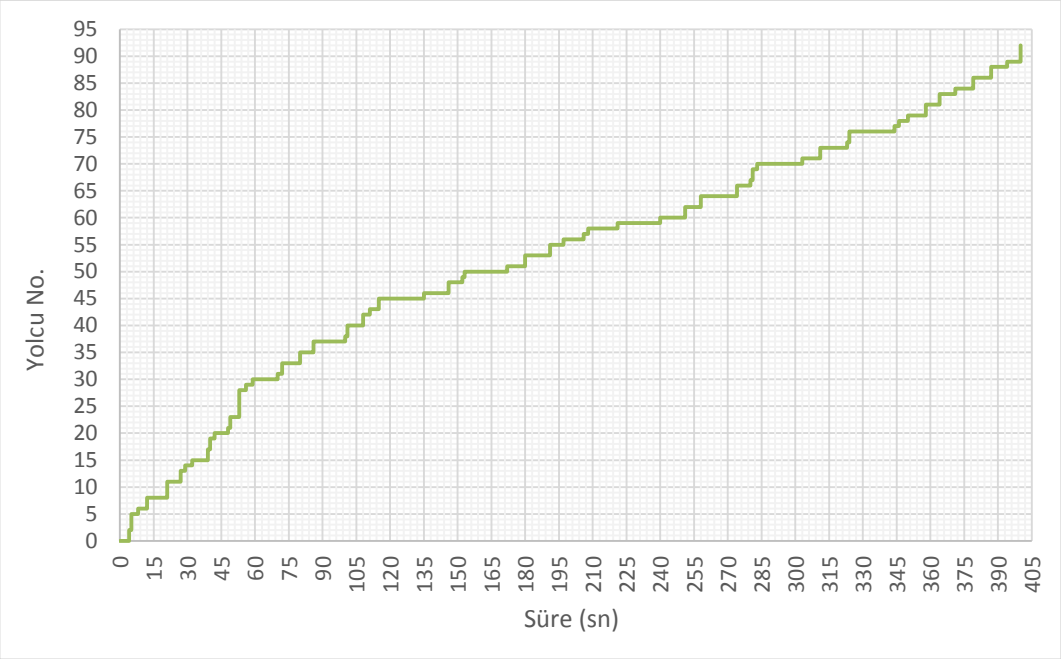
24.07.2014 tarihli 2 nolu uçuş için aprondan geçen yolcuların geçiş aralıkları Şekil 4.98'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.98. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (24.07.2014)

Aprondan toplam 206 sn'de geçen 65 yolcunun geçiş aralıkları ortalama 5.02 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 23 sn ile 14. yolcuda görülmüştür.

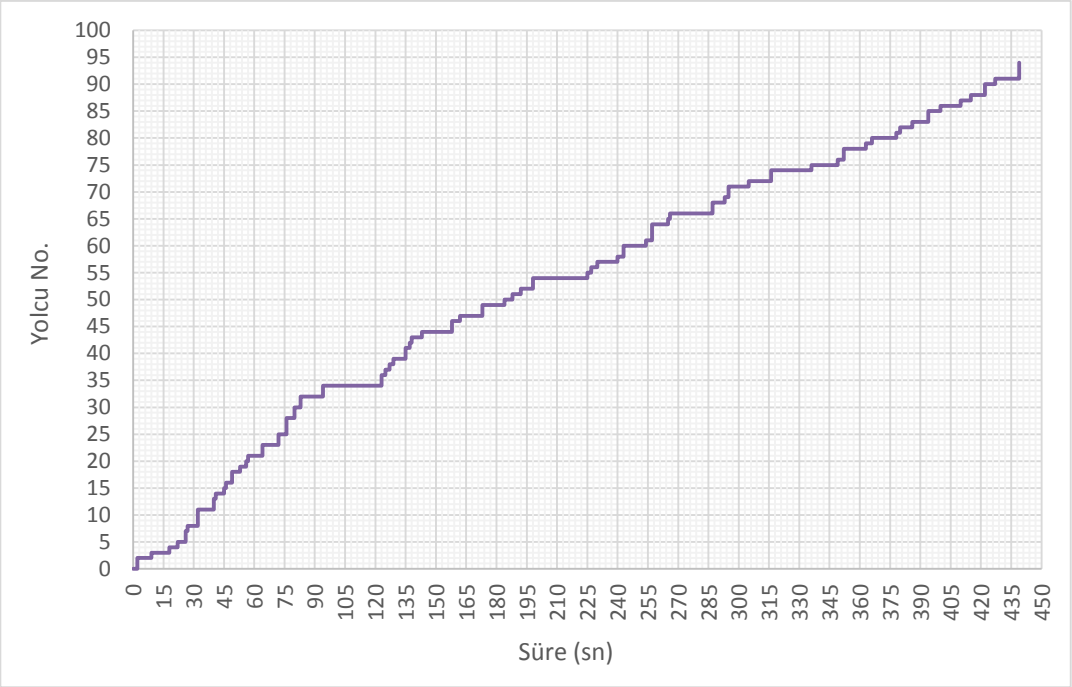
25.07.2014 tarihli 3 nolu uçuş için aprondan geçen yolcuların geçiş aralıkları Şekil 4.99'da gösterildiği gibidir.



Şekil 4.99. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (25.07.2014)

Aprondan toplam 400 sn'de geçen 92 yolcunun geçiş aralıkları ortalama 7.02 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 20 sn ile 26, 44 ve 48 numaralı yolcularda görülmüştür.

26.07.2014 tarihli 4 nolu uçuş için aprondan geçen yolcuların geçiş aralıkları Şekil 4.100'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.100. Yolcuların apron üzerindeki geçiş aralıkları ve yolcu sayıları (26.07.2014)

Aprondan toplam 439 sn'de geçen 94 yolcunun geçiş aralıkları ortalama 6.75 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 29 sn ile 22. yolcuda görülmüştür.

Çizelge 4.22'de apron yolcu geçiş aralıkları ortalama süreleri ve yolcu/süre oranları belirtilmiştir.

Çizelge 4.22. Apron yolcu geçiş aralıkları, ortalama süreleri ve yolcu sayısı

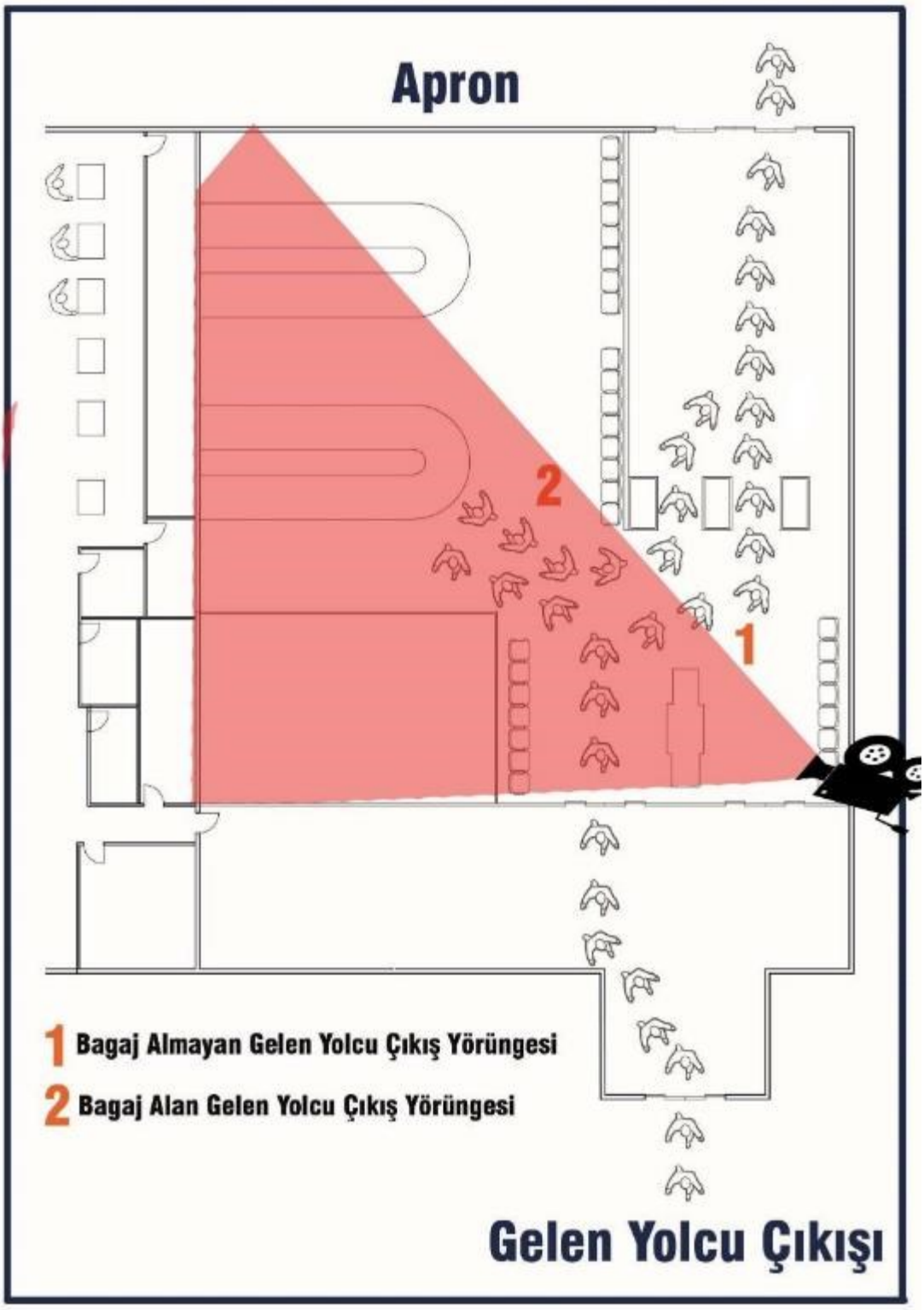
Tarih/Uçuş No.	Süre (sn)	Ortalama Geçiş Aralıkları (sn)	Toplam Yolcu Sayısı	Yolcu/Süre Oranı
23.07.2014/ 1	416	9.04	65	0.16
24.07.2014/ 2	206	5.02	65	0.32
25.07.2014/ 3	400	7.02	92	0.23
26.07.2014/ 4	439	6.75	94	0.21

Havalimanının diğer bölümlerine göre, yolcular apron üzerinde daha kararlı ve hızlı hareket etmektedirler. Yoğunluğun, toplam yolcu sayısından ziyade daha çok toplam geçiş süresine bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre, en fazla yolcu/süre oranı 0.32 ile 2. uçuşta görülmüştür.

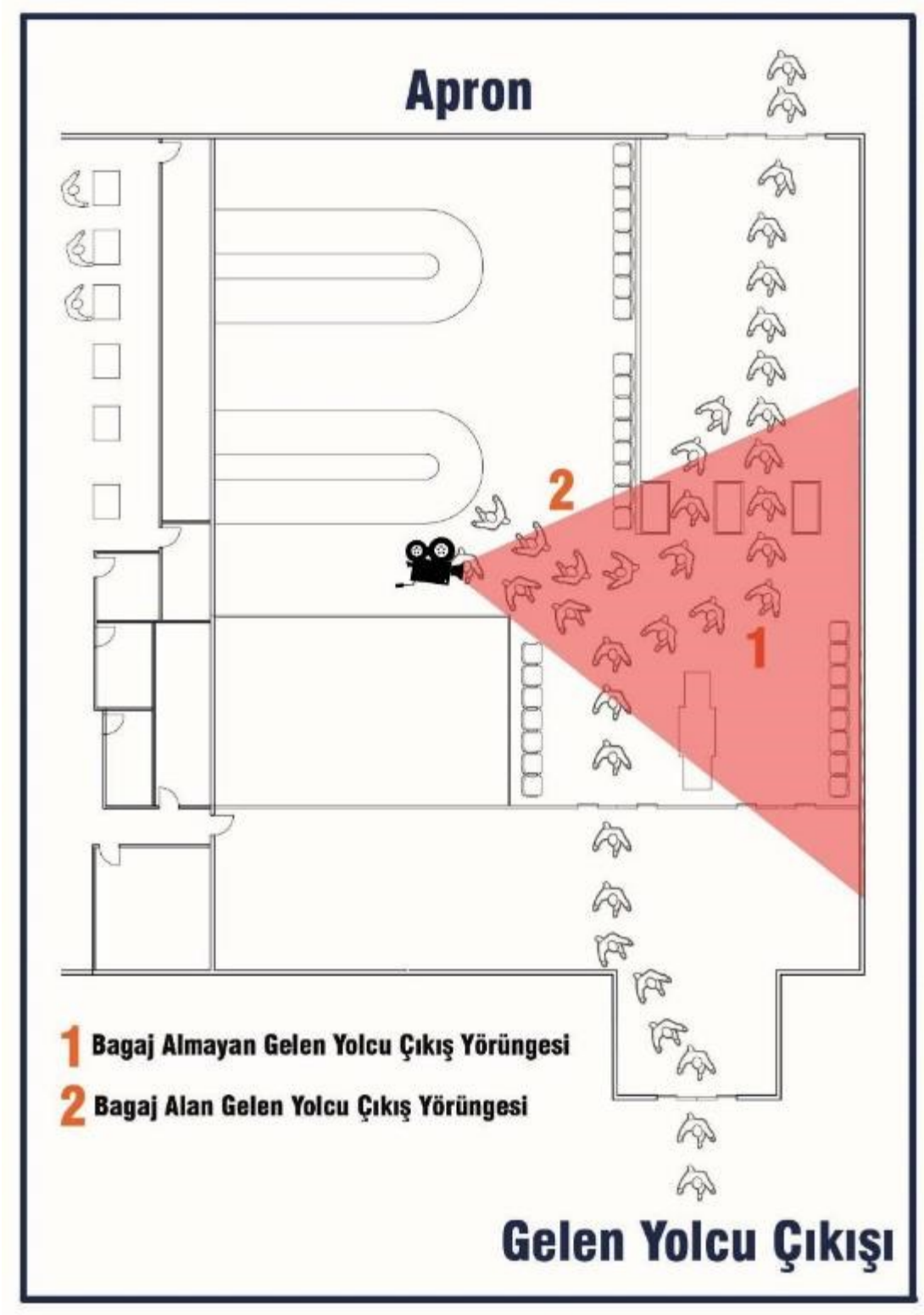
Havalimanı sisteminde, giden yolcu salonu içinde yer alan birimlerin, uçuş sürecindeki rollerinden bahsedilmiştir. Bu birimlerin müşterek çalışması nihayetinde kalkış işlemi yapacak bir uçağın yolcuları uçuşa hazır hâle gelmektedir. Bir yolcu uçağının havalimanını varış noktası olarak kullanması durumunda ise, terminal birimlerinden gelen yolcu salonu birimi, yolcuların kullanımına tesis edilmektedir. Bu salon içerisinde gelen yolcu vasfındaki yolcular, havalimanı prosedürleri içerisinde havalimanını terkederler. Gelen yolcu salonu hizmet ve şartları, yolcuların havalimanını terketme süresini belirlemektedir. Bu nedenle terminal birimlerinin son halkası olan gelen yolcu salonunun mevcut durumu, doğru analiz edilerek, birimdeki hizmet gereksinimleri karşılanıp, yolcu işlem süreleri verimli düzeylere getirilebilinir.

4.2.6. Gelen yolcu salonu analizi

Süleyman Demirel Havalimanı'nda genelde İstanbul ve İran uçuşlarını yapan uçaklar, öncelikle geldikleri konumlardan Isparta yolcularını getirip, Isparta'dan bu uçuş noktalarına bilet almış yolcuları alarak geri dönmektedirler. Gelen yolcu salonunda inceleme yapılan 4 İstanbul uçuşu için 35 dakika süresince, bu salondan toplamda 359 yolcu geçiş yapmıştır. Gelen yolcu salonu çevresinde kurulan 2 kamera ile bagaj alım bölgesi ve transit geçiş bölgesi olan koridorda eş zamanlı video kaydı alınmıştır (Şekil 4.101, Şekil 4.102). Gelen yolcu salonu için yapılan görüntü analizlerinde 3.5% hata payı ile 372 yolcu sayılmıştır.



Şekil 4.101. Gelen yolcu salonu çekim açısı 1, bagaj alım bölümü



Şekil 4.102. Gelen yolcu salonu çekim açısı 2, transit geçiş koridoru

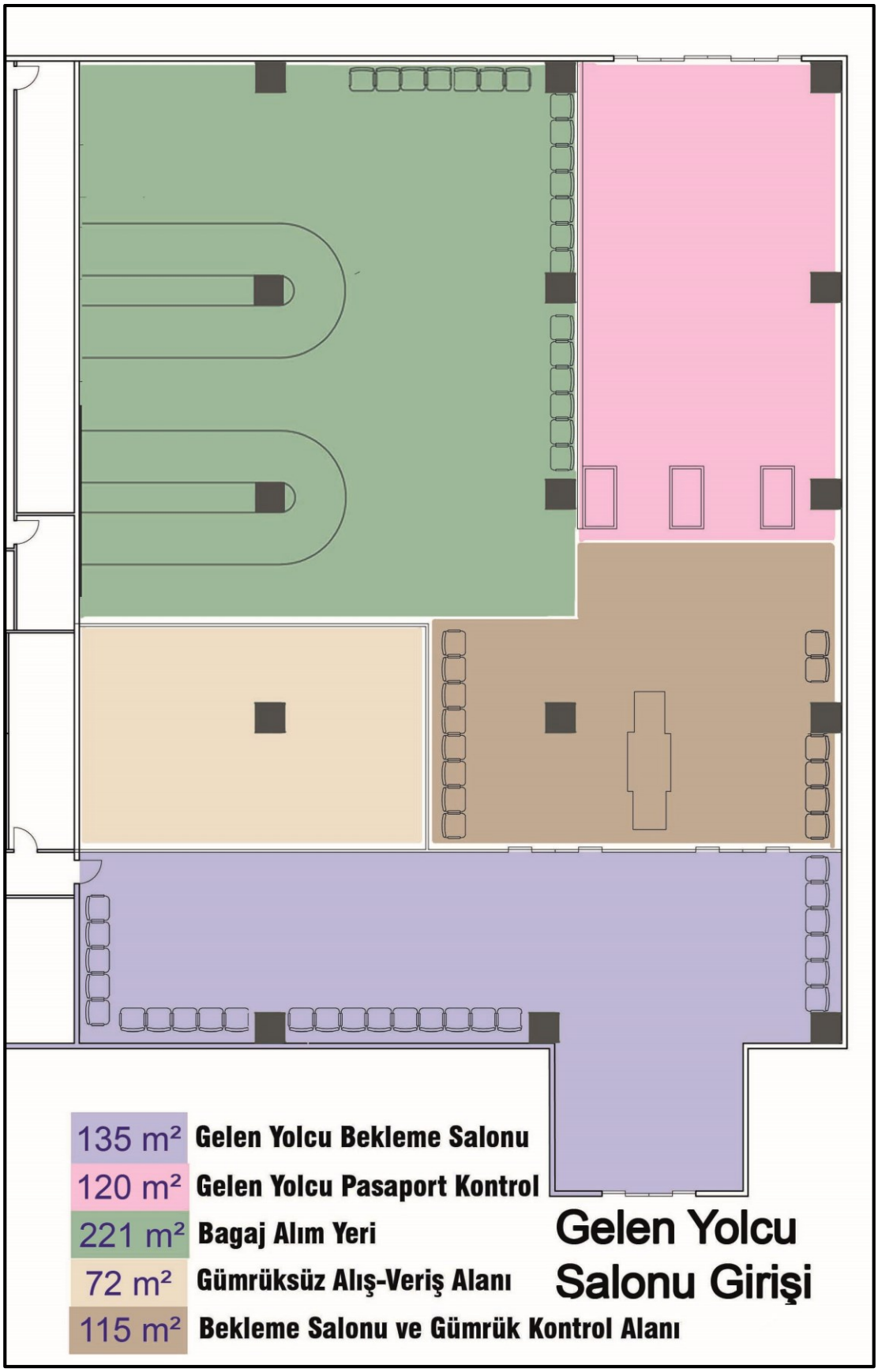
Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu, havalimanına iniş yapan uçağın yolcularının havalimanını terketmek için kullandıkları, iç ve dış hatlar müşterek kullanımlı terminal bölümüdür. Gelen yolcuların bir kısmı sadece el

bagajlı olanları, bu salonu transit geçerek havalimanını terketmektedirler. Yolcuların büyük bir kısmı ise bu salonda bagajlarını aldıktan sonra havalimanını terketmektedirler.

Uçak aprona yanaştıktan sonra yer hizmetleri tarafından uçağın kargo bölümünden alınan bagajlar, gelen yolcu salonunda bagaj konveyörlerine yüklenirler. Yolcular bu konveyörler üzerinden bagajlarını teslim almaktadırlar. Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonunda 2 adet bagaj konveyörü bulunmaktadır. Bagaj teslim alacak yolcuların terminale giriş yapmasıyla beraber bagajların yer hizmetleri tarafından konveyörlere yüklenmesi 5 – 10 dakika arasında olmaktadır. Yolcular bagajlarını teslim almaya başladıktan sonra belirli aralıklarla salonu terketmeye başlarlar.

Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu plan şeması Şekil 4.103'te görüldüğü gibidir.

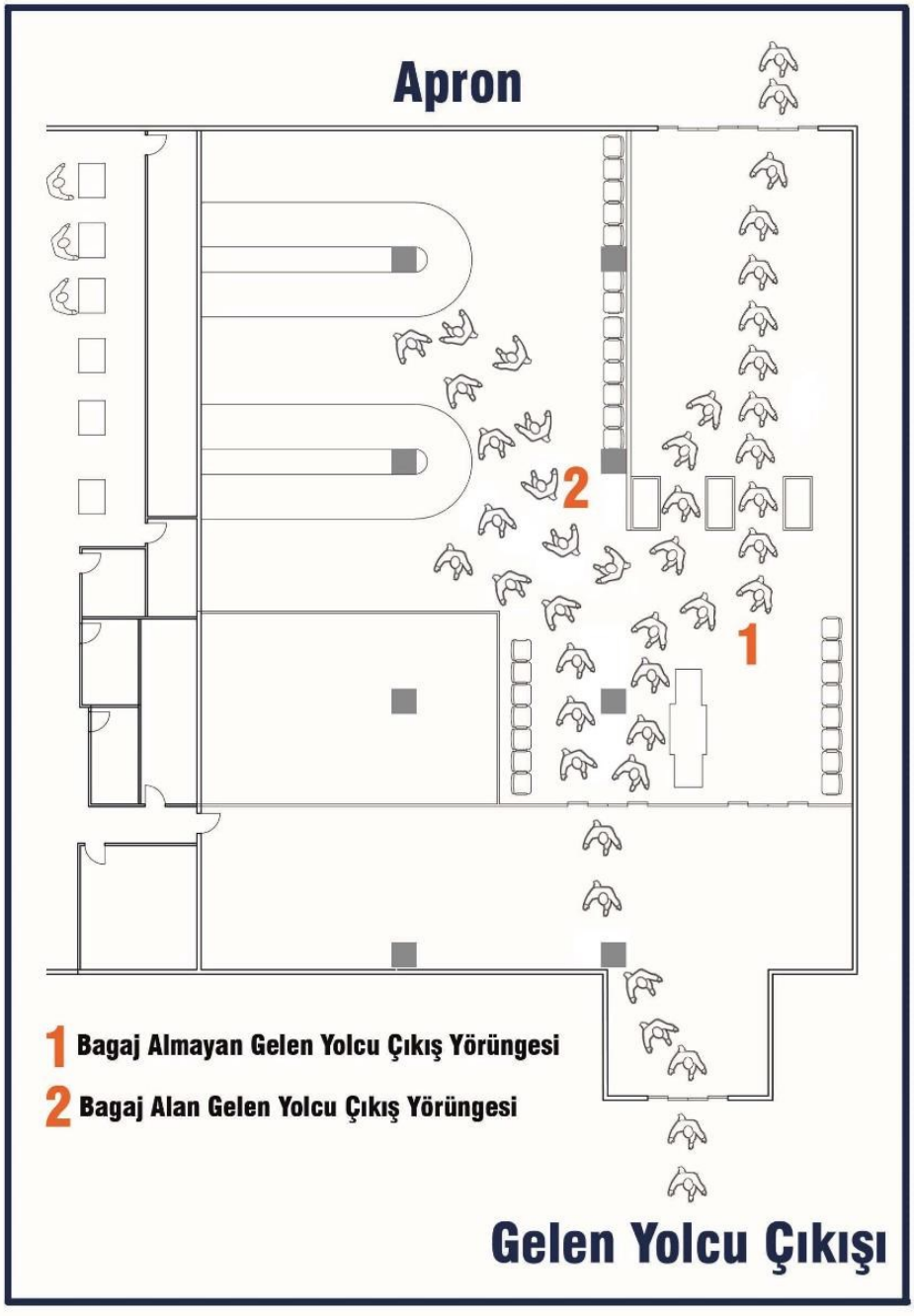
Şekil 4.103'te görüldüğü üzere gelen yolcu salonu 5 bölümden oluşmaktadır. Gelen yolcu bekleme salonu; gelen yolcu salonu girişinde yaklaşık 135 m^2 alanında olup, gelen yolcuları karşılamak üzere gelen refakatçilerin beklemesi için ayrılmış bölümdür. Gelen yolcu pasaport kontrol; salonun apron tarafındaki kapısının bulunduğu, dış hatlardan gelen yolcuların pasaport kontrollerinin yapıldığı, yaklaşık 120 m^2 alanındaki bölümdür. Bagaj alım yeri; gelen yolcuların bagajlarını alabilecekleri 221 m^2 alanında ve 2 adet bagaj konveyörünün bulunduğu bölümdür. Bekleme salonu ve gümrük kontrol alanı; 115 m^2 alanında, dış hatlardan gelen yolcuların gümrük kontrollerini yaptırdıkları bölümdür. Ayrıca yolcuların bagaj alım yerinin dışında bekleme yapabildikleri yerdir. Bagajlarını teslim alan veya bagajsız geçiş yapan yolcular buradaki çıkış kapısını kullanarak bekleme salonu kısmına geçerler ve gelen yolcu salonu çıkış kapısından terminali terkederler. Gümrüksüz alış-veriş mekânı, faaliyette olmamakla beraber yolcuların gümrüksüz alış-veriş yapabilecekleri, yaklaşık 72 m^2 alanındaki bölümdür. Gelen yolcu salonunu teşkil eden 5 bölümün toplam alanı yaklaşık 663 m^2'dir.



Şekil 4.103. Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu planı

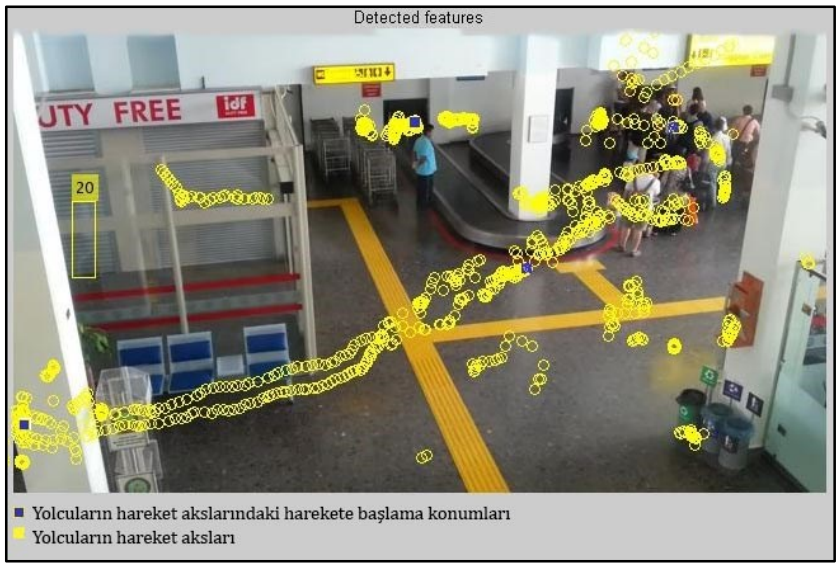
Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonunda 23.07.2014 – 26.07.2014 tarihleri arasında yapılan video çekimlerinin Matlab altyapısındaki hazırlanmış program vasıtasıyla analiz edilerek yolcuların sayıları, geçiş aralıkları, hareket rotaları tespit edilmiştir.

Şekil 4.104'te gelen yolcu salonunda yolcuların hareket aksları şematize edilmiştir.



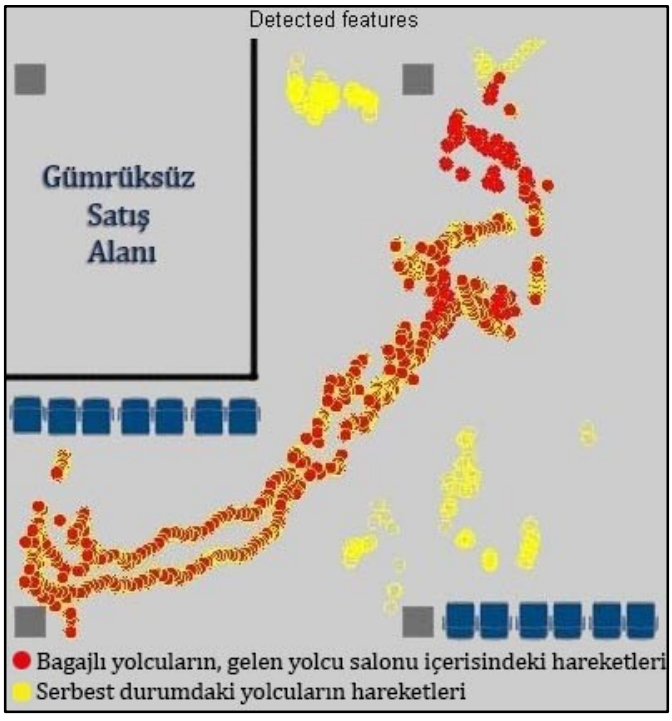
Şekil 4.104. Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonu hareket aksları

Şekil 4.105'te gelen yolcu salonunda bagaj alım yerinden çıkan yolcuların hareket aksları gösterilmiştir.



Şekil 4.105. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların hareket aksları

Şekil 4.106'da gelen yolcu salonunda bagaj alım yerinden çıkan yolcuların hareket rotaları gösterilmiştir.



Şekil 4.106. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların hareket rotaları (3 boyutlu, tepeden görünüm)

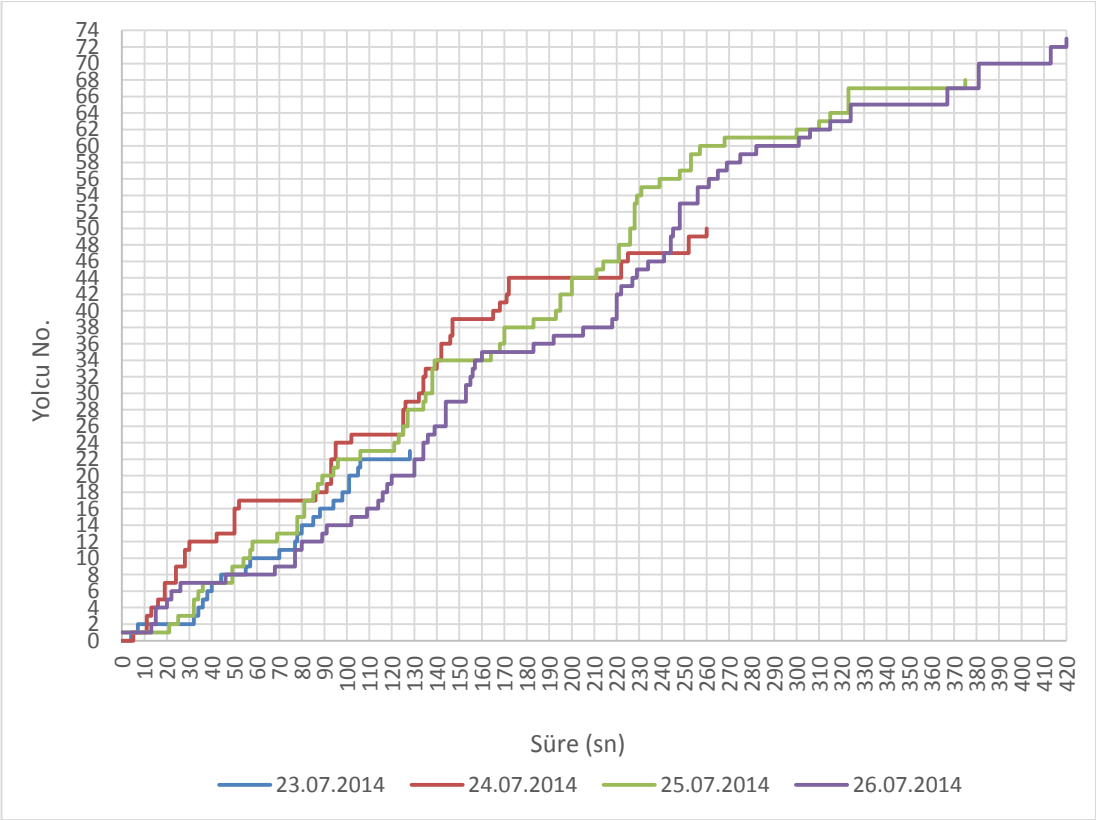
Çizelge 4.23'te 4 ayrı uçuş için gelen yolcuların bagajlı ve bagajsız olma yüzdeleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.23. Gelen yolcu salonu bagajlı ve bagajsız yolcu yüzdeleri

Uçuş No.	**Gelen Yolcu**	**Bagajlı Yolcu - Yüzde**		**Bagajsız Yolcu/ Yüzde**	
1	58	23	40%	35	60%
2	83	50	60%	33	40%
3	117	68	58%	49	42%
4	114	73	64%	41	36%
Toplam	372	214	58%	158	42%

Çizelge 4.23'te 1. uçuş için kayda alınan yolcu sayısının az olmasından ötürü gelen yolcuların geneli için tam bir oran vermemektedir. Ancak, diğer 3 uçuş göz önüne alındığında bagajlı yolcuların bagajsız yolculardan daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

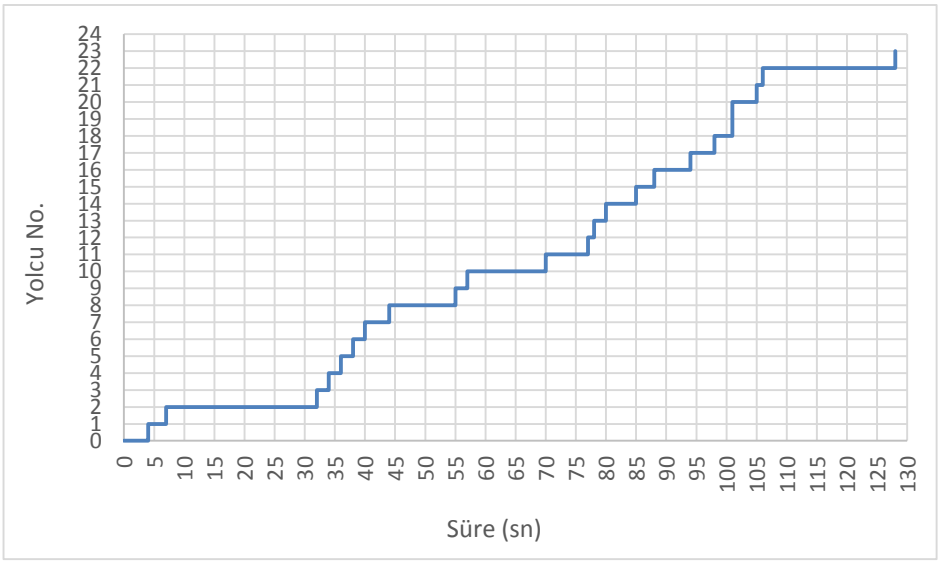
Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların sayıları ve geçiş aralıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.107).



Şekil 4.107. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları birleşik grafik

Şekil 4.107'de 4 ayrı uçuş için bagaj alım yerinden çıkan yolcuların grafikleri, birbirleriyle benzer yolcu/süre ilişkisi göstermektedir.

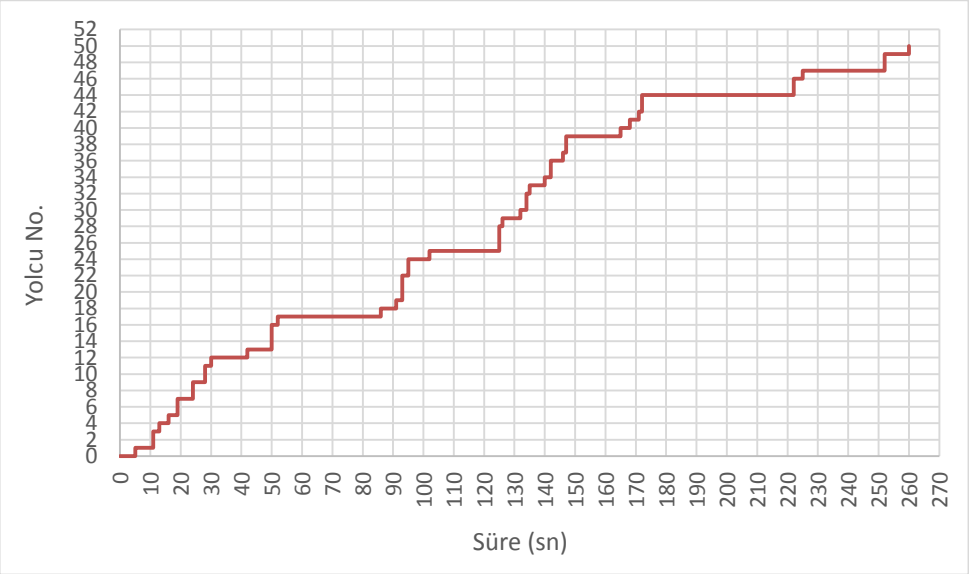
Şekil 4.108'de 23.07.2014 tarihine ait gelen yolcu salonunda bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.108. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (23.07.2014)

Bagaj alım yerinden çıkan 23 yolcunun geçiş aralıkları ortalaması 5.95 sn ve toplam geçiş süresi 128 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 25 sn ile 3. yolcuda görülmüştür.

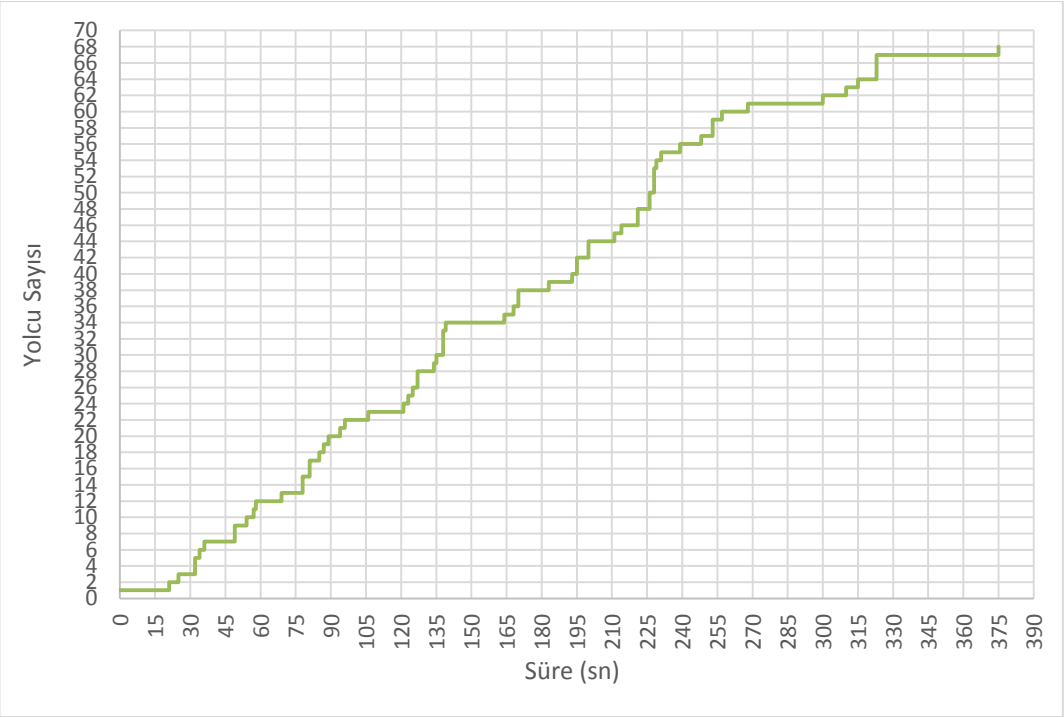
Şekil 4.109'da 24.07.2014 tarihine ait gelen yolcu salonunda bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.109. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (24.07.2014)

Bagaj alım yerinden çıkan 50 yolcunun geçiş aralıkları ortalaması 7.97 sn ve toplam geçiş süresi 260 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 50 sn ile 46. yolcuda görülmüştür.

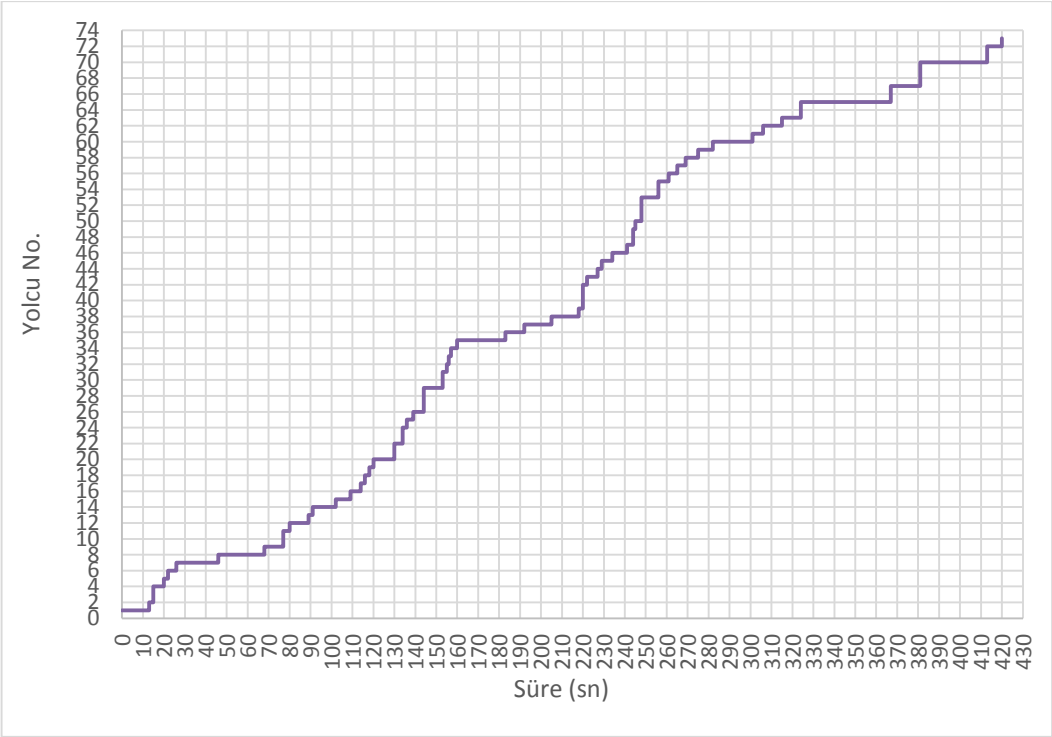
Şekil 4.110'da 25.07.2014 tarihine ait gelen yolcu salonunda bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.110. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (25.07.2014)

Bagajların konveyöre yüklenmesi ve teslime başlanması yolcuların salona girişinden itibaren 432. saniyede olmuştur. Bagaj alım yerinden çıkan 68 yolcunun geçiş aralıkları ortalaması 7.35 sn ve toplam geçiş süresi 375 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 52 sn ile 68. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.111'de 26.07.2014 tarihine ait gelen yolcu salonunda bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.111. Bagaj alım yerinden çıkan yolcuların geçiş aralıkları (26.07.2014)

Bagajların konveyöre yüklenmesi ve teslime başlanması yolcuların salona girişinden itibaren 349. saniyede olmuştur. Bagaj alım yerinden çıkan 73 yolcunun geçiş aralıkları ortalaması 7.64 sn ve toplam geçiş süresi 420 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 43 sn ile 67. yolcuda görülmüştür.

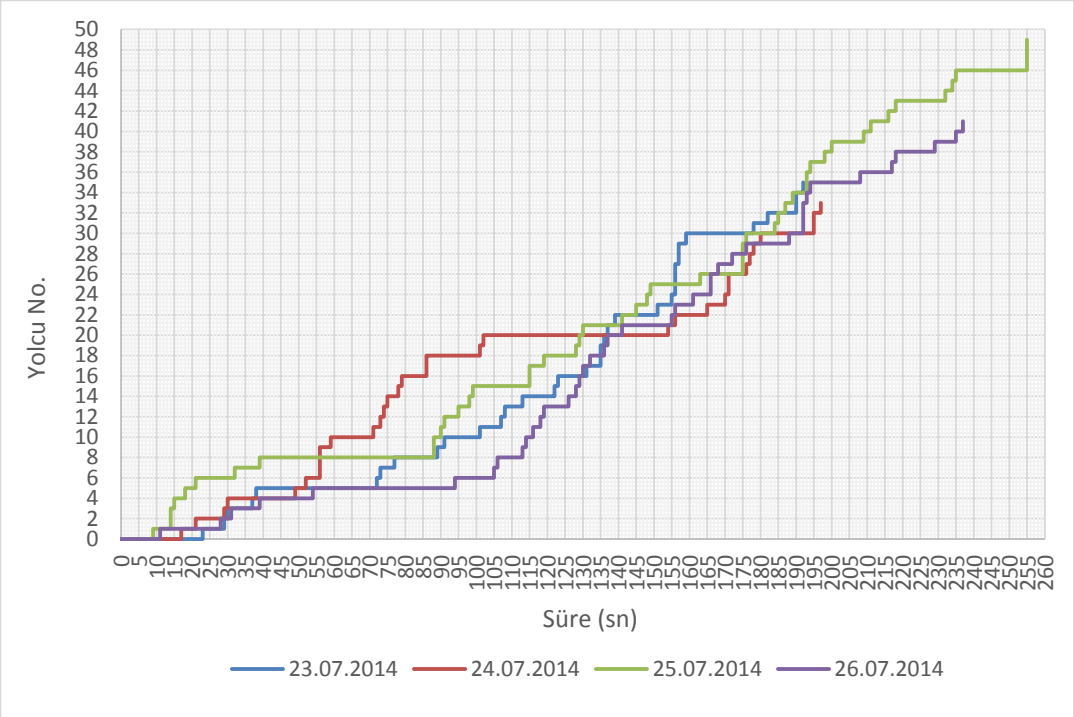
Çizelge 4.24'te 4 ayrı uçuş için gelen yolcu salonunda bagaj alım yerinden çıkan yolcuların, geçiş aralıkları ve yolcu/süre oranı belirtilmiştir.

Çizelge 4.24. Gelen yolcu salonu, bagajlı yolcu geçiş aralıkları ve yolcu/süre oranı

Tarih/ Uçuş No.	**Yolcu Sayısı**	**Toplam Süre (sn)**	**Geçiş Aralıkları Ort. (sn)**	**Yolcu/Süre (sn) oranı**
23.07.2014/ 1	23	128	5.95	0.179
24.07.2014/ 2	50	260	7.97	0.192
25.07.2014/ 3	68	375	7.35	0.181
26.07.2014/ 4	73	420	7.64	0.173
Toplam/Ortalama	214/53.5	1183/295.8	28.91/ 7.23	0.725/ 0.181

Çizelge 4.24'te belirtilen değerler bagajlı yolcular için tespit edilmiştir. Yolcu yoğunluğunun en fazla 0.192 kişi/sn ve en uzun geçiş aralığı ortalaması 9.97 sn ile 2. uçuşta olduğu görülmektedir.

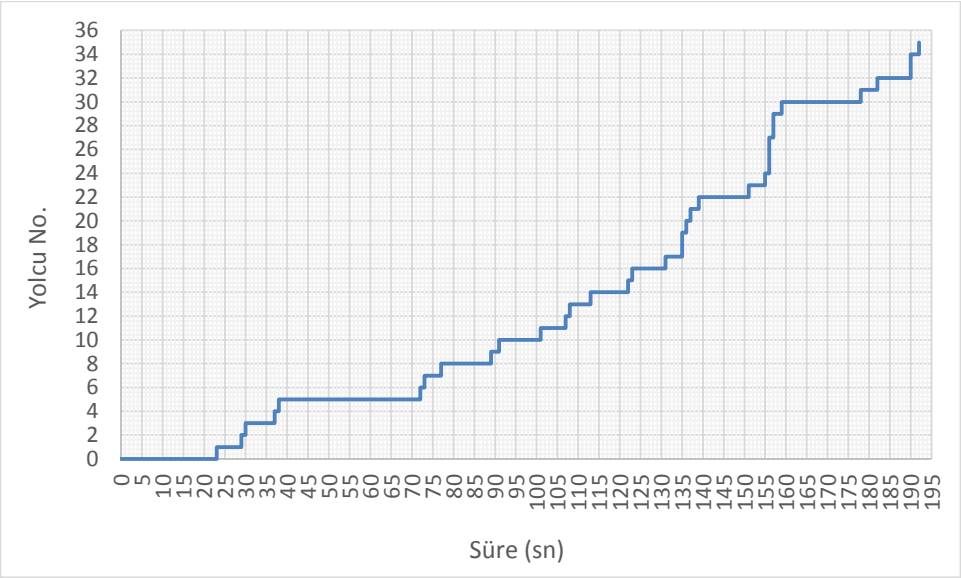
Gelen yolcu salonundan transit geçen sadece el bagajlı yolcuların geçiş aralıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.112).



Şekil 4.112. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları birleşik grafiği

Şekil 4.112'de belirtilen 4 ayrı uçuta el bagajlı ve bagajsız yolcuların, bagajlı yolculardan ayrılması, farklı kameralarla bagaj alım bölümünde ve transit geçiş koridorunda eş zamanlı kayıt alınmasıdır. Böylelikle yolcu tipleri birbirinden ayrılmıştır. Grafiğe göre 140. sn'de 4 uçuş içinde birbirne en yakın yolcu sayısına ulaşılmıştır.

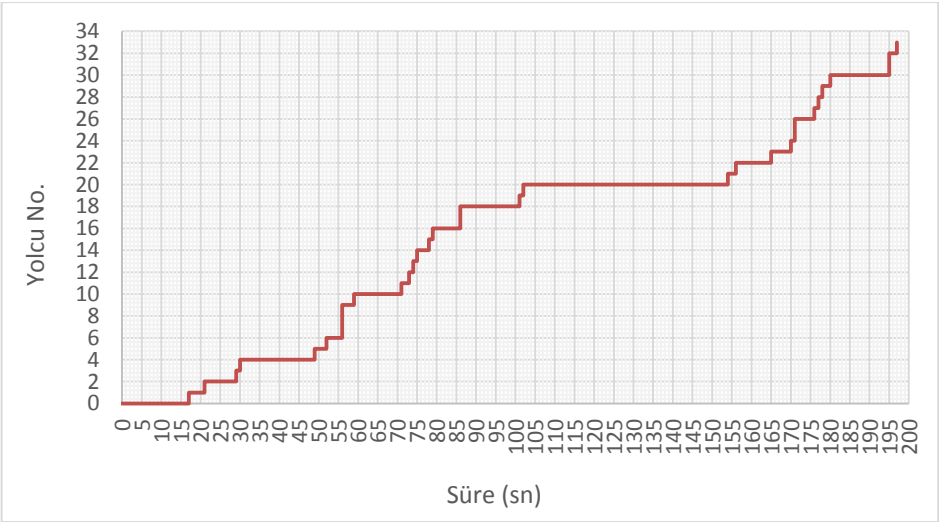
Şekil 4.113'te 23.07.2014 tarihine ait, gelen yolcu salonunda el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.113. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (23.07.2014)

Şekil 4.113'te gelen yolcu salonundan bagaj almadan sadece el bagajı ile veya bagajsız olarak geçen 35 yolcunun, ortalama geçiş aralıkları 5.83 sn olup, toplam geçiş süreleri 192 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 35 sn ile 6. yolcuda görülmüştür.

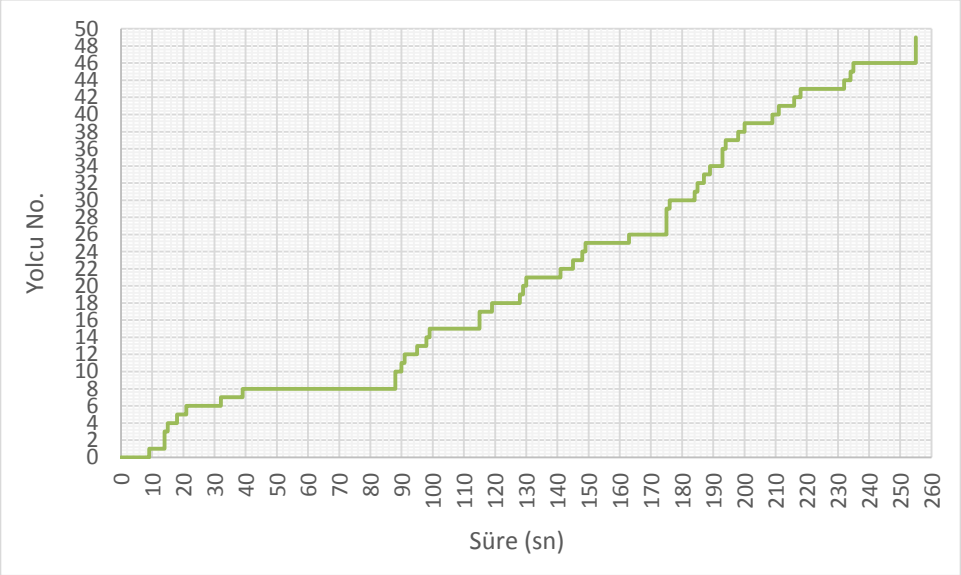
Şekil 4.114'te 24.07.2014 tarihine ait, gelen yolcu salonunda el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.114. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (24.07.2014)

Şekil 4.114'te gelen yolcu salonundan bagaj almadan sadece el bagajı ile veya bagajsız olarak geçen 33 yolcunun, ortalama geçiş aralıkları 6.67 sn olup, toplam geçiş süreleri 197 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 52 sn ile 21. yolcuda görülmüştür.

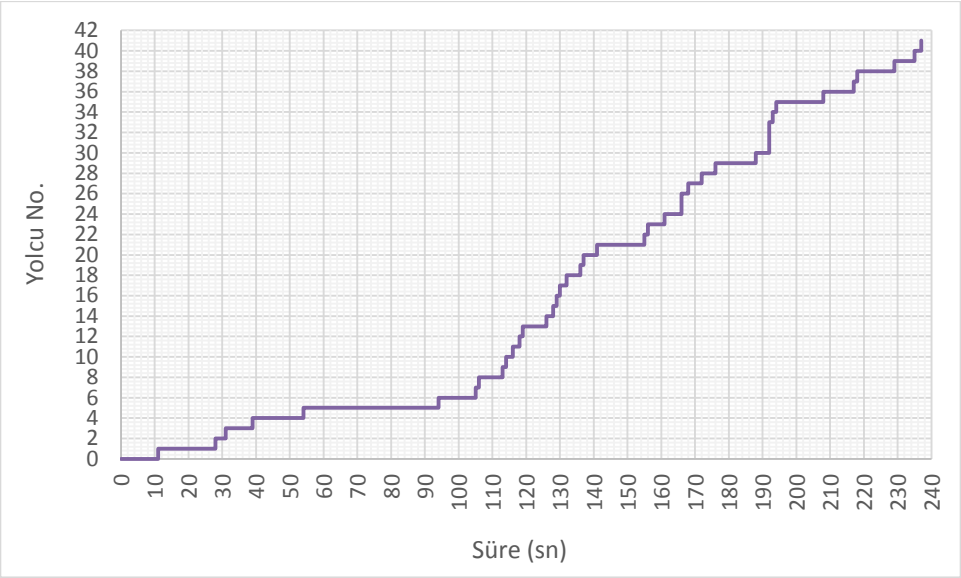
Şekil 4.115'te 25.07.2014 tarihine ait, gelen yolcu salonunda el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.115. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (25.07.2014)

Şekil 4.115'te gelen yolcu salonundan bagaj almadan sadece el bagajı ile veya bagajsız olarak geçen 49 yolcunun, ortalama geçiş aralıkları 6.15 sn olup, toplam geçiş süreleri 255 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 49 sn ile 10. yolcuda görülmüştür.

Şekil 4.116'da 26.07.2014 tarihine ait, gelen yolcu salonunda el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.116. Gelen yolcu salonundan geçen sadece el bagajlı veya bagajsız yolcuların geçiş aralıkları (26.07.2014)

Şekil 4.116'da gelen yolcu salonundan bagaj almadan sadece el bagajı ile veya bagajsız olarak geçen 41 yolcunun, ortalama geçiş aralıkları 5.46 sn olup, toplam geçiş süreleri 237 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun geçiş aralığı 40 sn ile 6. yolcuda görülmüştür.

Çizelge 4.25'te 4 ayrı uçuşta el bagajlı veya bagajsız olarak gelen yolcu salonundan geçen yolcuların geçiş aralıkları ortalamaları ve yolcu/süre oranı belirtilmiştir.

Çizelge 4.25. Gelen yolcu salonu, bagajsız yolcuların geçiş aralıkları ve yolcu/süre oranı

Tarih/ Uçuş No.	**Yolcu Sayısı**	**Toplam Süre (sn)**	**Geçiş Aralıkları Ort. (sn)**	**Yolcu/Süre (sn) oranı**
23.07.2014/ 1	35	192	5.83	0.182
24.07.2014/ 2	33	197	6.67	0.167
25.07.2014/ 3	49	255	6.15	0.192
26.07.2014/ 4	41	237	5.46	0.172
Toplam/Ortalama	158/ 39.5	881/220.3	24.11/ 6.03	0.713/ 0.178

Çizelge 4.25'te belirtilen değerler bagajsız yolcular için tespit edilmiştir. Yolcu yoğunluğu en fazla 0.192 kişi/sn ile 3. uçuşta olup, en uzun geçiş aralığı ortalaması ve en az yolcu yoğunluğu ise 2. uçuşta görülmektedir.

Süleyman Demirel Havalimanı terminali ve apronunda, giden yolcu salonunda; giriş denetimi, bilet kontrol bölümü, bekleme ve serbest dolaşım alanı, 2 nolu kapı arındırılmış salonunda ve gelen yolcu salonunda analizler yapılmıştır. Bu analizler neticesinde; yolcu sayıları, geçiş aralıkları, yolcu yoğunlukları, yolcu/süre ilişkileri, kuyruk uzunlukları, hareket aksları vb. gibi veriler elde edilmiştir. Bu ölçekteki havalimanı için elde edilen veriler, havalimanının mevcut durumunun değerlendirilmesine ve hizmet şartlarının iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Süleyman Demirel Havalimanı için yapılan; bekleme ve serbest dolaşım alanı, bilet kontrol bölmümü analizleri, daha büyük ölçekteki bir havalimanı olan Antalya Havalimanı üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3. Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali Analizi

Antalya Havalimanı'nda 23.08.2014 tarihi için 10:00 - 18:00 saatleri arasında çalışmalar yapılmıştır. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali; bilet kontrol, bekleme ve serbest dolaşım alanı olmak üzere 2 bölümde incelenmiştir. Yapılan incelemeler, 5 farklı uçuş firmasının İstanbul, Ankara, Adana ve Trabzon şehirlerine gerçekleştirilen 21 sefer üzerinde olmuştur. Antalya Havalimanı'nda 23.08.2014 tarihi için incelenen 21 seferin uçuş bilgileri için Çizelge 4.26 oluşturulmuştur. Çizelgedeki bilgiler havalimanı yer hizmetleri ve havayolu şirketleri ofislerinden alınmıştır.

Antalya Havalimanı iç hatlarda 23.08.2014 tarihinde, 12:00-18:00 saatleri arasındaki uçuş programı Çizelge 4.26'da gösterilmiştir. İstanbul'daki iki havalimanı da dâhil olmak üzere Adana, Ankara, Trabzon şehirlerine yapılan uçuşlar incelenmiştir. Söz konusu uçuşlar 5 firma tarafından gerçekleştirilmektedir. Uçuş programında uçuşların sefer sayıları, uçak tipleri ve giden yolcu sayıları belirtilmiştir. Uçuşlarda Boeing ve Airbus firmalarına ait 4 farklı tip uçak kullanılmıştır.

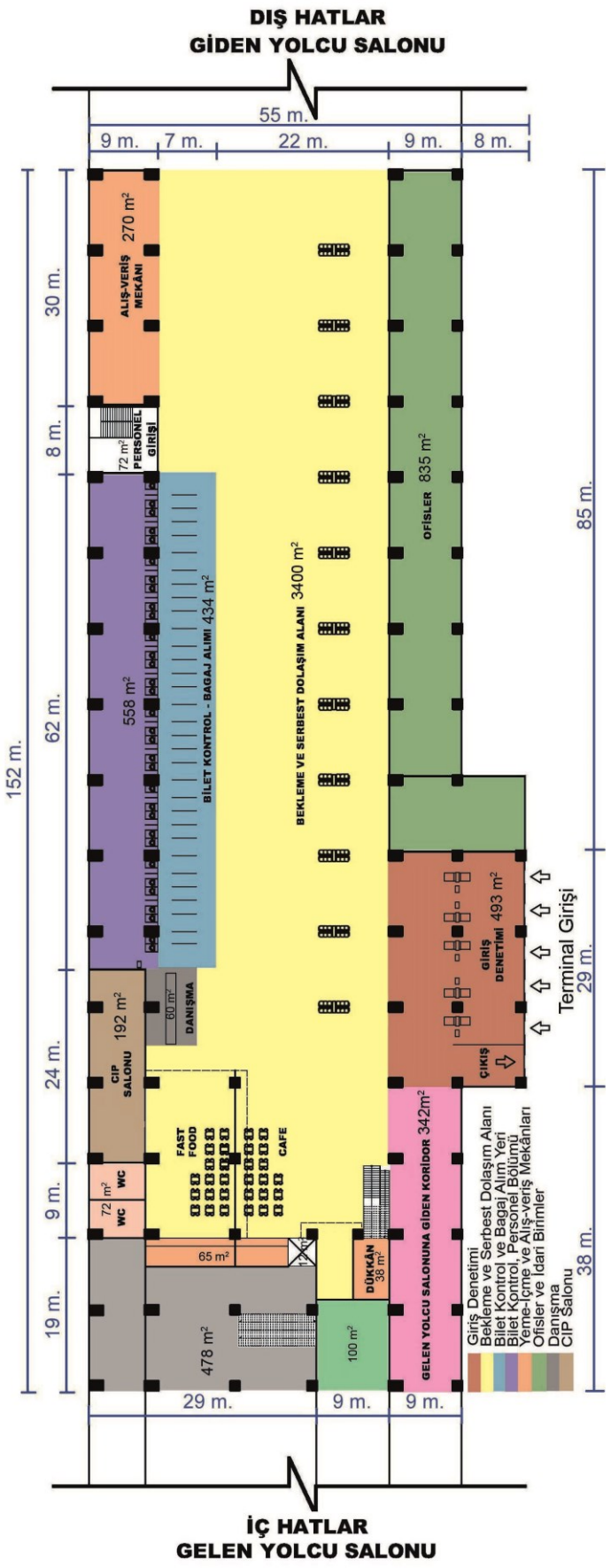
Antalya Havalimanı'nda yapılan incelemeler iç hatlar giden yolcu salonunda; bekleme ve serbest dolaşım alanı, bilet kontrol bölümlerinde eş zamanlı olarak yapılmıştır. Bilet kontrol bölümü için yapılan çalışmalar THY, Anadolu Jet ve Atlas Jet firmalarının uçuşları için gerçekleştirilmiştir. Bu durum, bilet kontrol bölümü içerisinde açıklanacaktır.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminalinde, yapılan incelemelerin yerlerinin anlaşılır şekilde izâhı için terminal bütünündeki birimleri ayrıntılı şekilde gösteren şemalar çizilmiştir. Bu şemalar üzerinde terminali oluşturan ana ve yardımcı birimler, çalışma yapılan alanlar, birimlerine göre renk temsili verilerek belirtilmiştir. Plan ölçüleri kesin olmamakla beraber gerçeğine yakındır.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali planı, ölçüleri ve alanları Şekil 4.117'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.26. Antalya Havalimanı inceleme zamanları ve uçuş programı

Uçuş No.	Havayolu Firması	Gideceği Yer	Kalkış Saati	Uçak Tipi	Koltuk Kapasitesi	Giden Yolcu Sayısı
PC/PGT 186	Pegasus	Trabzon	12:00	B738	189	185
TK/THY2413	THY	İstanbul Atatürk	12:20	A321	180	180
TK/THY 2923	THY	Sabiha Gökçen	12:30	B738	189	179
KK/KKK 2013	Atlasjet	Sabiha Gökçen	13:00	A320	168	168
KK/KKK 4013	Atlasjet	İstanbul Atatürk	13:00	A321	200	200
TK/THY2415	THY	İstanbul Atatürk	13:30	B738	189	189
8Q/QHY 221	Onur Air	İstanbul Atatürk	13:40	A320	180	180
PC/PGT 145	Pegasus	Sabiha Gökçen	13:50	B738	189	183
TK/THY 7027	THY (Anadolu Jet)	Ankara	14:00	B738	189	189
KK/KKK 4015	Atlasjet	İstanbul Atatürk	15:30	A319	134	134
TK/THY 2433	THY	İstanbul Atatürk	15:35	B737	149	147
TK/THY 7029	THY (Anadolu Jet)	Ankara	16:00	B737	149	146
PC/PGT 4145	Pegasus	Sabiha Gökçen	16:25	B738	189	189
TK/THY 2925	THY	Sabiha Gökçen	16:35	B737	149	145
TK/THY 2417	THY	İstanbul Atatürk	17:00	B737	149	149
PC/PGT 143	Pegasus	Sabiha Gökçen	17:20	B738	189	187
TK/THY 2933	THY	Sabiha Gökçen	17:30	B738	189	187
TK/THY 2419	THY	İstanbul Atatürk	17:35	B737	149	149
TK/THY 7031	THY (Anadolu Jet)	Ankara	17:35	B738	189	189
KK/KKK 015	Atlasjet	İstanbul Atatürk	17:45	A320	158	158
PC/PGT 2407	Pegasus	Adana	18:00	B738	189	182



Şekil 4.117. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali zemin kat planı

Şekil 4.117'de terminali teşkil eden birimler ve alanları belirtilmiştir. İç hatlar terminalinin boyutları 152 m x 55 m uzunluklarındadır. Tefrişli alanlar toplamı yaklaşık 7460 m^2'dir.

İç hatlar terminali girişi 5 ayrı kapıdan, çıkışı tek kapıdan gerçekleştirilmektedir. Giriş denetimi yaklaşık 493 m^2 alana sahiptir. Toplam 5 adet X-ray cihazı bunlunmaktadır. Yolcu yoğunluğuna göre sırasıyla devreye sokulmaktadırlar. X-ray kontrolü önünde sıraya girilebilecek yaklaşık 8 m'lik uzunluk bulunmaktadır. Özellikle pik saatlerde yolcuların oluşturduğu kuyrukların terminal dışına taştığı görülmektedir. Giriş denetimi güvenliği 3 vardiya şeklinde çalışan özel güvenlikler tarafından gerçekleştirilir. Güvenlik birimlerinin ve Emniyet teşkilatının ofisleri, terminal girişinin hemen sağında bulunmaktadır.

İç hatlar terminali giden yolcu salonunda, yaklaşık 3400 m^2 alanında bir bekleme ve serbest dolaşım alanı mevcuttur. Bu bölümde yolcuların oturmaları için 12'li gruplar hâlinde konulmuş 11 sırada toplam 132 adet koltuk bulunmaktadır. Yolcu sirkülasyonu hızlı gerçekleştiğinden yolcuların uzun sürelerde bekleme yapmadığından ötürü koltuk sayısı bu denli az bulunmaktadır. Öyle ki, yolcuların sirkülasyonunu daha rahat gerçekleştirebilmeleri için bekleme alanının büyük bir kısmında dolaşıma engel bir durum bulunmamaktadır. Bilgilendirme ekranları ve reklamların bulunduğu tabelalar yolcuların hareket aksları dışına yerleştirilmiştir (Şekil 4.118).



Şekil 4.118. Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonu

Şekil 4.117 ve Şekil 4.118'de görüldüğü gibi koltuklar ve tabelaların yerleşimi kolon hizalarına denk getirilerek, yolcuların hareket akslarına engel olmaları önlenmiştir. Bekleme ve serbest dolaşım alanı içerisinde yer alan yeme-içme, alış-veriş mekânlarının servis alanlarında yolcular için koltuklar bulunmaktadır.

Giden yolcu salonunda yolcuların standart ücretler dışında ödeme yaparak kullanabilecekleri yaklaşık 192 m^2 alanında bir CIP salonu bulunmaktadır. Yolcular burada diğer yolculardan ayrılmış bir bekleme alanı kullanabilmektedirler.

Bilet kontrol bölümünde yolcuların işlemlerini gerçekleştirebilmeleri için 6 farklı firmaya ait 32 adet kontuar bulunmaktadır. Yolcuların bilet ve bagaj işlemlerinin gerçekleştirilmesi için yaklaşık 558 m^2 alanında servis bölümü bulunmaktadır. Yolcuların sıralanabilecekleri doğrusal bariyerlerin bulunduğu yaklaşık 62 m. uzunluğunda ve 434 m^2 alan içerisinde yolcular, serbest dolaşım alanına müdahil olamdan yaklaşık 7 m. uzunluğunda sıralanabilmektedirler. Salonun elverdiği doğrusal azami kuyruk oluşum uzunluğu 29 m'dir. İç hatlar terminalinde arıdınırılmış salon bölümleri giden yolcu salonundan ayrı bir kısıma konumlandırıldığı için giden yolcu salonu içerisinde bilet kontrol kuyruğu haricinde bir sıra oluşmamaktadır.

Giden yolcu salonundan giriş yapan yolcuların ve aktarmalı seyahat eden yolcuların gelen yolcu salonu ile aralarında geçişi sağlamak amacıyla, terminal içinde iki salon arasında 38 m. uzunluğunda ve yaklaşık 342 m^2 alanında bir geçiş koridoru bulunmaktadır. Bu koridorda havalimanı hizmetleri ofisleri ve bankaların atm'leri bulunmaktadır.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonunda 23.08.2014 tarihinde 12:00 – 18:00 saatleri arasındaki uçuşlarda, Matlab altyapısında hazırlanmış program vasıtasıyla; bilet kontrol bölümünde her bir uçuş için ayrı ayrı yapılan çalışmada, sayım yapılabilen 15 uçuş için, toplamda 402 dakikalık/ 6.7 saatlik sayım süresi içerisinde 2518 yolcu sayılmış ve 99.64% doğruluk oranına ulaşılmıştır.

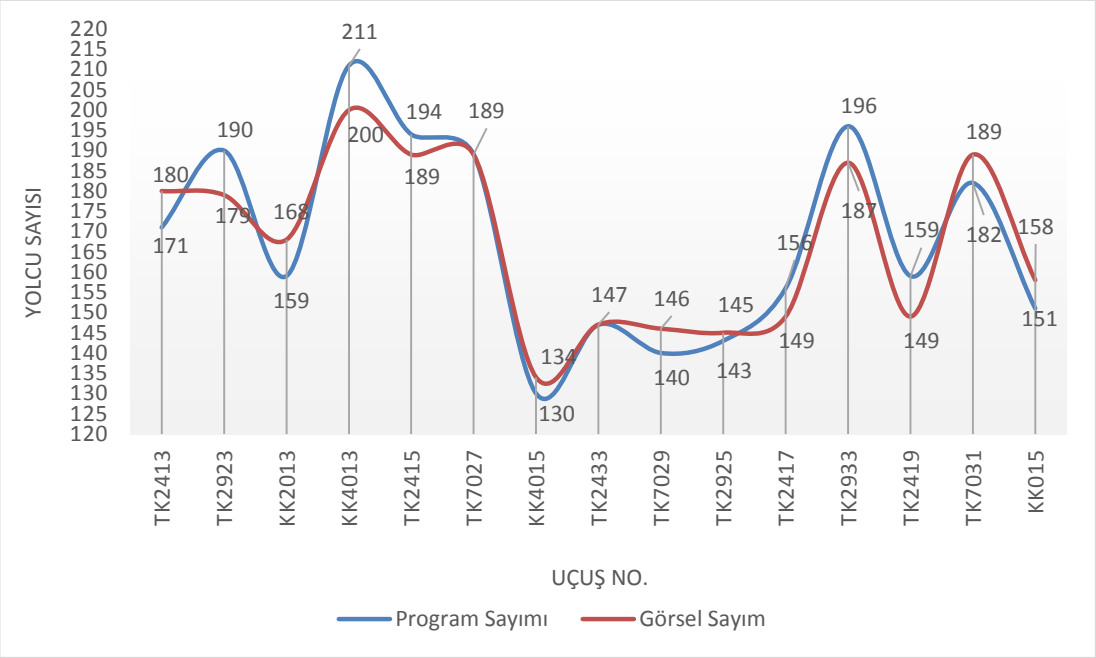
Çizelge 4.27'de bilet kontrol bölümü için çalışma yapılabilen 15 uçuş için sayım süreleri ve yolcu sayıları belirtilmiştir.

Çizelge 4.27. Bilet kontrol bölümünde sayılan yolcular ve toplam sayım süreleri

Uçuş No.	**Havayolu Firması**	**Gideceği Yer**	**Kalkış Saati**	**Sayılan Yolcu**	**Sayım Süresi (dk)**
TK/THY2413	THY	İstanbul Atatürk	12:20	171	20
TK/THY 2923	THY	Sabiha Gökçen	12:30	190	27
KK/KKK 2013	Atlasjet	Sabiha Gökçen	13:00	159	24
KK/KKK 4013	Atlasjet	İstanbul Atatürk	13:00	211	39
TK/THY2415	THY	İstanbul Atatürk	13:30	194	25
TK/THY 7027	THY (Anadolu Jet)	Ankara	14:00	189	25
KK/KKK 4015	Atlasjet	İstanbul Atatürk	15:30	130	20
TK/THY 2433	THY	İstanbul Atatürk	15:35	147	21
TK/THY 7029	THY (Anadolu Jet)	Ankara	16:00	140	22
TK/THY 2925	THY	Sabiha Gökçen	16:35	143	23
TK/THY 2417	THY	İstanbul Atatürk	17:00	156	29
TK/THY 2933	THY	Sabiha Gökçen	17:30	196	39
TK/THY 2419	THY	İstanbul Atatürk	17:35	159	28
TK/THY 7031	THY (Anadolu Jet)	Ankara	17:35	182	30
KK/KKK 015	Atlasjet	İstanbul Atatürk	17:45	151	30
TOPLAM				**2518**	**402**

Çizelge 4.27'de belirtilen uçuşlar, program ile sayımı mümkün olan uçuşlardır ve kalkış saatlerine göre sırasıyla ifade edilmiştir. Belirtilen süreler her uçuş için ayrı çalışma süresini ifade etmektedir. Sayılan yolcu sütunundaki değerler, program ile sayılarak elde edilmiş yolcu sayılarılarını belirtmektedir.

Çizelge 4.27'de belirtilen bilet kontrol bölümünde uçuş nolarına göre, program sayımı ve görsel sayımda elde edilen sonuçlar Şekil 4.119'daki grafikte gösterildiği gibidir.



Şekil 4.119. Uçuş nolarına göre bilet kontrol bölümündeki yolcuların program sayımı ile görsel sayımı

Bilet kontrol bölümünde; çalışma yapılan 15 uçuş için görsel sayım neticesinde toplamda 2509 yolcu, program sayımı ile toplamda 2518 yolcu geçiş yapmıştır. Buna göre görsel sayım ile program sayımı arasında 0.36%'lık bir hata oranı bulunmaktadır. Yolcuların hareketlerindeki kararlılık, gelişlerinin düzenli aralıklarda olması ve genellikle doğrusal bir aksta hareket ediyor olmaları sayesinde sistem yolcuları takipte kalmış ve sayımlardaki doğruluk oranı artış göstermiştir. Uçuşlara ayrı ayrı bakıldığında; TK7027 ve TK2433 nolu uçuşlarda program sayımı ile görsel sayımın sonuçlarının birbiri ile örtüştüğü, TK2923 ve KK4013 uçuşlarında ise hata oranlarının 6%'ları bulduğu görülmektedir.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonunda 23.08.2014 tarihinde 12:00 – 18:00 saatleri arasındaki uçuşlarda, Matlab altyapısında hazırlanmış program vasıtasıyla; bekleme ve serbest dolaşım alanında 21 uçuş için, toplamda 450 dakikalık/ 7.5 saatlik sayım süresi içerisinde 3461 yolcu sayılmış ve 94.93% doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Çizelge 4.28'de kalkış saatlerine göre düzenlenmiş zaman dilimleri içinde yer alan uçuşlara göre bekleme ve serbest dolaşım alanında hareket eden yolcuların, bagajlı ve bagajsız olma durumları için elde edilen sayım sonuçları ve yüzde dağılımları belirtilmiştir.

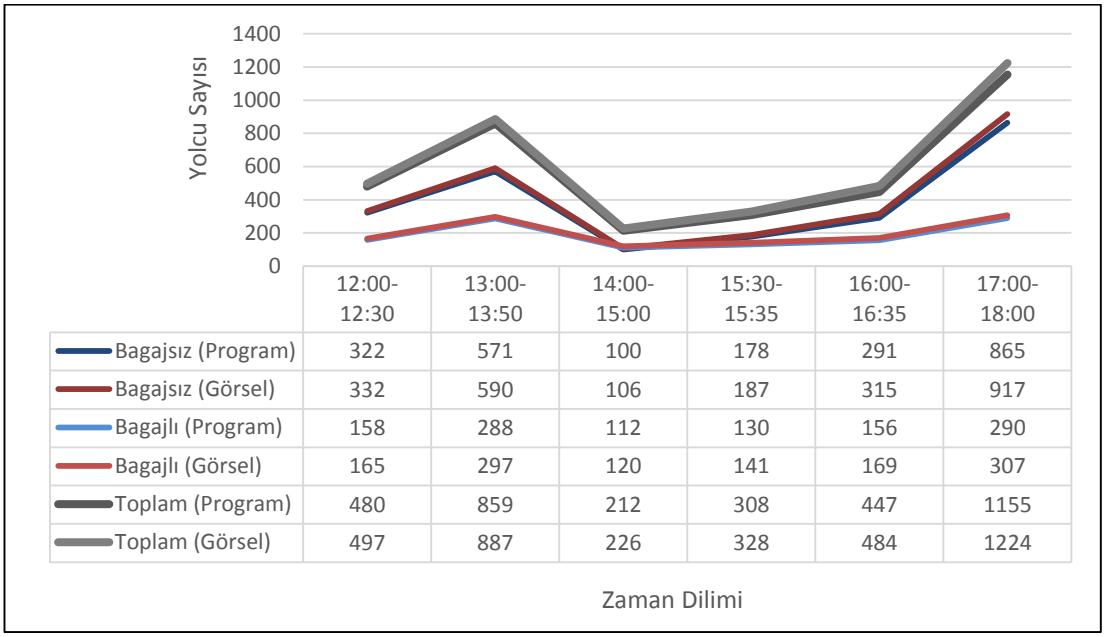
Çizelge 4.28. Bekleme ve sebest dolaşım alanındaki yolcu sayımları ve süreleri

Uçuşlar	**Kalkış Saati**	**Sayım Süresi (dk)**	**Sayılan Yolcu**	**Bagajsız veya El Bagajlı Yolcu**	**Bagajlı Yolcu**
PC186 TK2413 TK2923	12:00 12:20 12:30	75	480	322 (67%)	158 (33%)
KK2013 KK4013 TK2415 8Q221 PC145	13:00 13:00 13:30 13:40 13:50	75	859	571 (67%)	288 (33%)
TK7027	14:00	75	212	100 (47%)	112 (53%)
KK4015 TK2433	15:30 15:35	75	308	178 (58%)	130 (42%)
TK7029 PC4145 TK2925	16:00 16:25 16:35	75	447	291 (65%)	156 (35%)
TK2417 PC143 TK2933 TK2419 TK7031 KK015 PC2407	17:00 17:20 17:30 17:35 17:35 17:45 18:00	75	1155	865 (75%)	290 (25%)
21 uçuş		**450**	**3461**	**2327 (67%)**	**1134 (33%)**

Çizelge 4.28'de belirtilen zaman dilimleri içerisinde kalan uçuşlarda elde edilen verilere göre yolcuların 67%'si bagajsız veya el bagajlı, 33%'ü ise bagajlıdır. En fazla uçuşun yer aldığı son zaman dilimi olan 17:00-18:00 saatleri aralığında gerçekleşen 7 uçuş'ta 75%'e 25% ile en yüksek bagajsız – en düşük bagajlı yolcu

oranına ulaşılmıştır. En az uçuşun yer aldığı 3. saat aralığında tek uçuş için 47%'e 53% ile en düşük bagajsız yolcu –en yüksek bagajlı yolcu oranına ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre uçuş sayısının fazla olduğu zaman dilimlerinde yolcuların valiz taşıma oranı düşmektedir denilebilmektedir.

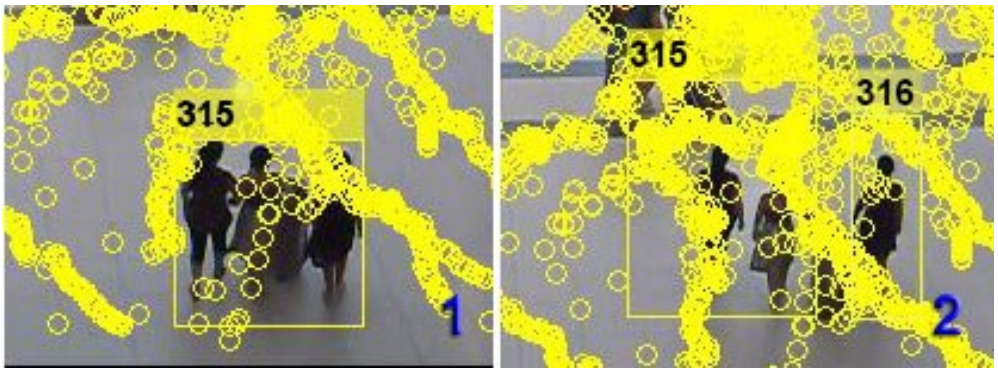
Şekil 4.120'deki grafikte; bekleme ve serbest dolaşım alanında, bagajlı ve bagajsız yolcular için program sayım ile görsel sayım arasındaki farklar gösterilmiştir.



	12:00-12:30	13:00-13:50	14:00-15:00	15:30-15:35	16:00-16:35	17:00-18:00
Bagajsız (Program)	322	571	100	178	291	865
Bagajsız (Görsel)	332	590	106	187	315	917
Bagajlı (Program)	158	288	112	130	156	290
Bagajlı (Görsel)	165	297	120	141	169	307
Toplam (Program)	480	859	212	308	447	1155
Toplam (Görsel)	497	887	226	328	484	1224

Şekil 4.120. Zaman dilimlerine göre bekleme alanındaki yolcuların program sayımı ile görsel sayımı

Şekil 4.120'de gösterilen grafiğe göre bekleme alanında görsel sayım sonucu sayılan 3646 yolcunun, program vasıtasıyla 3461 yolcu olarak sayıldığı anlaşılmaktadır. Programın en çok hata yaptığı zaman dilimi, en çok uçuşun bulunduğu 17:00-18:00 saat aralığıdır. Burada program 1224 yolcuyu 1155 yolcu olarak saymıştır. 69 yolculuk bu fark, yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareketlerinin birbirlerine çok yakın olması sonucu oluşmuştur. Yolcular yakınlarıyla beraber hareket ederken aralarındaki mesafe çok yakın olmaktadır ve hareket sırasında aralarındaki mesafe 40-60 cm'e ulaşmadıkça yolcular arkaplan üzerinde hâlâ ayrı görülmediklerinden ötürü beraberce tek yolcu gibi sayılabilmektedir (Şekil 4.121).



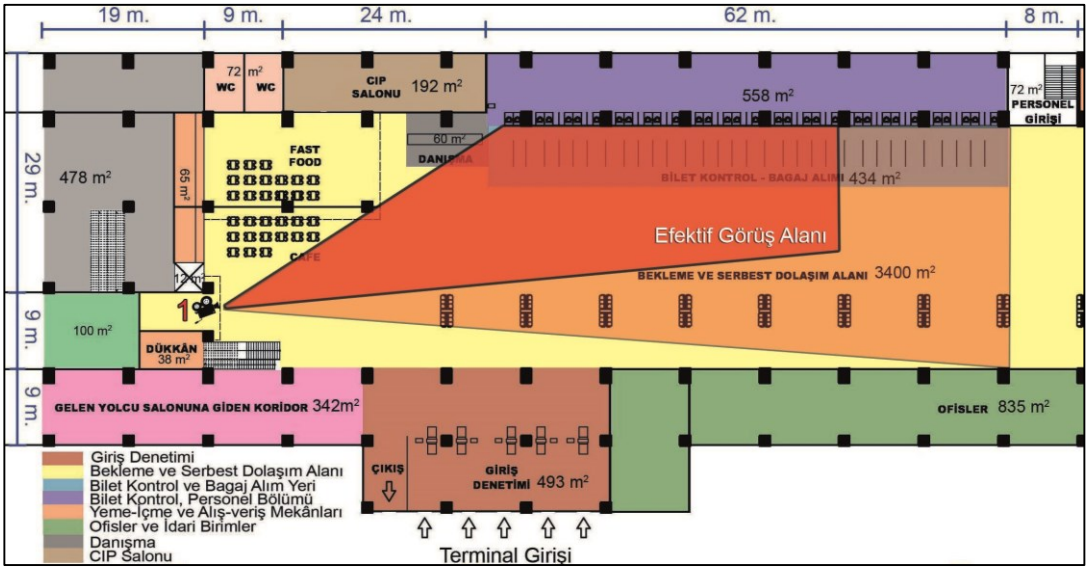
Şekil 4.121. Birbirlerine yakın hâlde hareket eden yolcuların sayımı

Yolcuların temas hâlindeki hareketleri neticesinde Şekil 4.121'in 1. kısmındaki gibi yolcu grupları tek yolcu olarak sayılabilmektedir. Yolcular şeklin 2. kısmındaki gibi hareketlerinin devamında temas hâlinden çıkarlarsa sayıma dâhil olabilmektedir. Bu gibi durumların varlığı, sayımların görsel sonuçlara göre daha az çıkmasına neden olmaktadır.

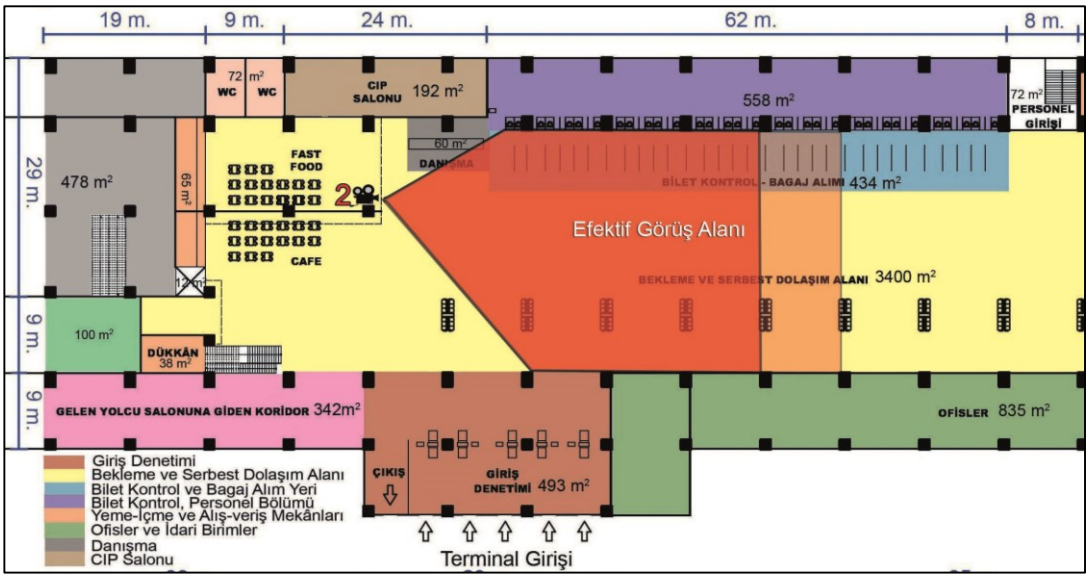
Bagajlı, bagajsız veya el bagajlı yolcular, görsel olarak birbirinden ayırt edilmiştir. Programın, yolcuların bagaj taşıma durumlarını tayin etme becerisi bulunmamaktadır. Şekil 4.121'deki sarı daireleden oluşan çizgiler, yolcuların hareket yörüngelerini göstermektedir. Programın sonuç ekranında yolcuların hareketlerini takip eden yörünge halkaları oluşmakta ve takip sonlanıncaya kadar devamlılığını sürdürmektedir. Dairelerin sıklık durumu yolcuların hareket hızlarını göstermektedir. Yolcuların hareket hızları ne kadar fazla ise daireler arası boşluk, o kadar fazla olmaktadır. Hareketlerin yavaş olması dairelerin üstüste binerek yörüngeyi oluşturmasını sağlar. Ayrıca serbest dolaşım alanında yolcuların, birbirlerinin hareket yörüngelerini takip etmesi sonucu yörünge izleri defalarca aynı hat üzerinden geçebilmektedir.

Serbest dolaşım alanında yolcuların birbirleriyle temas etmeden hareket edebilmeleri için, salondaki yolcu yoğunluğunun az olması gerekmektedir. Tek uçuşun bulunduğu 14:00-15:00 saatleri aralığında salon içinde bulunan 226 yolcu 212 olarak sayılmış ve 93.8% doğruluk oranına ulaşılmıştır. Hatalı yolcu sayısı dikkate alındığında, 14 yolcu ile en az hatalı yolcu sayımı bu zaman diliminde gerçekleşmiştir.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminalinde; bilet kontrol bölümü, bekleme ve serbest dolaşım alanı için analizler yapılmıştır. Çekim açılarının giriş denetimi için elverişsiz olmasından ötürü bu bölümünde analizler gerçekleştirilememiştir. Giriş denetimi bölümünün tavan yüksekliğinin, bekleme ve bilet kontrol bölümüne göre alçak olması nedeniyle bu bölümde geniş açılı çekimler yapılamadığından analizine yer verilmemiştir. Bilet kontrol bölümü, bekleme ve serbest dolaşım alanlarının geniş açılı çekim yapılmaya müsait olmaları sebebiyle bu iki bölüm için analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.122, Şekil 4.123).



Şekil 4.122. Giden yolcu salonu 1 nolu çekim açısı



Şekil 4.123. Giden yolcu salonu 2 nolu çekim açısı

Şekil 4.122'de izdüşümü gösterilen şemada 1 nolu çekim açısı ile belirtilen yer giden yolcu salonunda bulunan yürüyen merdiven ile asansör arasındaki teras üzerindedir. Şemada gösterilen alanlar kameranın kadrajı içerisinde kalan tüm alanı ve bu alan içerisinde kalan verimli alanı (efektif alan) göstermektedir. 1 nolu çekim açısında kadraja uçuş panosunun girmesinden ötürü çekim alanında kör bölgeler oluşmuştur. Şekil 4.123'te izdüşümü gösterilen 2 nolu çekim açısı ise iç hatlar terminalinin ikinci katında arındırılmış salonlarının giriş denetiminin bariyerlerinin bulunduğu zemin kat fast food bölümünün izdüşümündeki teras üzerindedir. 2 nolu çekim açısı, 1 nolu çekim açısına göre yüksek bir kotta olduğundan, görüş alanı daha geniştir. 2 nolu çekim açısında ise terminalin çatısını taşıyan çelik kafesler, çekim yerine uzak kısımlar için görüşe engel teşkil etmektedir. Her iki çekim açısında da perspektife uzak düşen bölgelerde yolcuların faaliyetlerinin anlaşılmasındaki görüş kabiliyetinin azalması, bakış açısının daralmasından ötürü görüntülerin yani yolcuların birbirine karışması gibi durumların olmasından ötürü bu bölgelerde yapılan çalışmalar sağlıklı sonuçlar vermediğinden görüşün net sağlandığı bölgeler içinde kalan birimler üzerindeki yolcu faaliyetleri incelenmiştir.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonunda bilet kontrol bölümünde, 3 havayolu firmasına ait 15 uçuş üzerinde çalışmalar yapılabilmiş, 12:00- 18:00 saatleri arasında bu uçuşlarda gerçekleşen yolcu faaliyetleri incelenmiştir. Bilet kontrol bölümünde 15 uçuş için ayrı ayrı gerçekleştirilen toplam 402 dakikalık çalışma süresinde 2518 yolcu 0.36% hata oranı ile sayılmıştır.

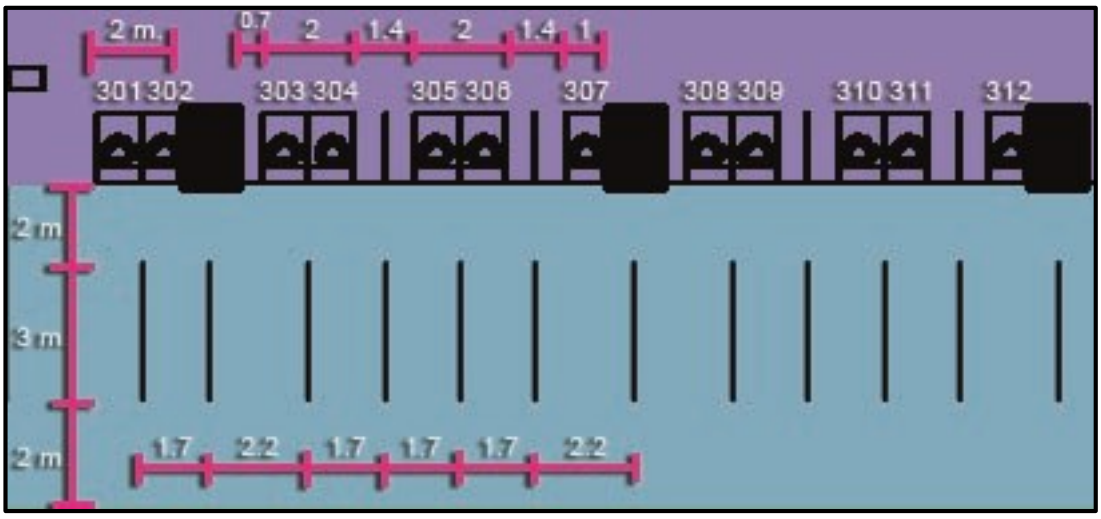
4.3.1. Bilet kontrol bölümü analizi

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonu bilet kontrol – bagaj alım bölümü, giriş denetimi bölümünün karşısında yer almaktadır. Bu bölüm, yolcuların ve personellerin kullandığı kısımlar olarak iki parçaya ayrılır. Yolcuların check-in ve bagaj işlemlerini gerçekleştirdiği bu bölüm yaklaşık 434 m^2'dir. Personelin yolcu ve bagaj işlemlerini yaptıkları ikinci bölüm ise yaklaşık 558 m^2'dir. 62 m uzunluğundaki bu bölüm 301-332 arasında numaralandırılmış

32 adet kontuardan oluşmaktadır. 6 havayolu firmasının yer aldığı bu bölümde; 301-306 arası kontuarlar THY firmasına, 307-308 arası kontuarlar Anadolu Jet, 315-317 Sunexpress, 318-322 arası kontuarlar Atlas Jet, 323-326 arası kontuarlar Onur Air, 327-332 arası kontuarlar Pegasus Havayolları firmaları tarafından kullanılmaktadır. Anadolu Jet ve Sunexpress firmaları, THY firmasının kuruluşları olduğundan 308-317 arasındaki kontuarlarda hizmetler verebilmektedirler.

Antalya Havalimanı'nda uçuşlara göre check-in işlemlerinin başlama zamanı firmaların belirlediği bir prosedürdür. THY firması tüm uçuşlar için sürekli olarak check-in hizmeti vermektedir. Diğer firmalar genellikle uçuştan 1.5-2 saat önce check-in hizmetlerini başlatıp, uçuşa 30-45 dakika kala sonlandırmaktadır. Buna rağmen yolcuların büyük çoğunluğu uçuşa 1 saat kala check-in işlemlerini yaptırmaktadır.

Yolcuların bilet kontrol bölümünde sıralanabilmeleri için düzenlenmiş bariyerler mevcuttur. Bu bariyerler, bitişik ve birbirine yakın kontuarlar arası yolcu düzenini sağlamaktadır (Şekil 4.124).



Şekil 4.124. Bilet kontrol bölümü düzeni ve ölçüleri

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonunda 23.08.2014 tarihinde bilet kontrol bölümü için 12:00-18:00 saatleri arasında çalışma yapılan

15 uçuş arasından en uzun kuyruk oluşumu gözlenen sıra Şekil 4.125'te gösterilmiş ve bilgileri Çizelge 4.29'da belirtilmiştir.



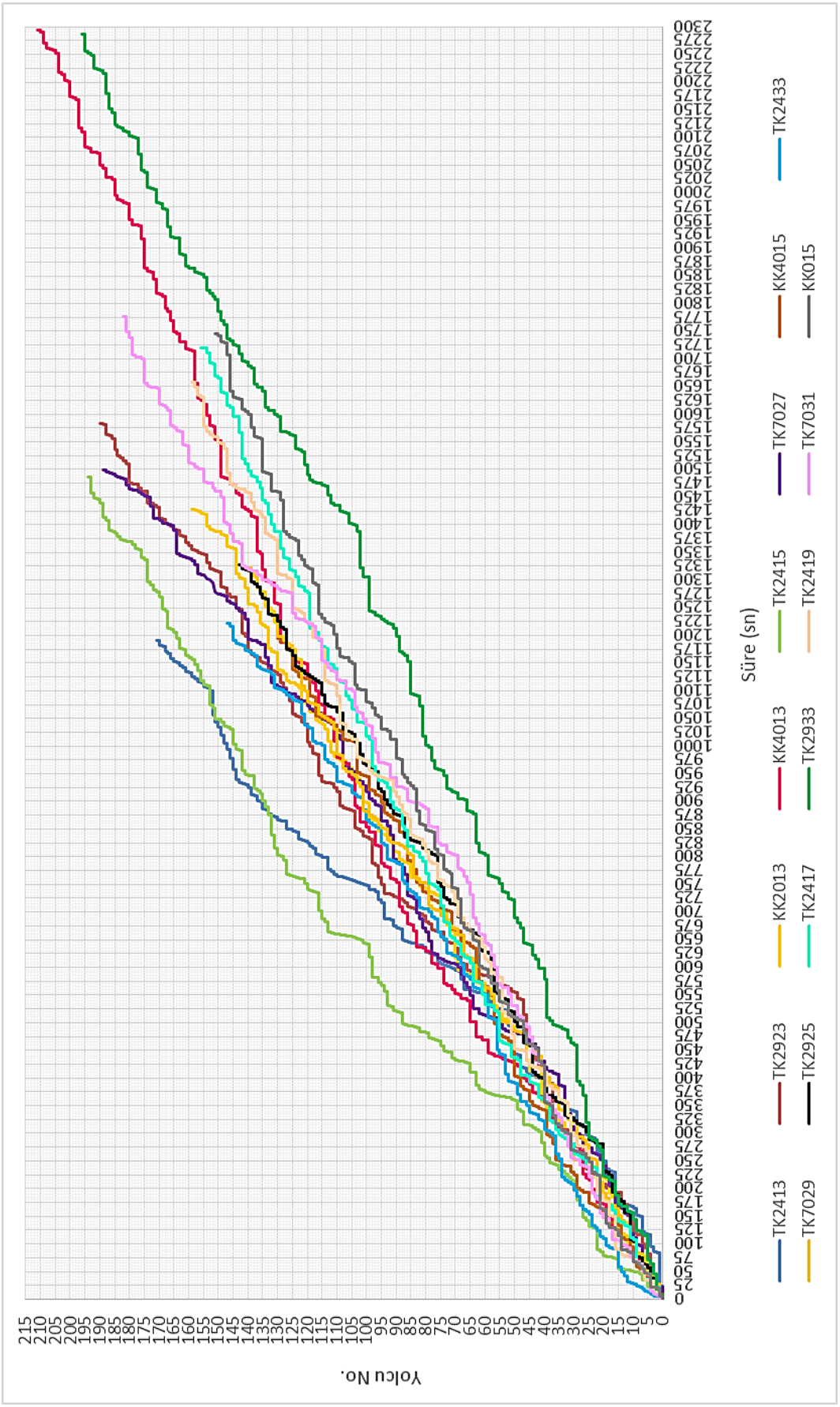
Şekil 4.125. Bilet kontrol bölümü en uzun kuyruk oluşumu (23.08.2014)

Çizelge 4.29. Bilet kontrol bölümü en uzun kuyruk oluşumu (23.08.2014)

Uçuş No.	**Gideceği Yer**	**Kontuar**	**Kalkış Saati**	**Kuyruktaki Yolcu Sayısı**	**Kuyruk Uzunluğu (m)**
TK2413	İstanbul Atatürk	303	12:20	22	13

Şekil 4.124'te belirtilen bilet kontrol bölümünde oluşan yolcu kuyruk uzunluğunun 7m'yi aşması durumunda kuyruğun, diğer yolcuların serbest dolaşım bölgesine dâhil olduğu Şekil 4.125'te görülmektedir.

Şekil 4.122 ve Şekil 4.123'te gösterilen şemalarda efektif görüş alanı içinde kalan kontuarlar için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları tespit edilmiştir. Çizelge 4.27'de belirtilmiş olan bu 15 uçuş için alınan video kayıtlarının program tarafından toplam 402 dakikalık analizleri neticesinde 2518 yolcu sayılmış ve bu yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.126). "y" ekseniyle belirtilen yolcu no. ifadesi; yolcu başına verilen numaraları göstermektedir. "x" ekseniyle belirtilen düzlem, toplam sayım süresini saniye cinsinden belirli aralıklarla göstermektedir ve "x" ekseni boyunca uzanan çizgiler iki yolcu arasındaki geçiş aralığını ifade etmektedir.



Şekil 4.126. Yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları, birleşik grafik

Şekil 4.126'da gösterilen birleşik grafikte 15 uçuşta toplam 2518 yolcu geçiş yapmıştır. Yolcu no/süre ilişkisine bakıldığında ilk 5 dakikalık periyotta tüm uçuşlar için benzer bir artış görülmektedir. 5. dakikanın sonrasında TK2413, TK2415 ve TK2933 uçuşlarının diğerlerinden farklı bir grafik çizdiği görülmektedir. Çizelge 4.30'da 15 uçuş için yolcu/süre ilişkisine bakılarak bilet kontrol bölümüne saniyede geliş yapan yolcu sayısı ve uçuşlara göre ortalama geliş aralıkları belirtilmiştir.

Çizelge 4.30. Bilet kontrol bölümü yolcu geliş aralıkları ve yolcu/süre (sn) oranı

Uçuş No.	**Kalkış Saati**	**Yolcu Sayısı**	**Toplam Süre (sn)**	**Geliş Aralıkları Ort. (sn)**	**Yolcu / Süre (sn) Oranı**
TK2413	12:20	171	1191	6.96	0.144
TK2923	12:30	190	1583	8.33	0.120
KK2013	13:00	159	1427	8.97	0.111
KK4013	13:00	211	2294	10.87	0.092
TK2415	13:30	194	1486	7.66	0.130
TK7027	14:00	189	1499	7.97	0.126
KK4015	15:30	130	1194	9.18	0.109
TK2433	15:35	147	1221	8.31	0.120
TK7029	16:00	140	1323	9.45	0.106
TK2925	16:35	143	1328	9.29	0.108
TK2417	17:00	156	1720	11.03	0.091
TK2933	17:30	196	2287	11.67	0.086
TK2419	17:35	159	1657	10.42	0.096
TK7031	17:35	182	1777	9.76	0.102
KK015	17:45	151	1746	11.56	0.086
Toplam/Ortalama		2518/167.9	237337/1582.2	141.43/9.43	1.63/0.108

Çizelge 4.30'da ifade edilen geliş aralıkları, yolcuların ardışık gelişleri arasındaki sürelerin ortalamasıdır. Yolcu/süre oranı olarak belirtilen sütundaki değerler, saniyede gelen yolcu sayısını göstermektedir. Çizelge 4.30'a göre uçuşlarda ortalama 168 yolcu bulunmaktadır. Yolcuların geliş süreleri ortalama 27

dakikadır. Ardışık geliş yapan yolcular ortalama 9.43 saniye aralıklarla gelmiştir ve saniyede 0.108 yolcu geliş yapmaktadır. Saat 17:00'den önceki uçuşların geliş aralıkları ortalaması 8.7 saniye iken 17:00'den sonraki uçuşlarda geliş aralıkları ortalaması 10.89 sn'dir. Bu durum saat 17:00-18:00 zaman aralığında toplam 5 uçuşun olmasından kaynaklanmaktadır. Bu saat diliminde salon içindeki yolcu yoğunluğun fazla olması nedeniyle yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları saat 17:00'den önceki zaman aralığına göre 2.19 saniye gecikmiştir. En fazla yolcu sayısı 211 yolcu ile KK4013 nolu uçuşta görülmesine rağmen en büyük geliş aralığı değeri 11.67 sn ile TK2933 nolu uçuşta görülmüştür. TK2933 nolu uçuş saat 17:00'den sonraki uçuş grubu içerisindedir. KK4013 nolu uçuşta yolcular giriş denetiminde ve salon içerisinde daha az yolcu yoğunluğu ile karşılaştıklarından geliş aralıkları ortalama 10.87 sn olmuştur. Yolcu/süre oranına bakıldığında yolcuların en hızlı şekilde geliş yaptıkları uçuş, saniyede 0.144 yolcu ile TK2413 nolu ilk uçuş olmuş ve bu durum, diğer uçuşlar arasında en uzun kuyruğa sahip olmasını açıklamaktadır. Yine saat 17:00-18:00 aralığındaki TK2933 ve KK015 uçuşları farklı yolcu ve süre değerlerinde olmalarına rağmen, saniyede 0.086 yolcu ile en yavaş yolcu gelişlerine sahiplerdir. Bu durum; Şekil 4.126'ya bakıldığında TK2413'ün diğer uçuşların grafiğine göre yukarıda, TK2933 ve KK015'in ise aşağıda yer aldığı şeklinde görülmektedir.

Uçuşlar arasındaki toplam yolcu sayısının farklı olmasından dolayı uçuşlar arasında bir ilişki kurulabilmesi için, aralarında en az yolcu sayısına sahip olan KK4015 uçuşunun son yolcu sayısı olan 130 yolcu sabit baz alınarak, tüm uçuşlar için yolcu/süre ilişkisine göre, bilet kontrol bölümüne saniyede geliş yapan yolcu sayısı ve uçuşlara göre ortalama geçiş aralıkları tekrardan belirtilerek Çizelge 4.31 oluşturulmuştur.

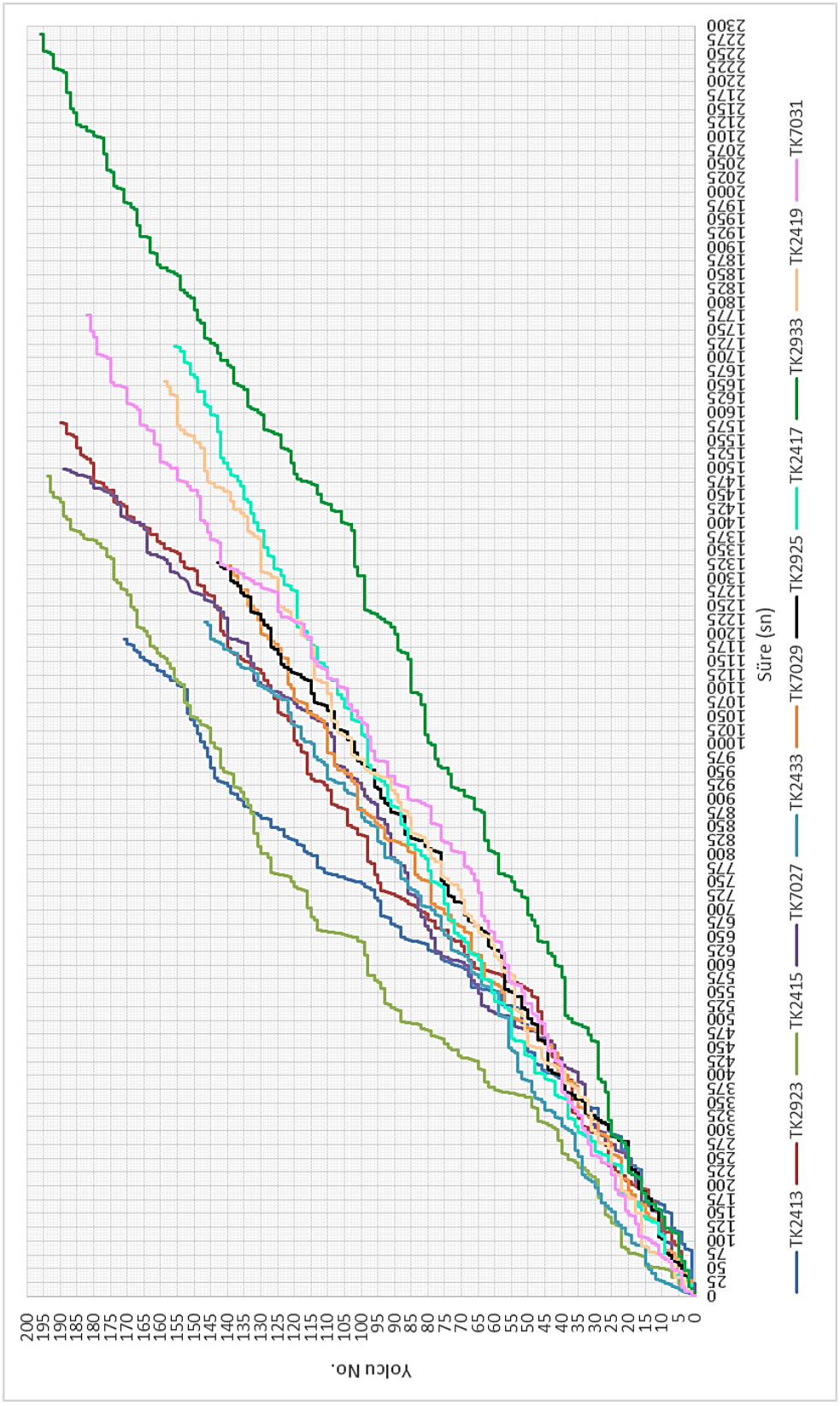
Çizelge 4.31. KK4015 uçuşu yolcu sayısı baz alınarak oluşturulmuş, yolcu geliş aralıkları ve yolcu/süre oranı

Uçuş No.	Kalkış Saati	Yolcu Sayısı	130 nolu yolcu için Süre (sn)	Geliş Aralıkları Ort. (sn)	Yolcu – Süre (sn) Oranı
TK2413	12:20	130	866	6.66	0.150
TK2923	12:30	130	1129	8.68	0.115
KK2013	13:00	130	1138	8.75	0.114
KK4013	13:00	130	1256	9.66	0.104
TK2415	13:30	130	802	6.17	0.162
TK7027	14:00	130	1107	8.52	0.117
KK4015	15:30	130	1194	9.18	0.109
TK2433	15:35	130	1104	8.49	0.118
TK7029	16:00	130	1199	9.22	0.108
TK2925	16:35	130	1225	9.42	0.106
TK2417	17:00	130	1387	10.67	0.093
TK2933	17:30	130	1596	12.28	0.081
TK2419	17:35	130	1312	10.09	0.099
TK7031	17:35	130	1284	9.88	0.101
KK015	17:45	130	1458	11.22	0.089

Çizelge 4.31'de görüldüğü gibi sabit yolcu sayısı baz alındığında geliş aralıkları ortalaması azaldıkça saniyede geçen yolcu sayısı artmaktadır. Çizelge 4.30'da belirtilen genel tabloda ortaya çıkan TK2413 nolu uçuşun aksine, sabit yolcu sayısına göre tüm uçuşlar arasından TK2415 nolu uçuş, 6.66 saniye ile en az geliş aralığı ortalamasına ve 0.162 ile en fazla yolcu/süre oranına sahiptir. TK2933 nolu uçuş ise 12.28 saniye ile en fazla geliş aralığı ortalamasına ve 0.081 ile en az yolcu/süre oranına sahiptir.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminalinde hizmet veren firmaların check-in prosedürlerinin farklı olması dolayısıyla, çalışma yapılan 15 uçuştaki farklı iki firma olan THY (Anadolu Jet dâhil) ve Atlas Jet firmalarının bilet kontrol yolcu geliş aralıkları kendi içlerinde değerlendirilmiştir.

THY ve Anadolu Jet firmalarına ait uçuşların birleşik grafiği Şekil 4.127'de gösterilmiştir.

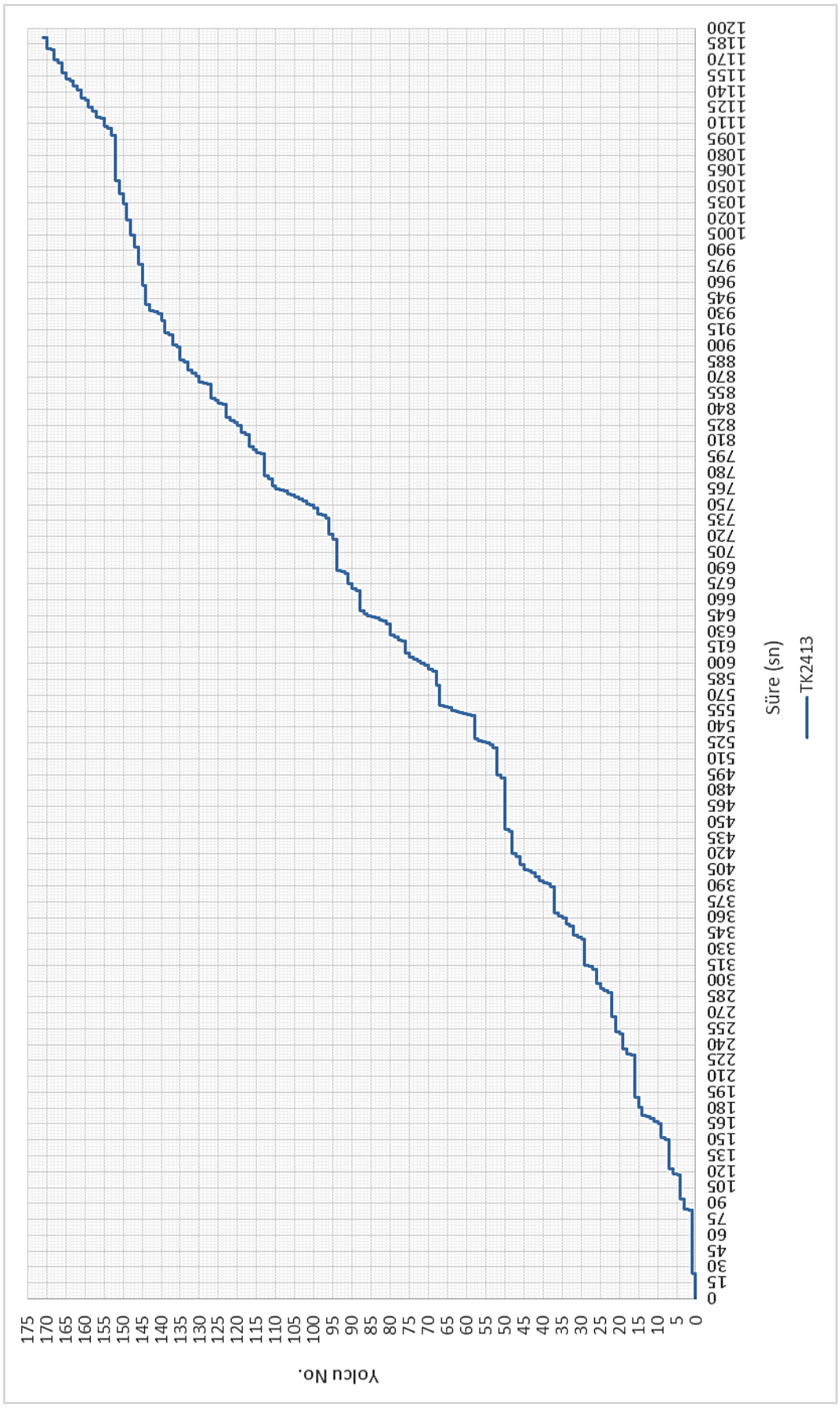


Şekil 4.127. THY ve Anadolu Jet firmalarına ait uçuşların yolcu geliş grafikleri

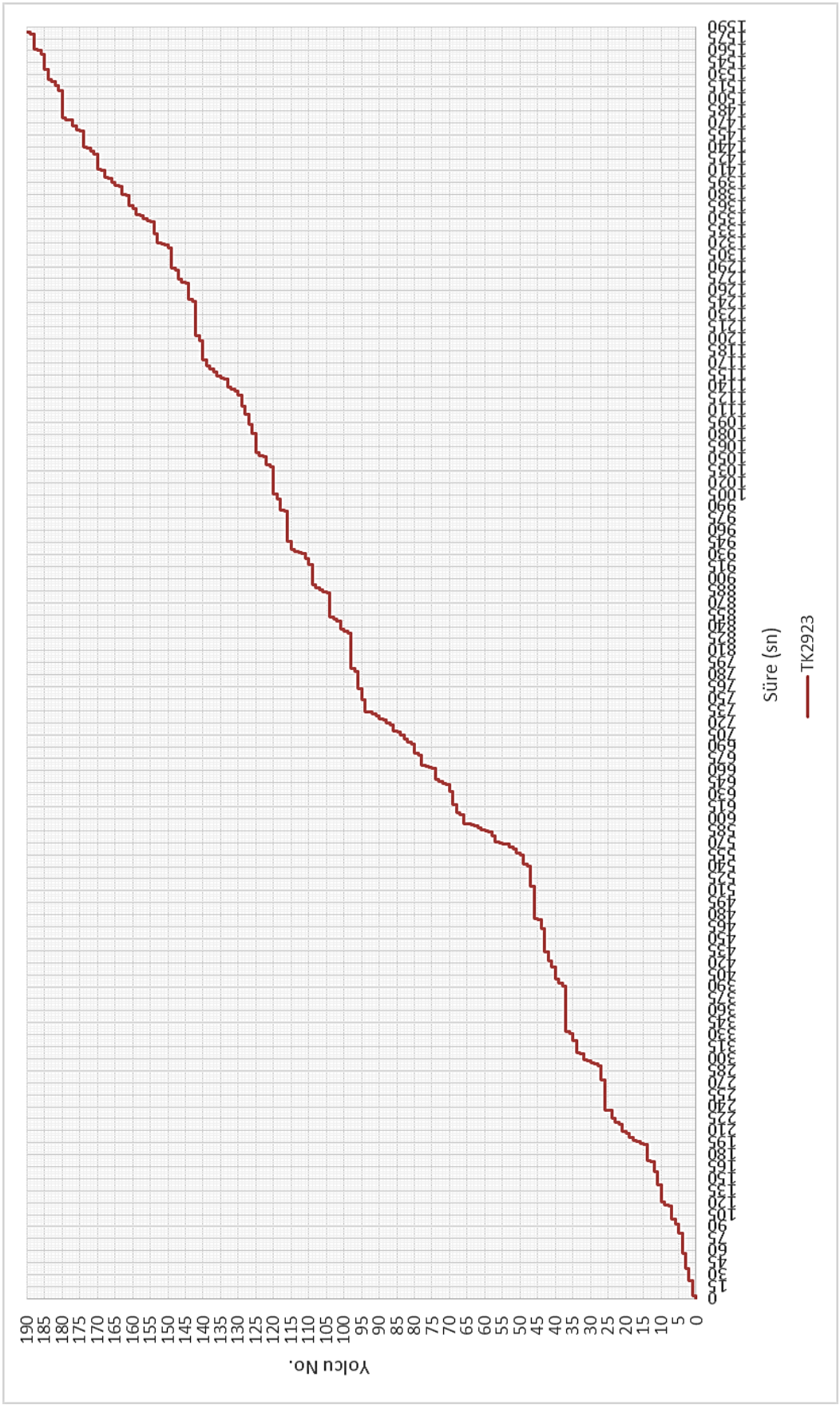
Şekil 4.127'de görüldüğü gibi en fazla yolcu yoğunluğuna sahip olan TK2413 uçuşu ve TK2415 uçuşu grafikte diğer uçuşlardan yukarıda yer almaktadırlar. En az yolcu yoğunluğuna sahip olan uçuşlardan biri olan TK2933 uçuşu grafikte diğer uçuşlardan aşağıda yer almaktadır. Bahsi geçen 3 uçuş arasındaki süre farkları, birleşik grafik içindeki azami farkları oluşturmaktadır. Örneğin, TK2415 ile TK2933 uçuşları; yolcu sayıları olarak birbirine çok yakın olduğu hâlde aynı yolcu sayısı olan TK2415'in son yolcusu olan 194. yolcunun TK2933'te gelme süresi TK2415'ten 767 sn, yani 13 dakika geç olmuştur. TK2413 ile TK2933 arasındaki geliş süreleri farkı; TK2413'ün 171 numaralı son yolcusu 1191. sn'de gelirken, TK2933'ün 171 numaralı yolcusu 1982. sn'de gelmiştir. Aralarında 791 sn/ 13.18 dakikalık bir gecikme görülmüştür. Bu fark grafik içindeki azami farkı oluşturmaktadır.

TK2413 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.128'de görüldüğü gibidir.

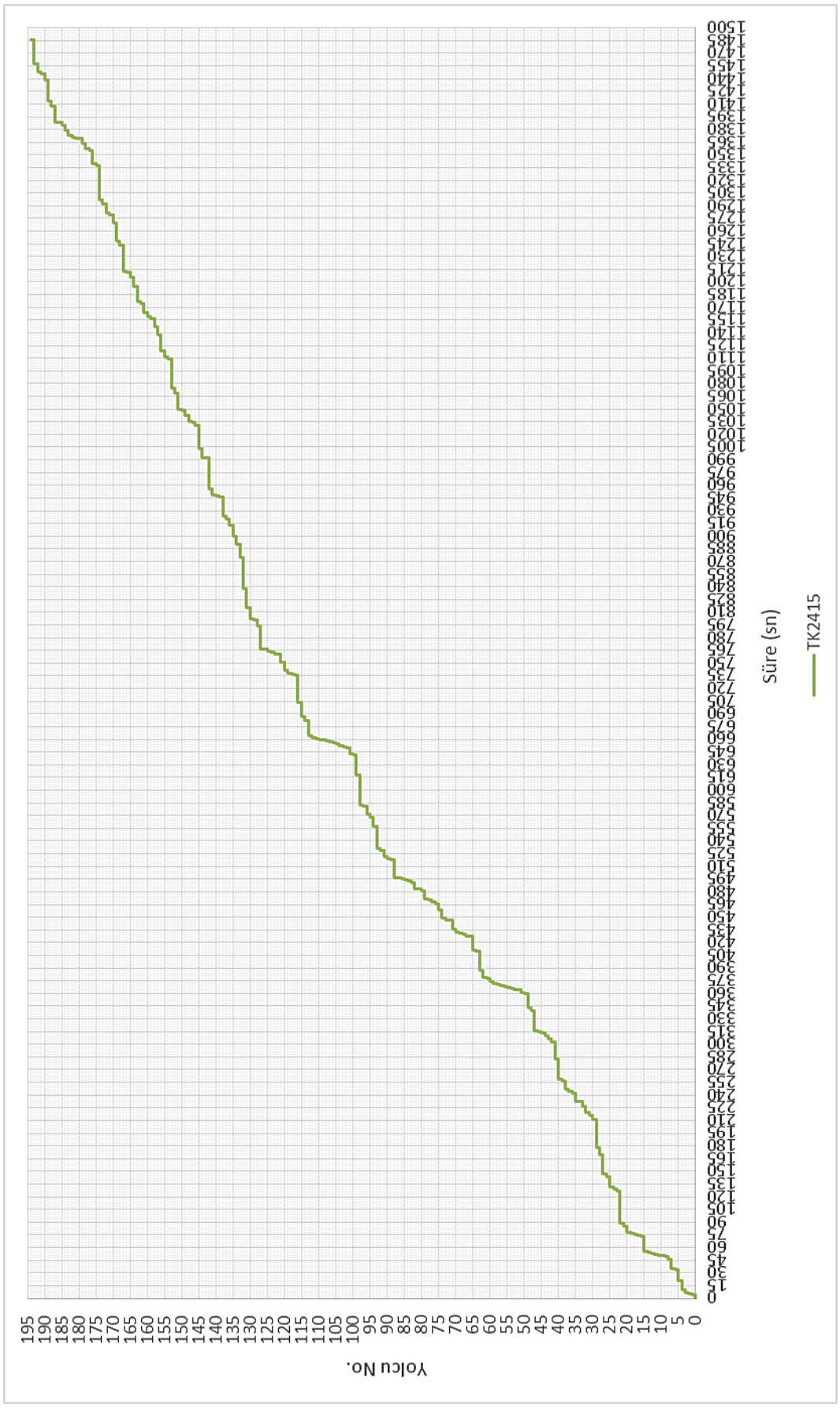
Saat 12:00'deki TK2413 sefer sayılı İstanbul (Atatürk Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 171 yolcu, toplam 1191 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 6.96 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 60 sn ile 2. yolcuda görülmüştür.



Şekil 4.128. TK2413 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



Şekil 4.129. TK2923 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



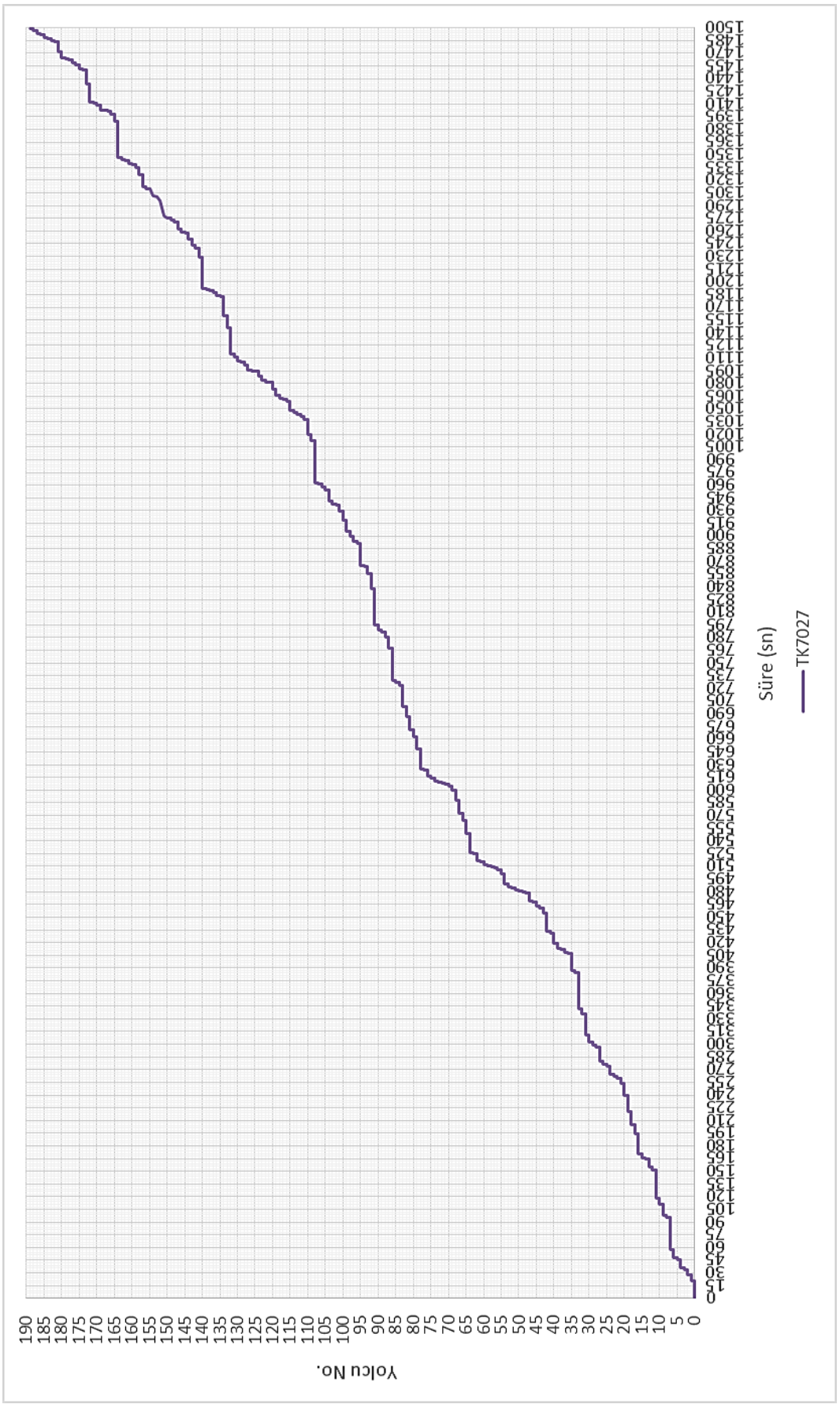
Şekil 4.130. TK2415 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları

TK7027 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.131'de görüldüğü gibidir.

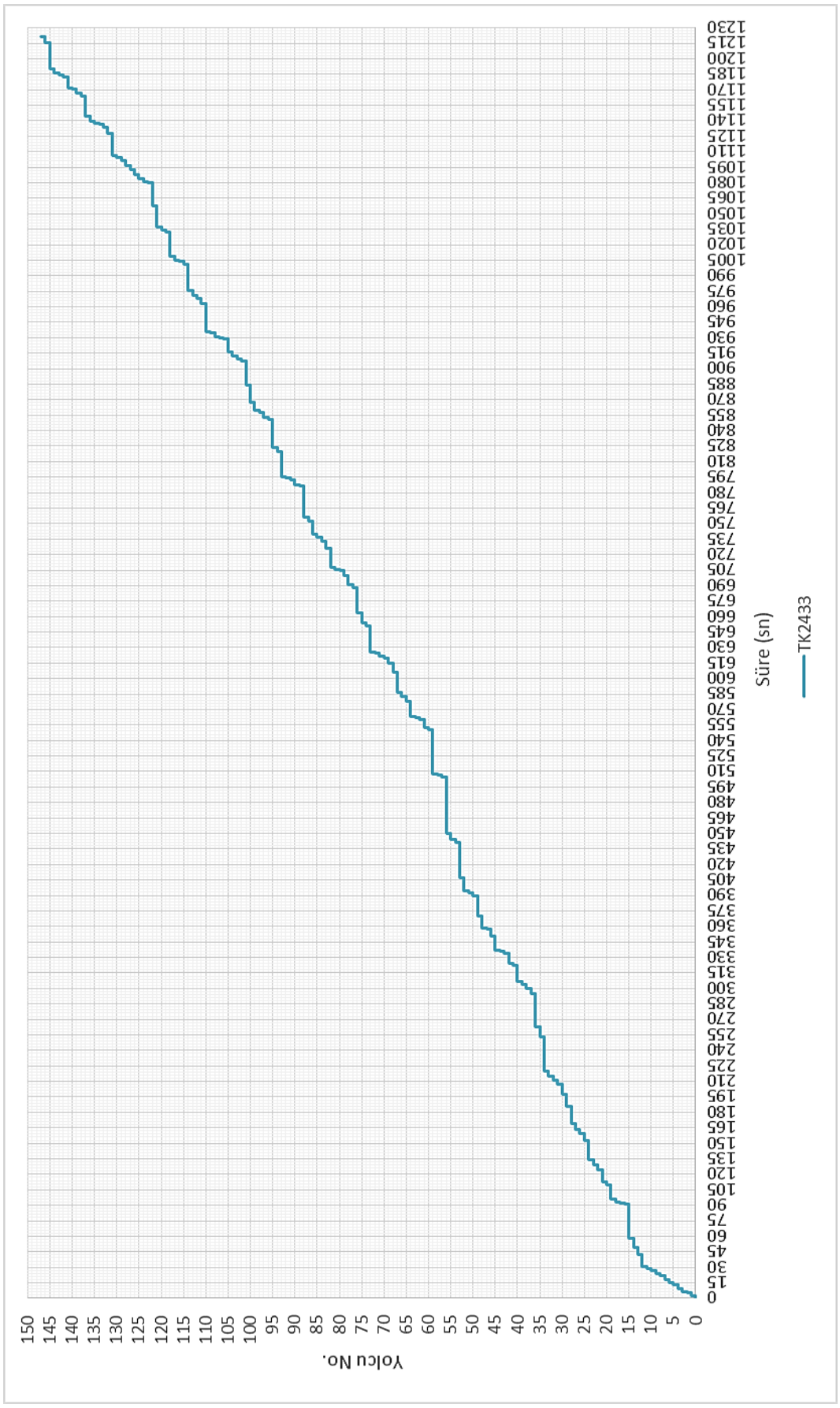
Saat 14:00'daki TK2415 sefer sayılı Ankara uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 189 yolcu, toplam 1499 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 7.97 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 51 sn ile 108. yolcuda görülmüştür.

TK2433 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.132'de görüldüğü gibidir.

Saat 15:35'deki TK2433 sefer sayılı İstanbul (Atatürk Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 147 yolcu, toplam 1221 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 8.31 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 55 sn ile 56. yolcuda görülmüştür.



Şekil 4.131. TK7027 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



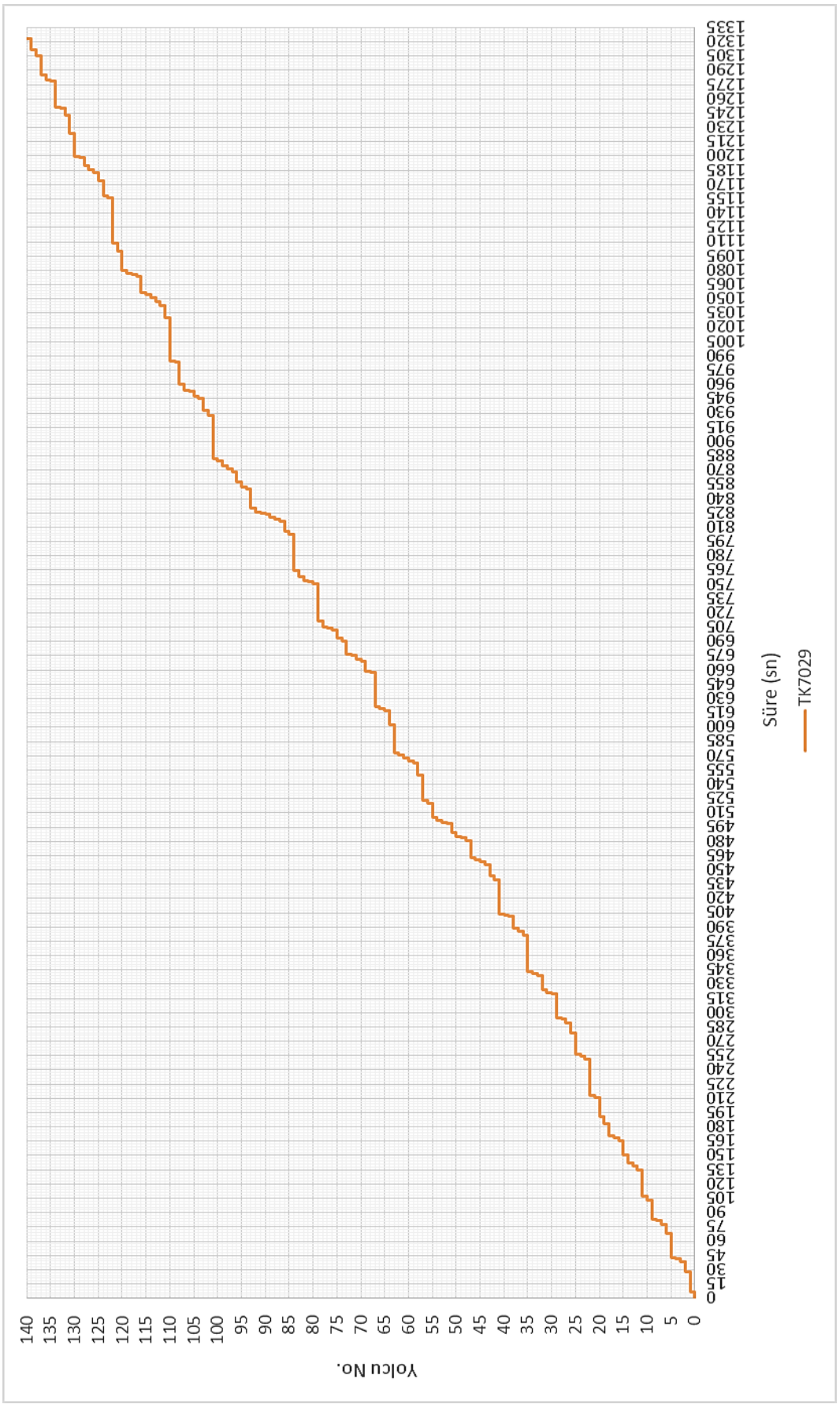
Şekil 4.132. TK2433 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları

TK7029 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.133'te görüldüğü gibidir.

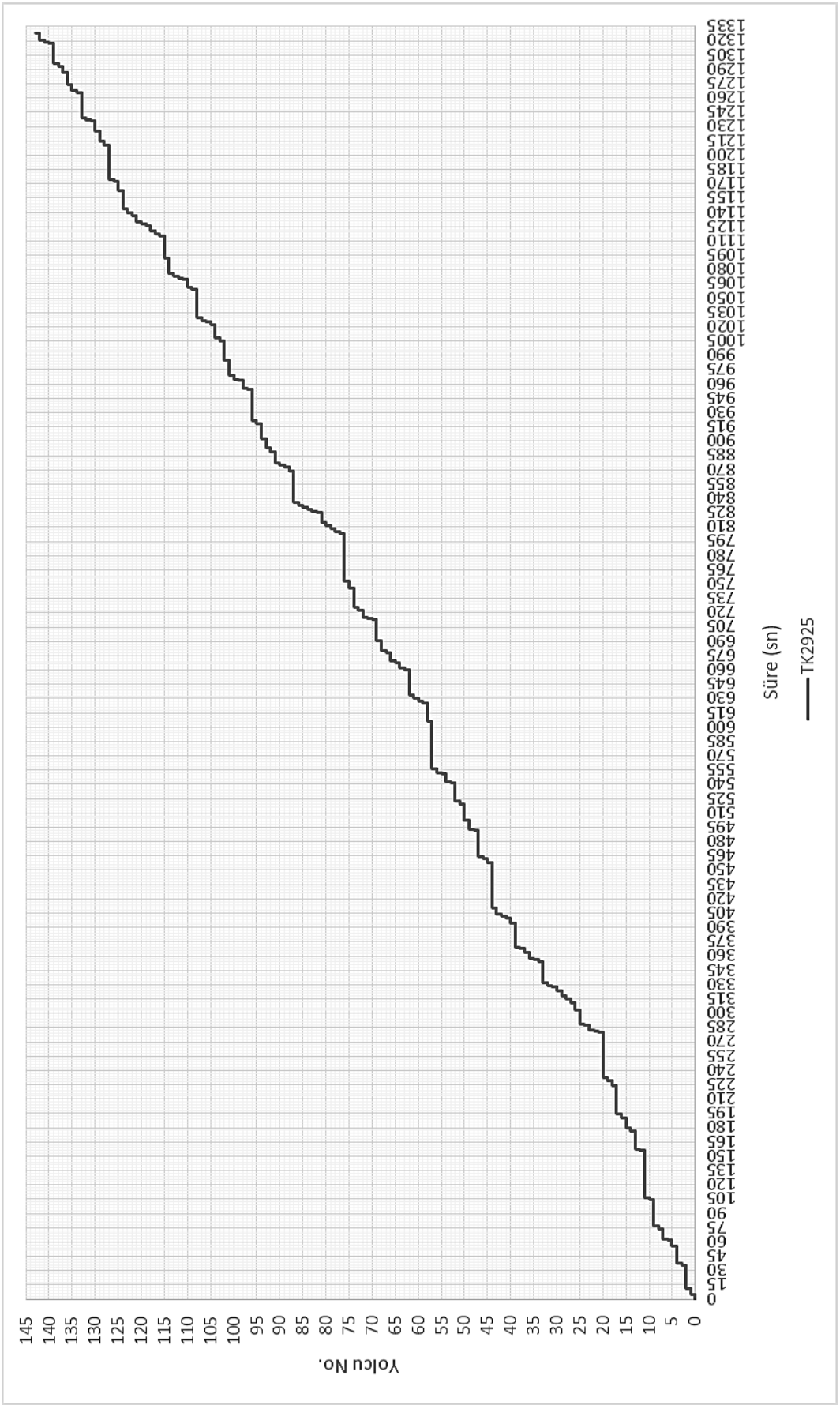
Saat 16:00'daki TK7029 sefer sayılı Ankara uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 140 yolcu, toplam 1323 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 9.45 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 48 sn ile 122. yolcuda görülmüştür.

TK2925 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.134'te görüldüğü gibidir.

Saat 16:35'deki TK2925 sefer sayılı İstanbul (Sabiha Gökçen Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 143 yolcu, toplam 1328 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 9.29 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 50 sn ile 76. yolcuda görülmüştür.



Şekil 4.133. TK7029 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



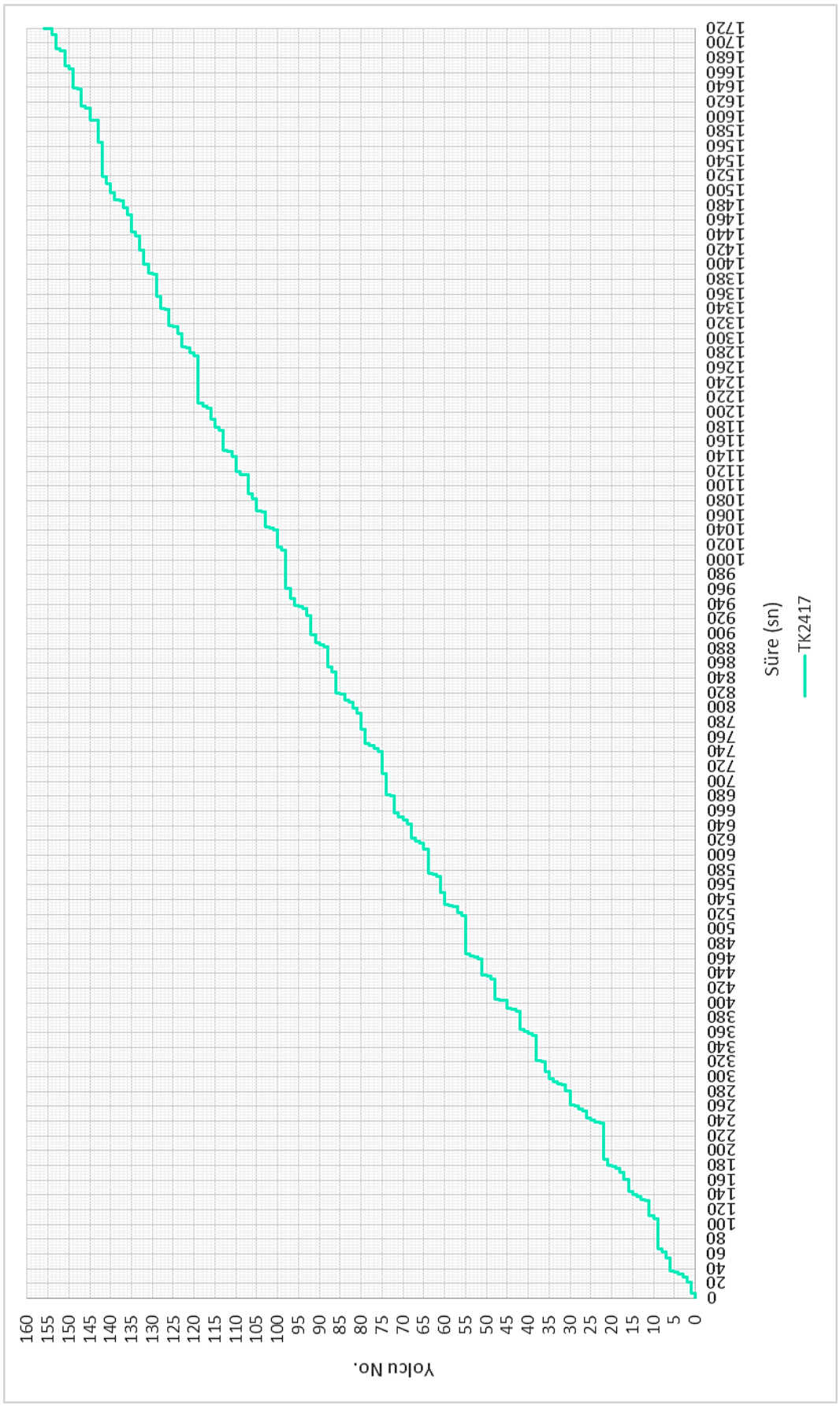
Şekil 4.134. TK2925 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları

TK2417 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.135'te görüldüğü gibidir.

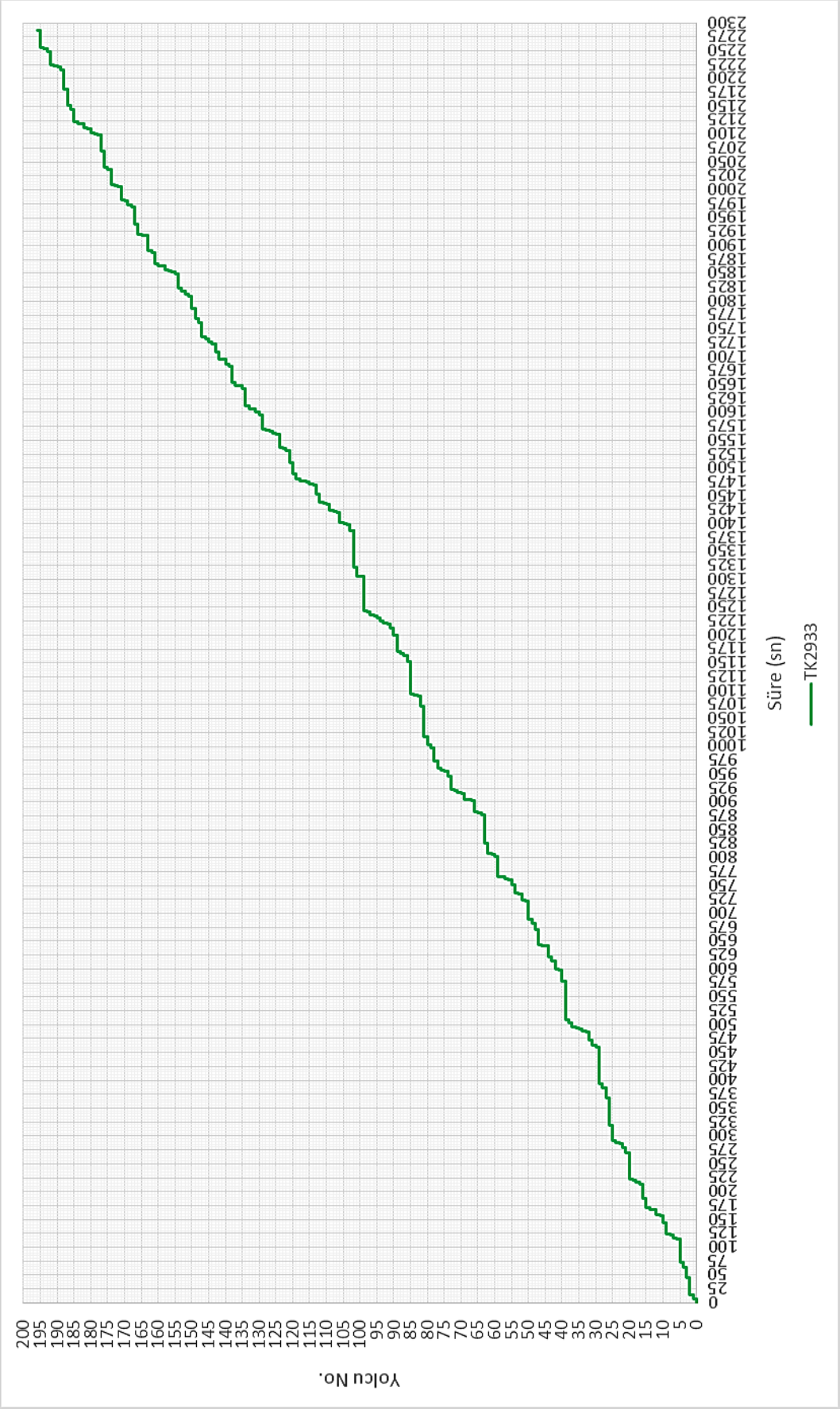
Saat 17:00'deki TK2417 sefer sayılı İstanbul (Atatürk Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 156 yolcu, toplam 1720 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 11.03 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 65 sn ile 119. yolcuda görülmüştür.

TK2933 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.136'da görüldüğü gibidir.

Saat 17:30'daki TK2933 sefer sayılı İstanbul (Sabiha Gökçen Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 196 yolcu, toplam 2287 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 11.67 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 70 sn ile 39. yolcuda görülmüştür.



Şekil 4.135. TK2417 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



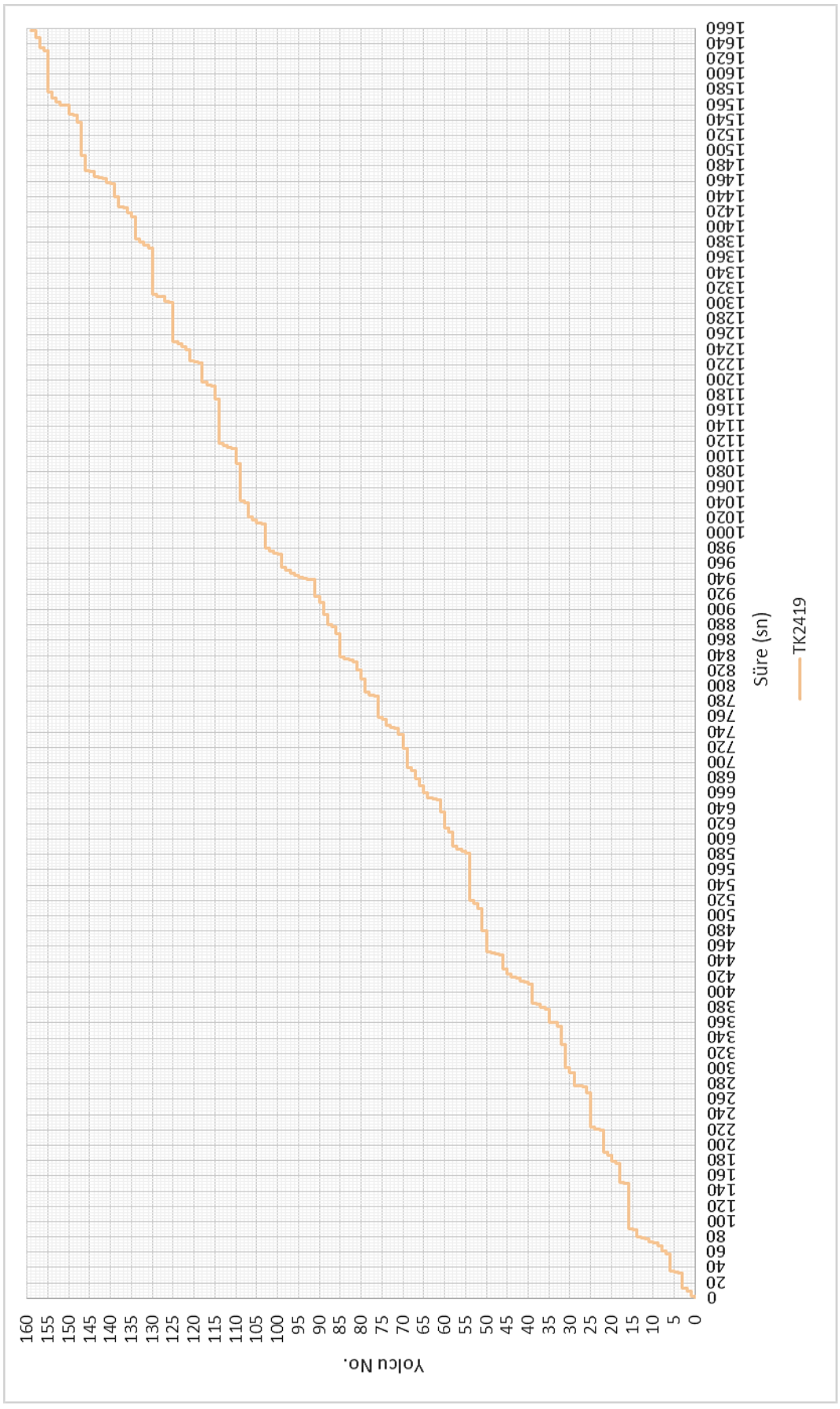
Şekil 4.136. TK2933 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları

TK2419 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.137'de görüldüğü gibidir.

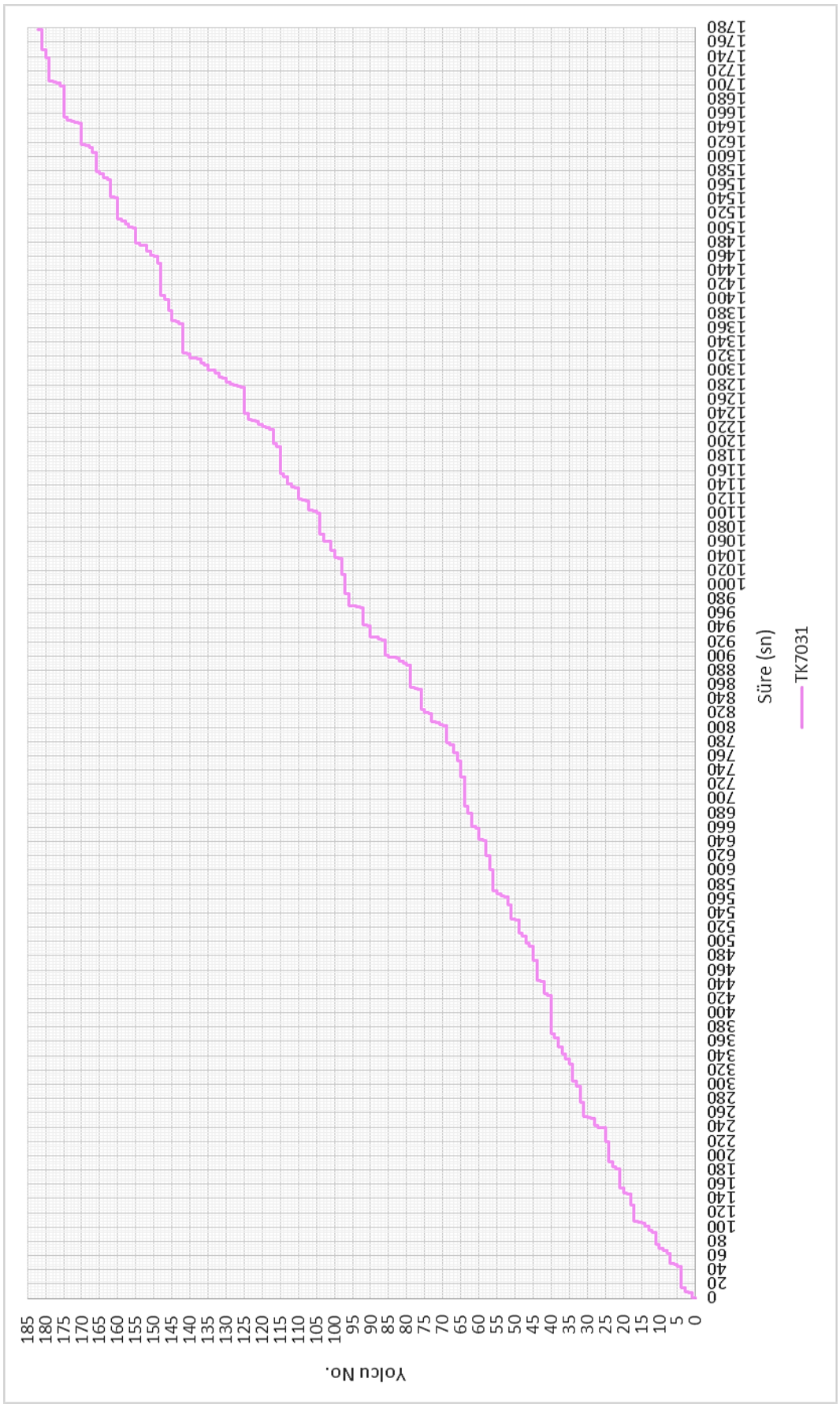
Saat 17:35'deki TK2419 sefer sayılı İstanbul (Atatürk Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 159 yolcu, toplam 1657 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 10.42 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 62 sn ile 54. yolcuda görülmüştür.

TK7031 nolu uçuş için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.138'de görüldüğü gibidir.

Saat 17:35'deki TK7031 sefer sayılı Ankara uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 182 yolcu, toplam 1777 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 9.76 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 54 sn ile 40. yolcuda görülmüştür.



Şekil 4.137. TK2419 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



Şekil 4.138. TK7031 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları

THY ve Anadolu Jet firmalarına ait 11 uçuş için toplam 289 dakikalık sürede, toplam 1867 yolcu bilet kontrol bölgesine geçiş yapmıştır. Bu uçuşlara ait yolcu geliş aralıkları ortalamaları ve yolcu/süre oranları Çizelge 4.32'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.32. THY ve Anadolu Jet firmalarına ait uçuşların bilet kontrol bölümü, yolcu geliş aralıkları ortalamaları ve yolcu/süre (sn) oranı

Uçuş No.	**Kalkış Saati**	**Yolcu Sayısı**	**Toplam Süre (sn)**	**Geliş Aralıkları Ort. (sn)**	**Yolcu / Süre (sn) Oranı**
TK2413	12:20	171	1191	6.96	0.144
TK2923	12:30	190	1583	8.33	0.120
TK2415	13:30	194	1486	7.66	0.130
TK7027	14:00	189	1499	7.97	0.126
TK2433	15:35	147	1221	8.31	0.120
TK7029	16:00	140	1323	9.45	0.106
TK2925	16:35	143	1328	9.29	0.108
TK2417	17:00	156	1720	11.03	0.091
TK2933	17:30	196	2287	11.67	0.086
TK2419	17:35	159	1657	10.42	0.096
TK7031	17:35	182	1777	9.76	0.102
Toplam/Ortalama		1867/169.7	17072/1552	100.85/9.17	1.23/0.112

Çizelge 4.32'de belirtildiği gibi THY ve Anadolu Jet uçuşlarında uçuş başına ortalama 170 yolcu sayısına ulaşılmıştır. Uçakların koltuk kapasitesi dikkate alındığında 1870 koltuk kapasitesine göre 99.8%'lik bir doluluk oranı mevcuttur. Bilet kontrol bölümünde uçuş başına ortalama 1552 sn (26 dakika) yolcu geliş süresi bulunmaktadır. Yolcu geliş aralıkları ortalama 9.17 sn civarındadır. Bahsi edilen uçuşlarda saniyede geliş yapan yolcu sayısı ortalama 0.112 yolcudur. THY uçuşları, inceleme yapılan uçuşların genelini oluşturduğundan, ortalama değerler tüm uçuşların sonuçlarına yakın çıkmaktadır.

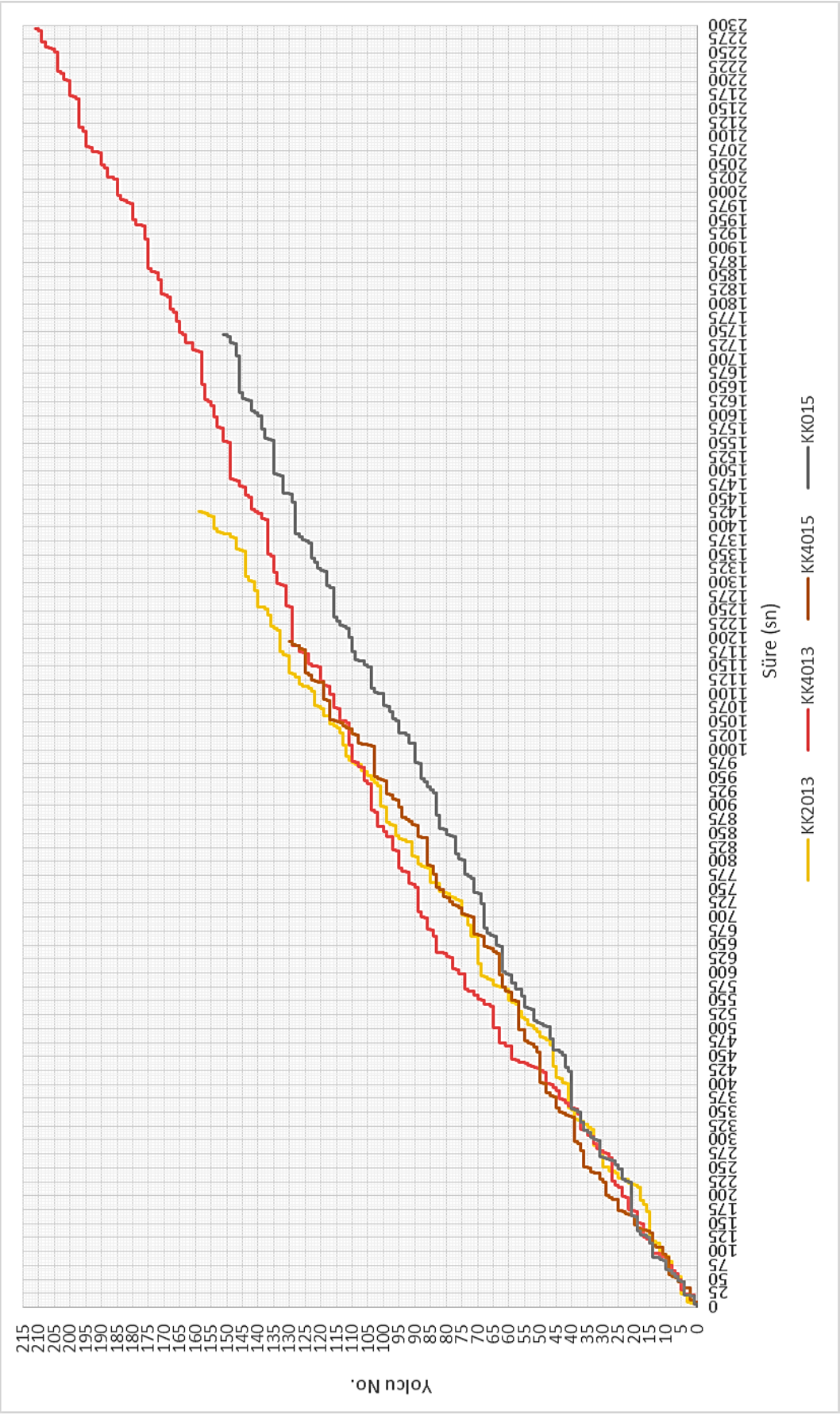
Atlasjet firmasının check-in prosedürü genel check-in prosedürleri ile aynıdır. Uçuştan 2 saat önce ilgili kontuar hizmete açılır ve uçuş başlamadan yarım saat

önce kontuar hizmete kapanır. Yolcuların büyük çoğunluğu uçuş başlamadan 1 saat önce check-in işlemlerini yaptırmaktadır. Atlasjet firmasına ait 4 uçuşta, yolcuların bilet kontrol bölümüne gelişlerinin grafiği Şekil 4.139'da görüldüğü gibidir.

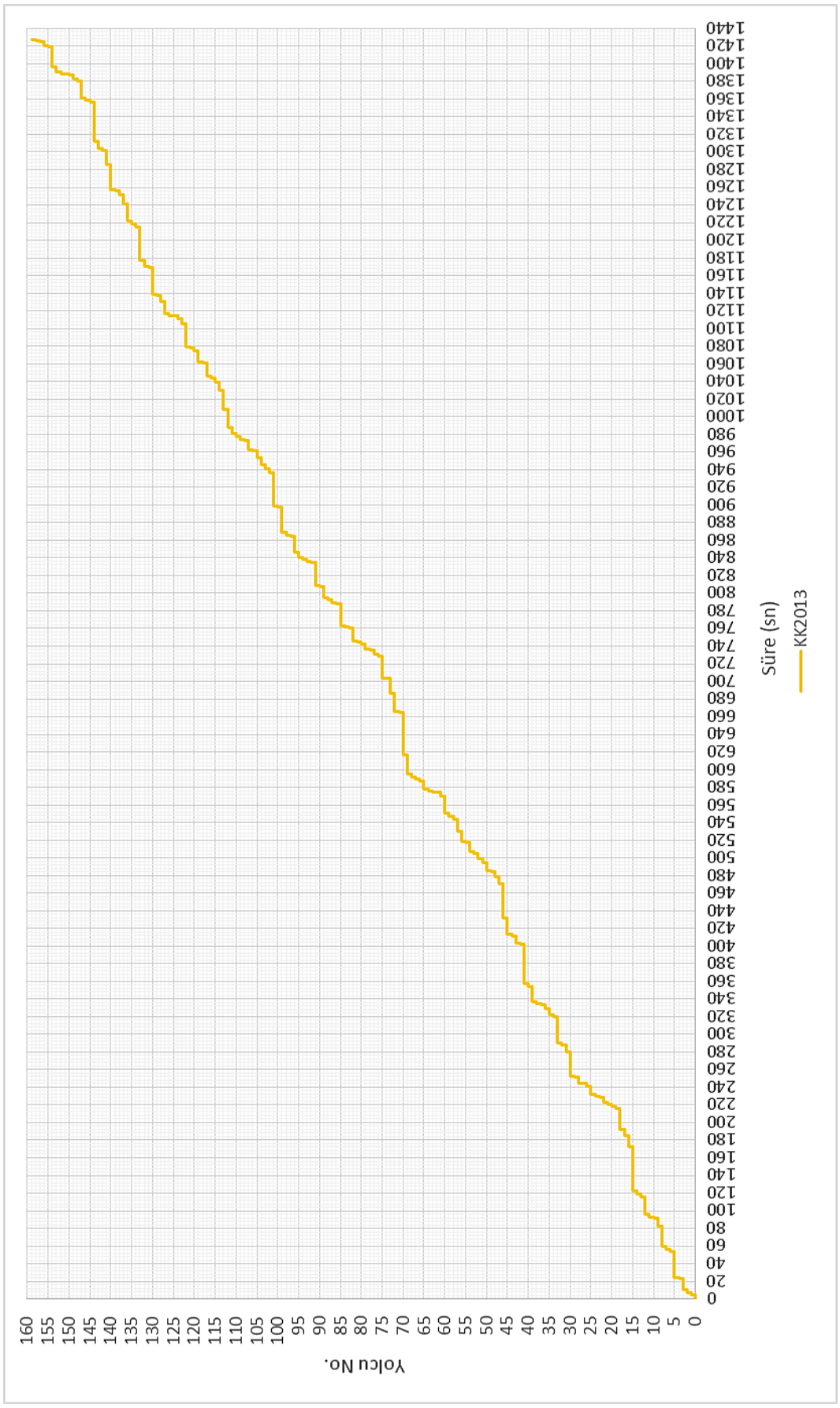
Şekil 4.139'da görüldüğü gibi yolcuların bilet kontrol bölümüne gelişleri incelendiğinde, en fazla yolcu yoğunluğuna sahip Atlasjet uçuşu KK2013, en az yolcu yoğunluğuna sahip uçuş ise KK015'tir. KK015 uçuşunun 151 numaralı son yolcusu dikkate alındığında, KK2013 uçuşunun 151 numaralı yolcusuna göre, bilet kontrol bölümüne 358 saniye (6 dk.) daha geç geldiği görülmektedir. Bu süre Atlasjet uçuşları arasındaki azami süre farkını oluşturmaktadır.

KK2013 nolu uçuş için, yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.140'da görüldüğü gibidir.

Saat 13:00'deki KK2013 sefer sayılı İstanbul (Sabiha Gökçen Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 159 yolcu, toplam 1427 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 8.97 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 50 sn ile 15. yolcuda görülmüştür.



Şekil 4.139. Atlasjet firmasına ait uçuşların yolcu geliş grafikleri



Şekil 4.140. KK2013 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları

KK4013 nolu uçuş için, yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.141'de görüldüğü gibidir.

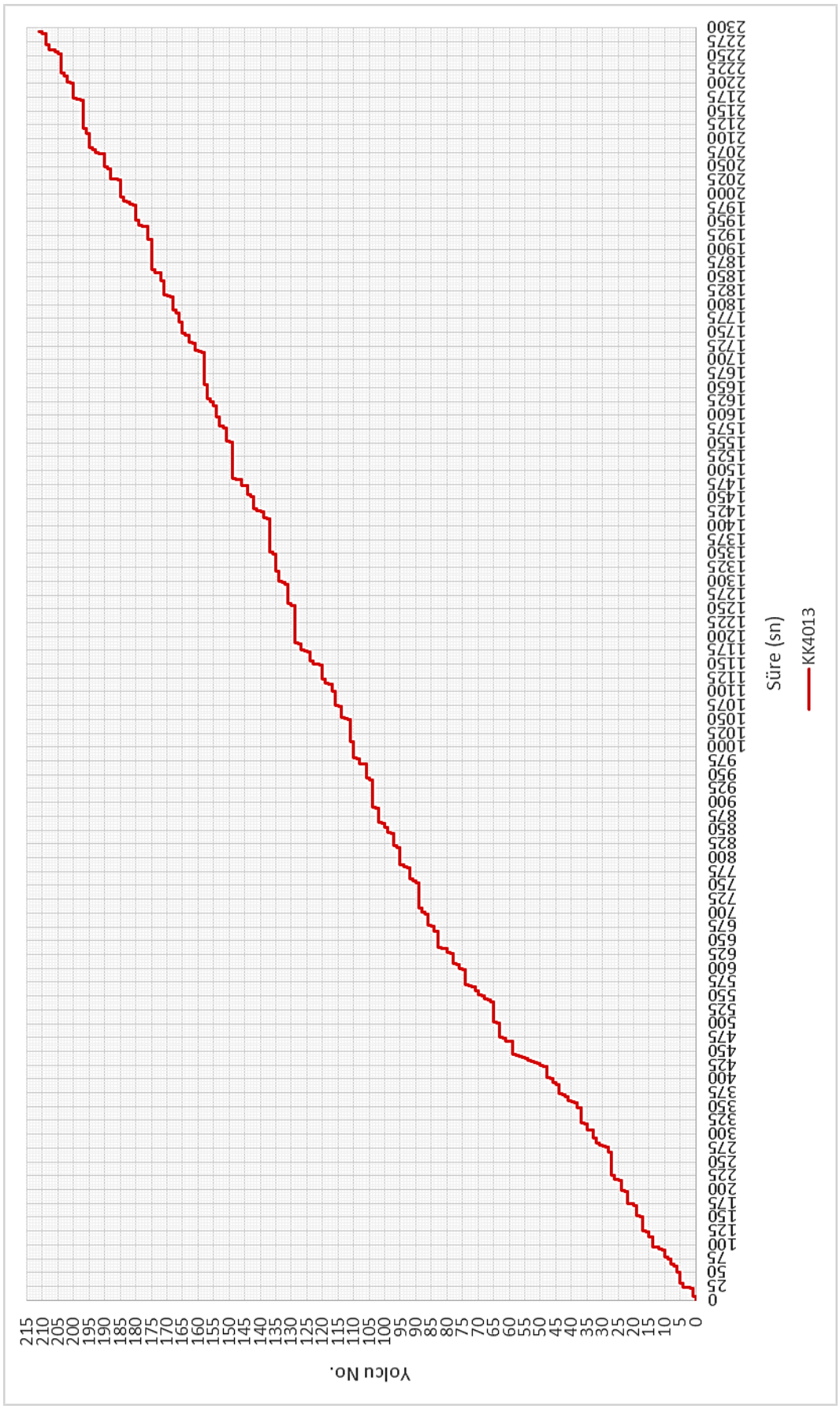
Saat 13:00'deki KK4013 sefer sayılı İstanbul (Atatürk Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 211 yolcu, toplam 2294 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 10.87 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 68 sn ile 129. yolcuda görülmüştür.

KK4015 nolu uçuş için, yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.142'de görüldüğü gibidir.

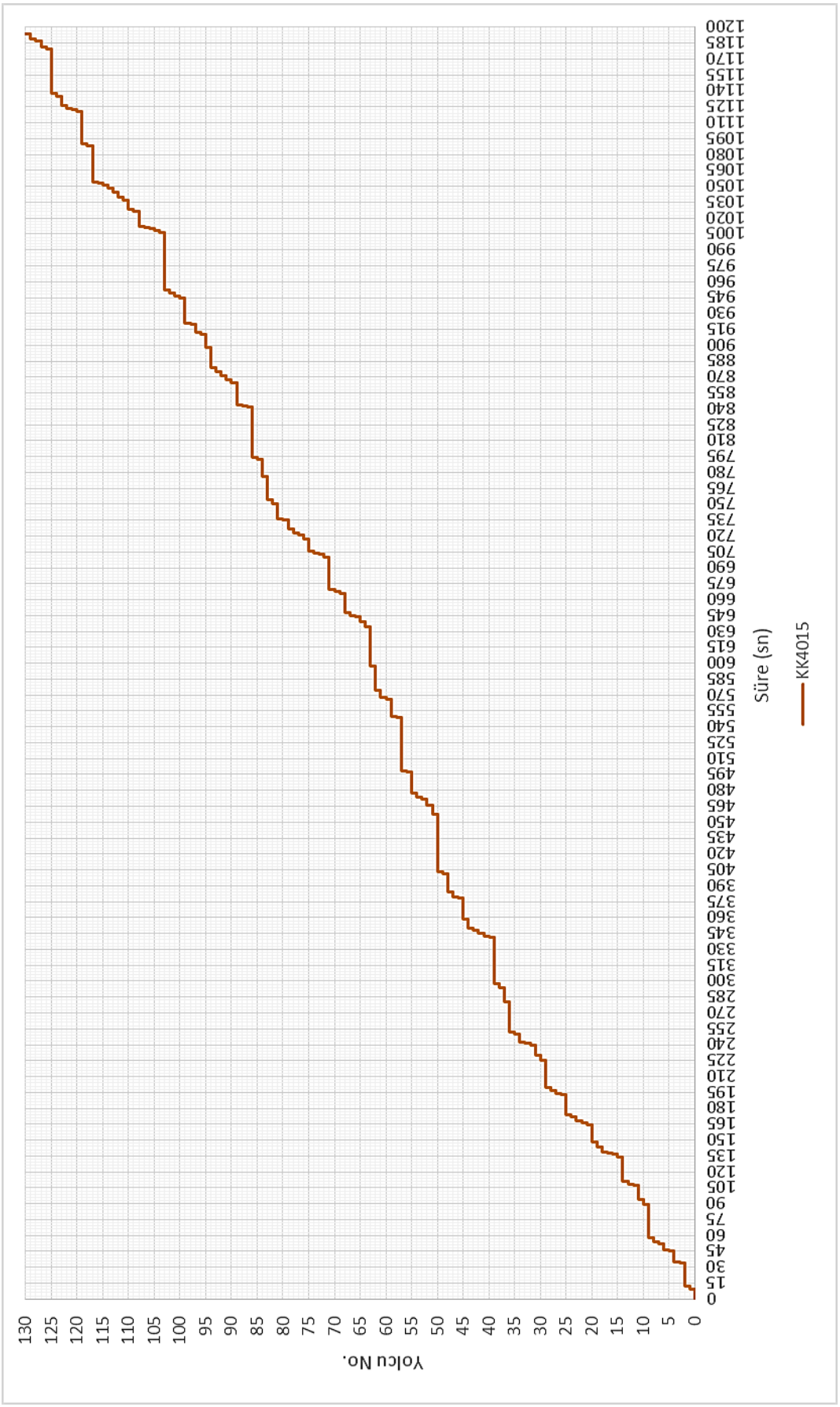
Saat 15:30'daki KK4015 sefer sayılı İstanbul (Atatürk Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 130 yolcu, toplam 1194 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 9.18 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 54 sn ile 103. yolcuda görülmüştür.

KK015 nolu uçuş için, yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarını gösteren grafik Şekil 4.143'te görüldüğü gibidir.

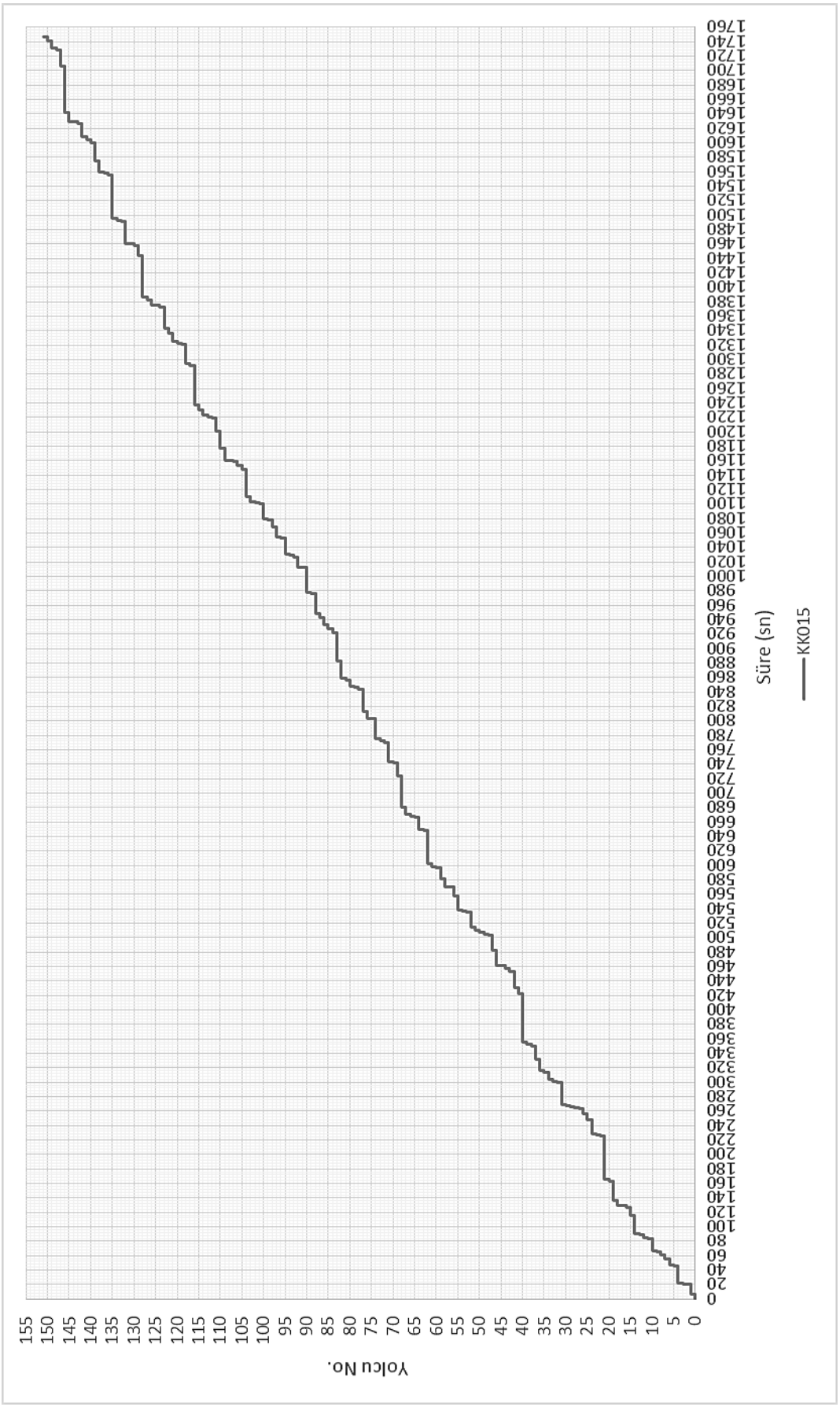
Saat 17:45'deki KK015 sefer sayılı İstanbul (Atatürk Havalimanı) uçuşu için bilet kontrol bölümüne gelen 151 yolcu, toplam 1746 sn'de geçiş yapmıştır. Ortalama geliş aralığı 11.56 sn'dir. İki yolcu arasındaki en uzun bekleme süresi 68 sn ile 40. yolcuda görülmüştür.



Şekil 4.141. KK4013 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



Şekil 4.142. KK4015 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları



Şekil 4.143. KK015 uçuşu için yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları

Atlas Jet firmasına ait 4 uçuş için toplam 113 dakikalık sürede, toplam 651 yolcu bilet kontrol bölgesine geçiş yapmıştır. Bu uçuşlara ait yolcu geliş aralıkları ortalamaları ve yolcu/süre oranları Çizelge 4.33'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.33. Atlasjet firmasına ait uçuşların bilet kontrol bölümü, yolcu geliş aralıkları ortalamaları ve yolcu/süre (sn) oranı

Uçuş No.	**Kalkış Saati**	**Yolcu Sayısı**	**Toplam Süre (sn)**	**Geliş Aralıkları Ort. (sn)**	**Yolcu / Süre (sn) Oranı**
KK2013	13:00	159	1427	8.97	0.111
KK4013	13:00	211	2294	10.87	0.092
KK4015	15:30	130	1194	9.18	0.109
KK015	17:45	151	1746	11.56	0.086
Toplam/Ortalama		651/162.8	6661/1665.3	40.58/10.15	0.4/0.1

Çizelge 4.33'te belirtildiği gibi Atlas Jet firmasının uçuşlarında, uçuş başına ortalama 163 yolcu sayısına ulaşılmıştır. Uçakların koltuk kapasitesi dikkate alındığında 660 koltuk kapasitesine göre 98.6%'lik bir doluluk oranı mevcuttur. Bilet kontrol bölümünde uçuş başına ortalama 1665 sn (28 dakika) yolcu geliş süresi bulunmaktadır. Yolcu geliş aralıkları ortalama 10.15 sn civarındadır. Bahsi edilen uçuşlarda saniyede geliş yapan yolcu sayısı ortalama 0.1 yolcudur. Atlasjet uçuşları arasında KK2013 numaralı uçuş, saniyede 0.111 yolcu ile en fazla yolcu/süre oranı ve 8.97 saniye ile en az geliş aralığı ortalamasına sahiptir.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonu bekleme ve serbest dolaşım alanında, 5 havayolu firmasına ait 21 uçuş süresince çalışmalar yapılmıştır. Bagajlı ve bagajsız yolcuların hareket hızları, yolcuların hareket aksları tespit edilmiştir. Bekleme ve serbest dolaşım alanı için toplam 450 dakikalık çalışma süresinde 3461 yolcu 5.1% hata oranı ile sayılmıştır.

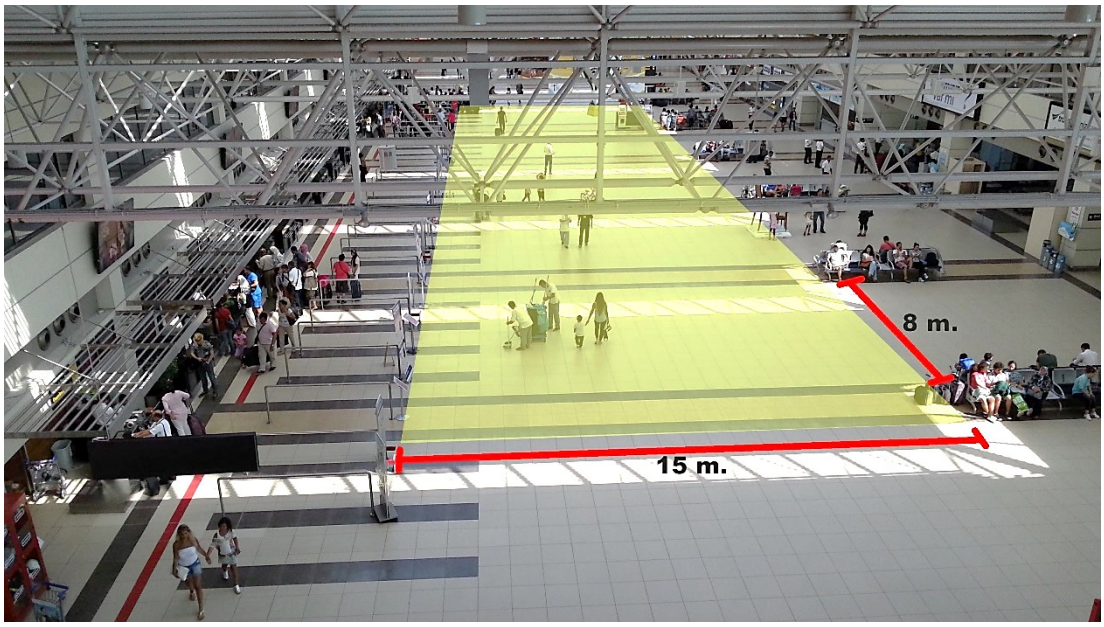
4.3.2. Bekleme ve serbest dolaşım alanı analizi

Antalya havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonu bekleme ve serbest dolaşım alanında, 12:00 – 18:00 saatleri arasındaki 21 uçuş için, uçuşların check-in prosedürlerine göre yolcuların check-in kullanım yoğunluğunun başlama zamanları dikkate alınarak video kayıtları alınmıştır. 6 ayrı zaman diliminde eşit sürelerde alınan bu kayıtlar 75 dakika ile sınırlandırılmıştır. Yolcuların büyük çoğunluğu uçuş başlamadan yaklaşık 60-75 dakika önce check-in işlemlerini yaptırmaktadır. Bekleme ve serbest dolaşım alanındaki yolcu faaliyetleri için bu durum dikkate alınarak, yolcuların hangi uçuşlar için bu alanı kullandığı belirlenmiştir.

Yolcuların hareket aksları programın tespit edilen yolcuya, takip süresince baş hizasında işaret koyması neticesinde elde edilmiştir. Sonuç görüntüleme ekranına pan yapılarak işaretlerin arkaplan görüntüsünden ayrılarak üç boyutlu şekilde görüntülenmesi sağlanmaktadır.

Yaklaşık 3400 m^2 alanındaki bekleme ve serbest dolaşım alanında iki farklı kamera açısı ile alınan kayıtlarda, konunun giriş bölümünde Şekil 4.122 ve Şekil 4.123'te gösterilen alanlardan 1. kamera açısının görüş alanı yaklaşık 2000 m^2 iken, programın arkaplan çıkarımı yapabileceği etkin alanı yaklaşık 950 m^2'dir. 2. kamera açısının ise görüş alanı yaklaşık 1600 m^2 iken, programın arkaplan çıkarımı yapabileceği etkin alanı yaklaşık 1400 m^2'dir. Efektif alan içerisinde kalan yolcu faaliyetleri belirlenebilmiştir.

Terminalin lineer yapıda olması sebebiyle check-in bankoları salonun paralelinde konumlandırılmıştır. Yolcuların oturduğu 12'li gruplardan oluşan 11 sıra hâlinde 132 adet koltuk, terminalin girişine yakın konumlandırılarak, check-in bölgesi ve koltuklar arasında yaklaşık 16 m'lik bir hareket koridoru oluşturulmuştur. Yolcuların hareketlerinin büyük çoğunluğu bu koridor üzerinde gerçekleşmektedir (Şekil 4.144).



Şekil 4.144. Check-in bariyerleri ile kotuklar arasında kalan hareket koridoru

Şekil 4.144'te görüldüğü gibi salonun bilet kontrol bölümü, bekleme ve serbest dolaşım alanlarının buluduğu açıklık çelik kafeslerle geçildiğinden, koridor üzerinde harekete engel bir taşıyıcı sistem bulunmamaktadır. Salon içerisindeki uçuş ve gösterge panolarının yerleri yolcuların yoğun hareket aksları dışında konumludur.

I. dış hatlar terminali ile iç hatlar terminalinin bitişik olmasından ötürü I. dış hatlar terminalinden giriş yapan yolcular iç hatlar terminalini de kullanabilmektedir. Dış hatlar yolcularının yoğunlukla olmasa da bazen, iç hatlar terminali içindeki alış-veriş mekânları ve kafelere gitmek için serbest dolaşım alanını kullandıkları görülmektedir.

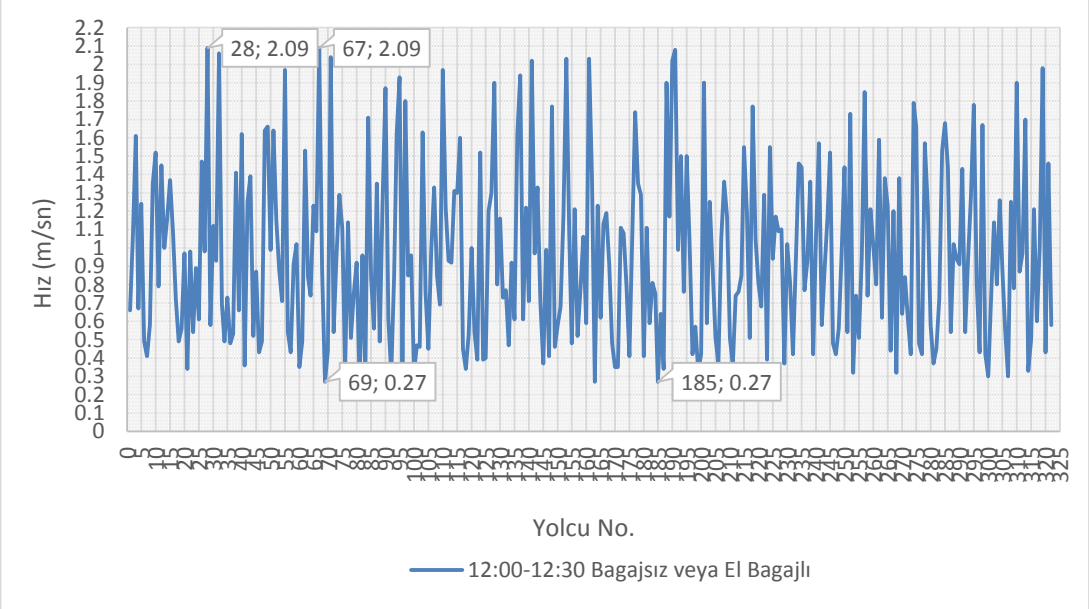
Yolcular, terminalde giriş denetiminden sonra genellikle check-in bölgesine yönelmektedir. Bu iki bölüm arasında kalan serbest dolaşım bölümünü de kullanarak bilet kontrol bölümüne geçiş yaparlar. Burada bir süre bekleyen yolcular işlemleri tamamlandıktan sonra ihtiyaçları doğrultusunda vakitleri dâhilinde, terminal içindeki mekânları kullanmak için serbest dolaşım alanını kullanmaktadırlar. Bu durum bilet kontrol işlemlerini yaptırmayan yolcularda tersine işlemektedir. Yolcular bu faaliyetlerin ardından, terminalin merkezinde konumlu olan arındırılmış salon bölümüne doğru hareket etmektedirler.

Bekleme ve serbest dolaşım alanındaki yolcuların sayısı, hareket hızları ve hareket yörüngelerinin tayini, uçuşlara göre hazırlanmış eşit zaman aralıklarında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.34). Yolcuların bagajlı veya bagajsız (el bagajlı) olma ayrımları görsel olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.34. Bekleme ve serbest dolaşım alanında, belirlenmiş zaman aralıklarına göre bagajlı ve bagajsız yolcular

Zaman Dilimi	Kalkış Saatleri Aralığı	Sayım Süresi (dk)	Uçuş Sayısı	Bagajsız veya El Bagajlı	Bagajlı Yolcu Sayısı	Toplam Yolcu Sayısı
I.	12:00-12:30	75	3	322	158	480
II.	13:00-13:50	75	5	571	288	859
III.	14:00	75	1	100	112	212
IV.	15:30-15:35	75	2	178	130	308
V.	16:00-16:35	75	3	291	156	447
VI.	17:00-18:00	75	7	865	290	1155
TOPLAM		**450**	**21**	**2327**	**1134**	**3461**

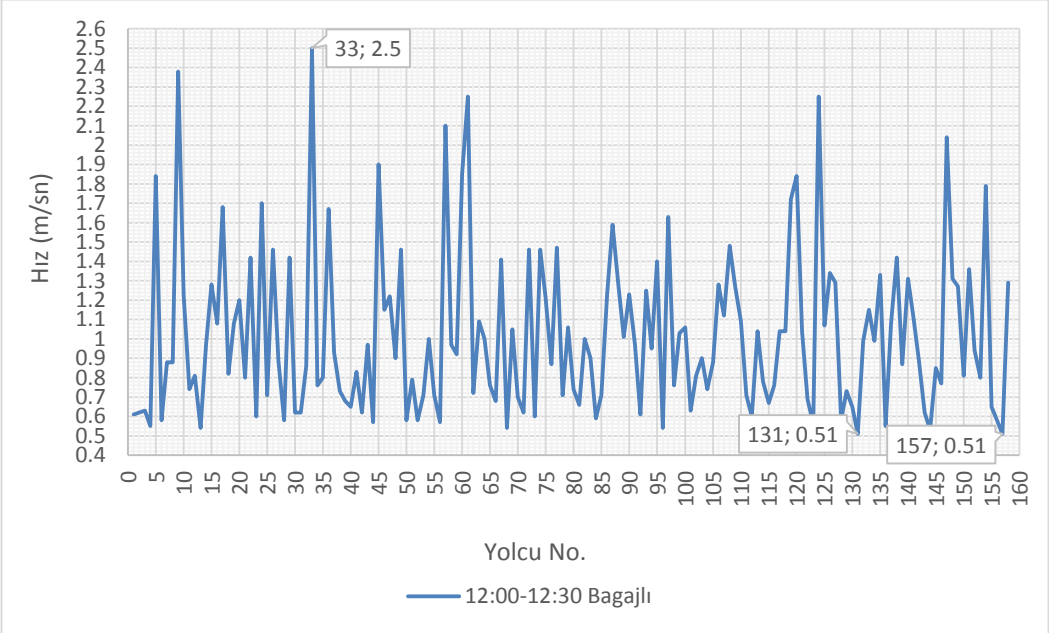
Şekil 4.145'te bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 12:00-12:30 arası 3 uçuş için, I. zaman aralığında, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.145. I. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 12:00-12:30 arasında 3 uçuşun bulunduğu ilk zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 322 bagajsız veya el bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.96 m/sn'dir. Hareket hızları en yüksek olan yolcular 2.09 m/sn ile 28. ve 67. yolcular, en yavaş yolcular ise 0.27 m/sn hareket hızı ile 69. ve 185. yolculardır.

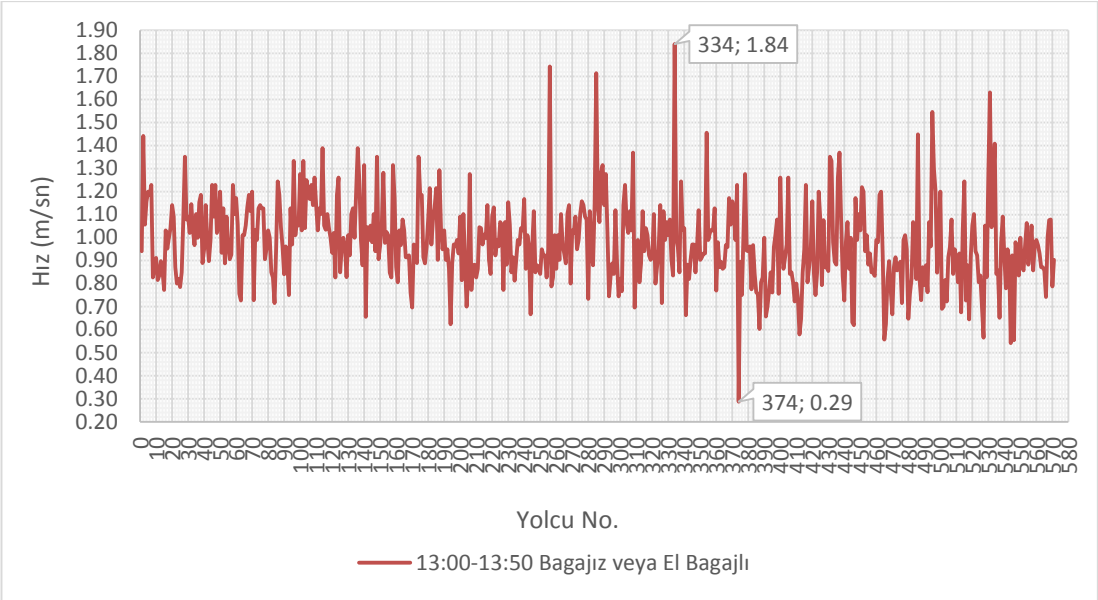
Şekil 4.146'da bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 12:00-12:30 arası 3 uçuş için, 1. zaman aralığında, bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.146. I. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 12:00-12:30 arasında 3 uçuşun bulunduğu ilk zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 158 bagajlı yolcunun ortalama hızı 1.02 m/sn'dir. En hızlı yolcu 2.5 m/sn ile 33 numaralı yolcu, en yavaş yolcular ise 0.51 m/sn hareket hızı ile 131. ve 157. yolculardır.

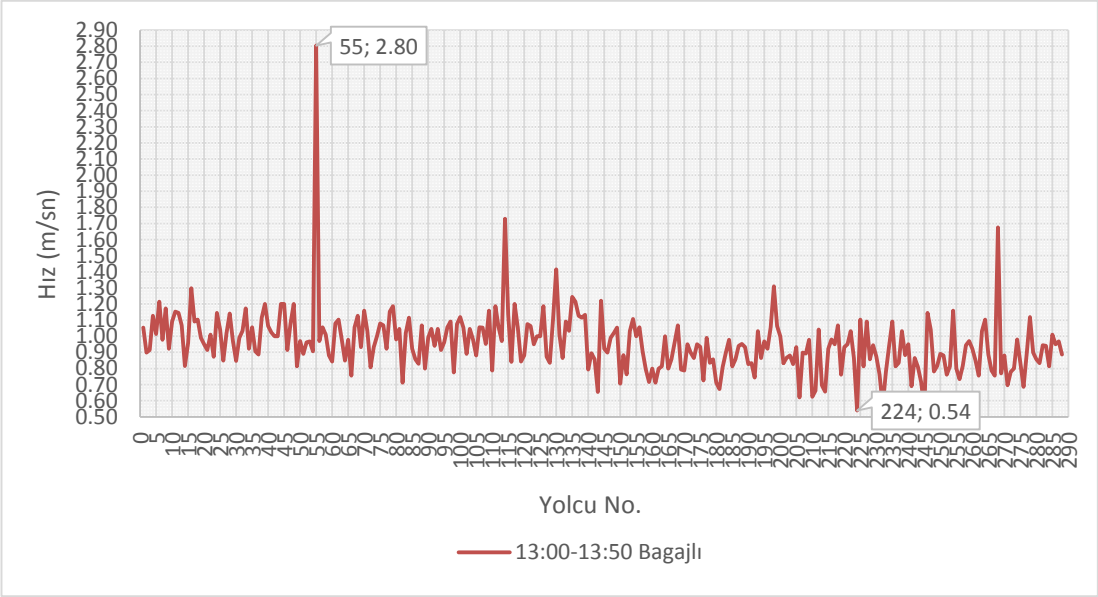
Şekil 4.147'de bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 13:00-13:50 arası 5 uçuş için, II. zaman aralığında, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.147. II. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 13:00-13:50 arasında 5 uçuşun bulunduğu II. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 571 bagajsız veya el bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.98 m/sn'dir. En hızlı yolcu 1.84 m/sn ile 334 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.29 m/sn hareket hızı ile 374 numaralı yolcudur.

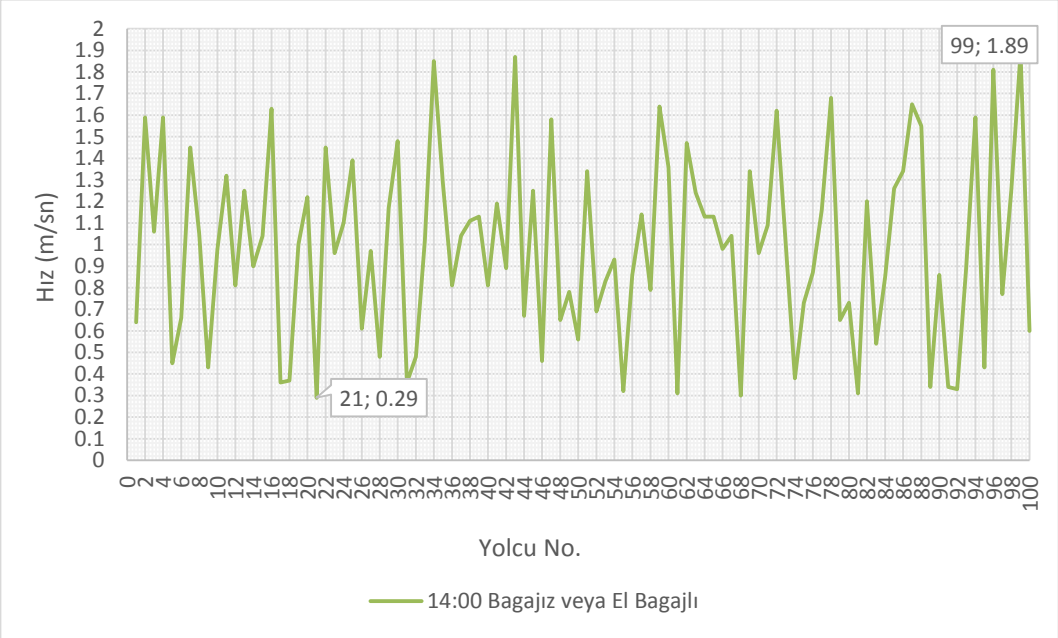
Şekil 4.148'de bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 13:00-13:50 arası 5 uçuş için, II. zaman aralığında, bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.148. II. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 13:00-13:50 arasında 5 uçuşun bulunduğu II. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 288 bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.96 m/sn'dir. En hızlı yolcu 2.8 m/sn ile 55 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.54 m/sn hareket hızı ile 224 numaralı yolcudur.

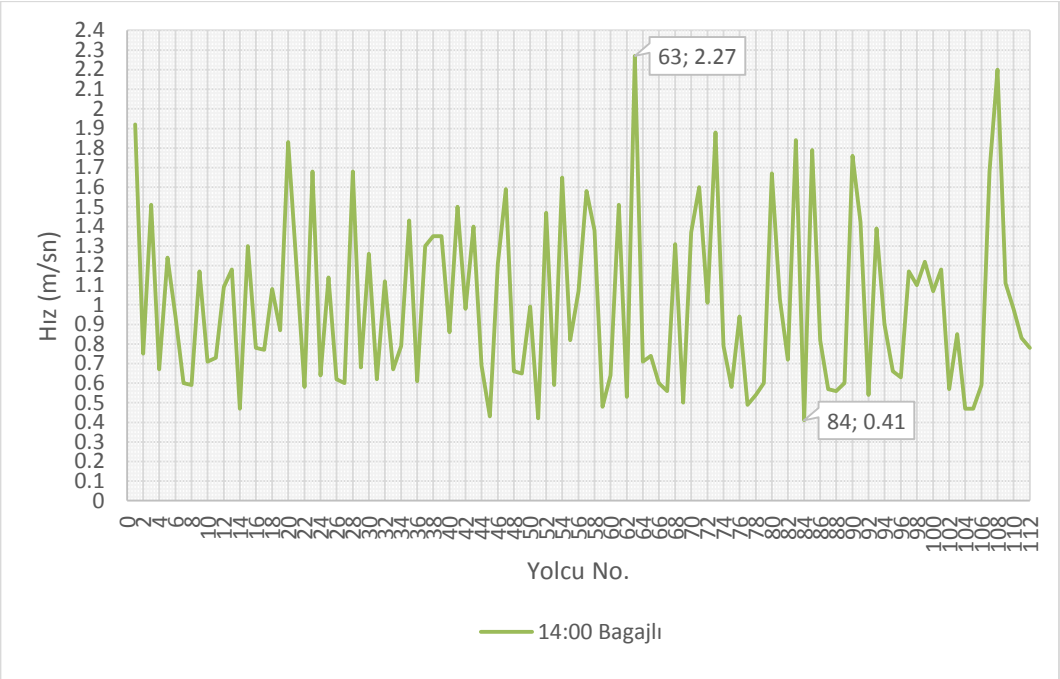
Şekil 4.149'da bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 14:00'daki tek uçuş için, III. zaman aralığında, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.149. III. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 14:00'da tek uçuşun bulunduğu III. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 100 bagajsız veya el bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.99 m/sn'dir. En hızlı yolcu 1.89 m/sn ile 99 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.29 m/sn hareket hızı ile 21 numaralı yolcudur.

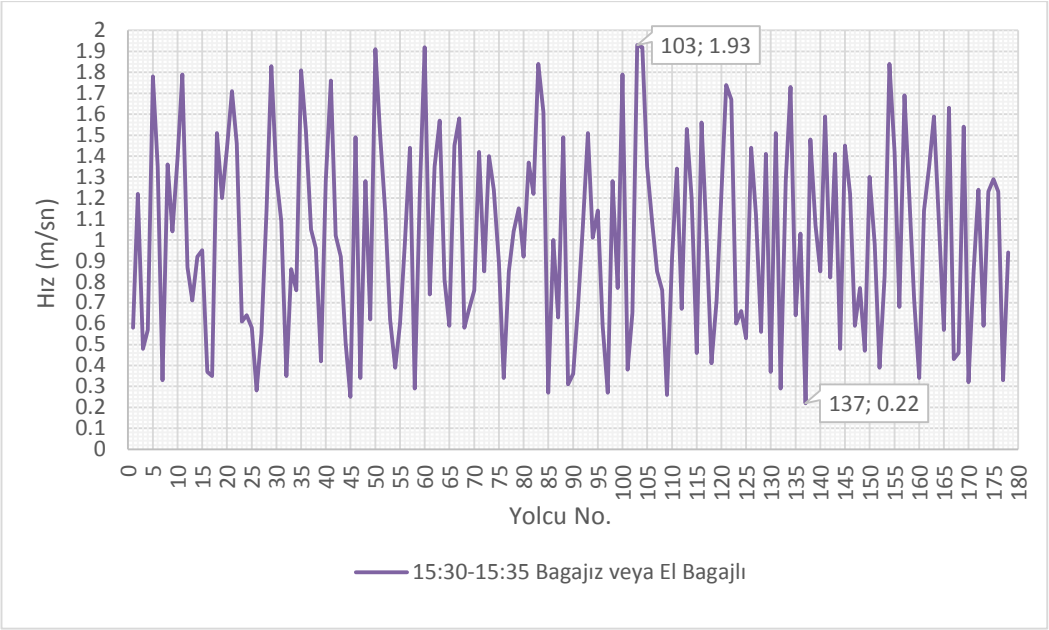
Şekil 4.150'de bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 14:00'daki tek uçuş için, III. zaman aralığında, bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.150. III. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 14:00'daki tek uçuşun bulunduğu II. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 112 bagajlı yolcunun ortalama hızı 1.01 m/sn'dir. En hızlı yolcu 2.27 m/sn ile 63 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.41 m/sn hareket hızı ile 84 numaralı yolcudur.

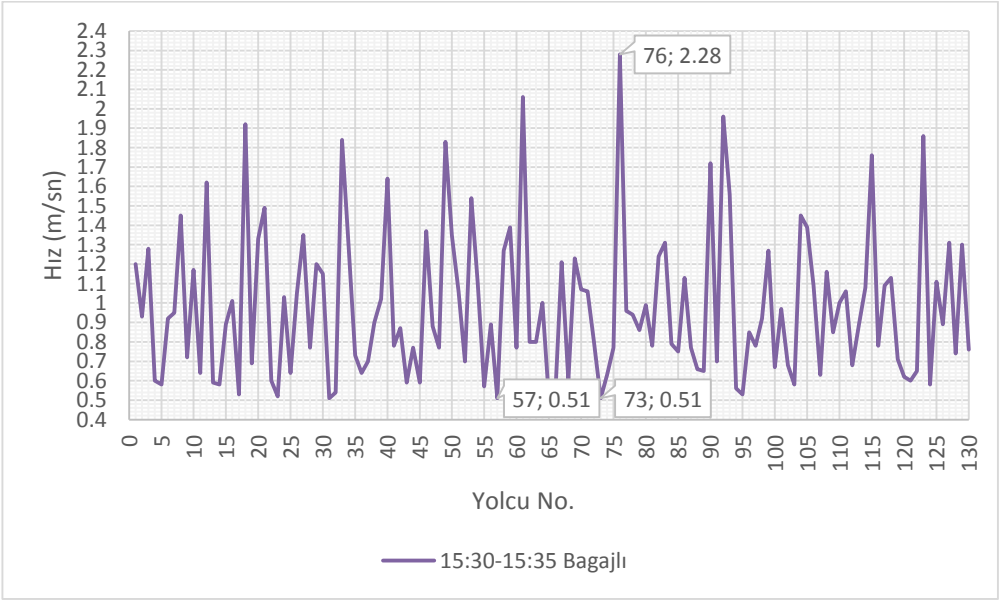
Şekil 4.151'de bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 15:30-15:35 arası 2 uçuş için, IV. zaman aralığında, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.151. IV. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 15:30-15:35 arasında 2 uçuşun bulunduğu IV. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 178 bagajsız veya el bagajlı yolcunun ortalama hızı 1.01 m/sn'dir. En hızlı yolcu 1.93 m/sn ile 103 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.22 m/sn hareket hızı ile 137 numaralı yolcudur.

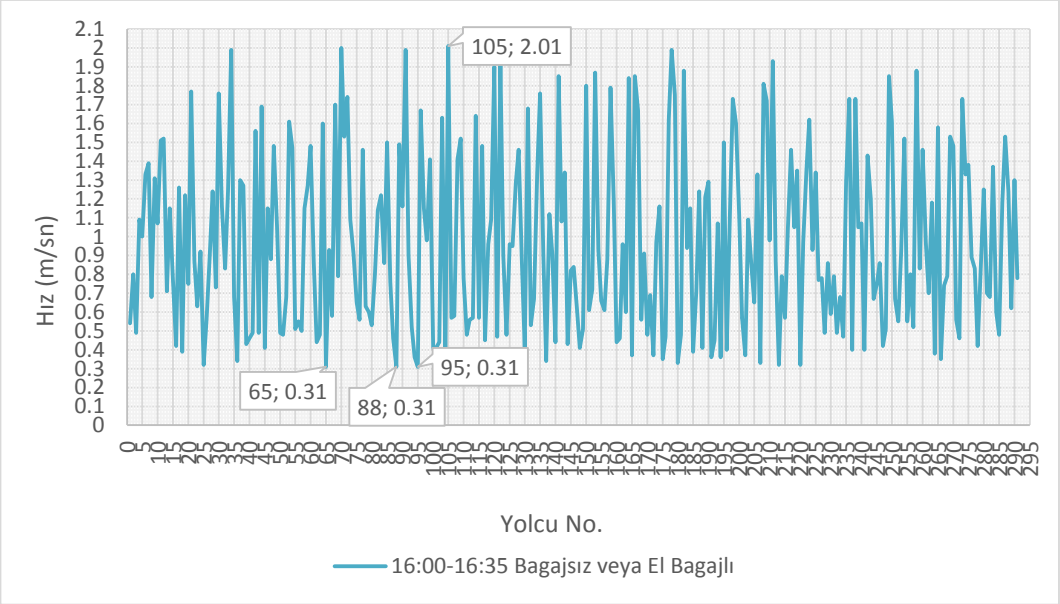
Şekil 4.152'de bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 15:30-15:35 arası 2 uçuş için, IV. zaman aralığında, bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.152. IV. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 15:30-15:35 arasında 2 uçuşun bulunduğu IV. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 130 bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.98 m/sn'dir. En hızlı yolcu 2.28 m/sn ile 76 numaralı yolcu, en yavaş yolcular ise 0.51 m/sn hareket hızı ile 57 ve 73 numaralı yolculardır.

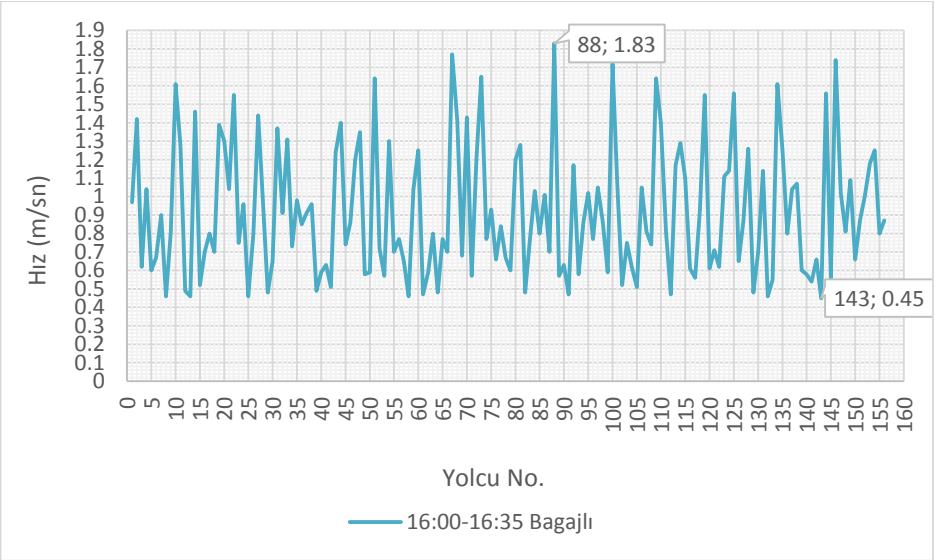
Şekil 4.153'te bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 16:00-16:35 arası 3 uçuş için, V. zaman aralığında, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.153. V. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 16:00-16:35 arasında 3 uçuşun bulunduğu V. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 291 bagajsız veya el bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.97 m/sn'dir. En hızlı yolcu 2.01 m/sn ile 105 numaralı yolcu, en yavaş yolcular ise 0.31 m/sn hareket hızları ile 65, 88 ve 95 numaralı yolculardır.

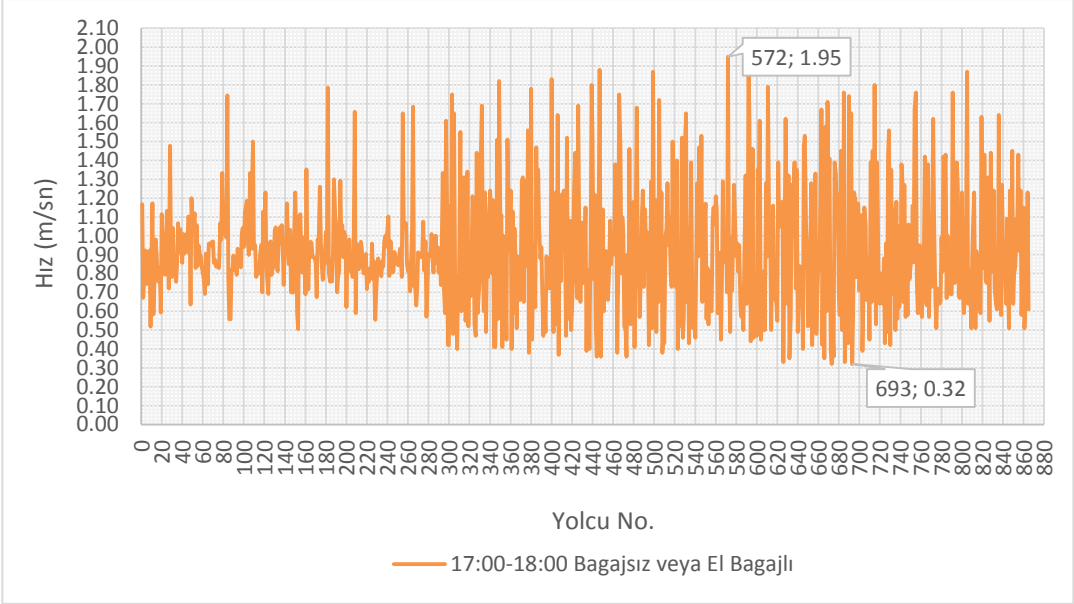
Şekil 4.154'te bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 16:00-16:35 arası 3 uçuş için, V. zaman aralığında, bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.154. V. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 16:00-16:35 arasında 3 uçuşun bulunduğu V. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 156 bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.91 m/sn'dir. En hızlı yolcu 1.83 m/sn ile 88 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.45 m/sn hareket hızı ile 143 numaralı yolcudur.

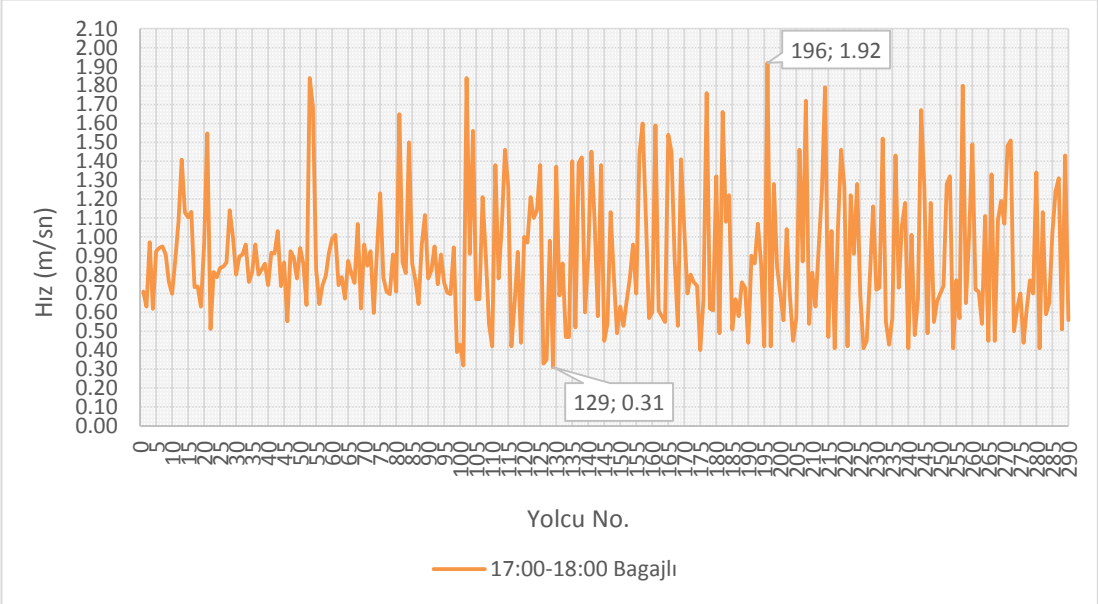
Şekil 4.155'te bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 17.00-18:00 arası 7 uçuş için, VI. zaman aralığında, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.155. VI. zaman aralığı, bagajsız veya el bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 17:00-18:00 arasında 7 uçuşun bulunduğu VI. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 865 bagajsız veya el bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.92 m/sn'dir. En hızlı yolcu 1.95 m/sn ile 572 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.32 m/sn hareket hızı ile 693 numaralı yolcudur.

Şekil 4.156'da bekleme ve serbest dolaşım alanında, saat 17:00-18:00 arası 7 uçuş için, VI. zaman aralığında, bagajlı yolcuların hızları gösterilmektedir.



Şekil 4.156. VI. zaman aralığı, bagajlı yolcuların hareket hızları

Saat 17:00-18:00 arasında 7 uçuşun bulunduğu VI. zaman dilimi için, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 290 bagajlı yolcunun ortalama hızı 0.89 m/sn'dir. En hızlı yolcu 1.92 m/sn ile 196 numaralı yolcu, en yavaş yolcu ise 0.31 m/sn hareket hızı ile 129 numaralı yolcudur.

Çizelge 4.35'te bagajlı ve bagajsız (veya el bagajlı) yolcuların ortalama hızları ve toplam yolcu sayıları belirtilmiştir.

Çizelge 4.35. Bagajlı ve bagajsız yolcuların bekleme alanı içindeki ortalama hızları ve toplam yolcu sayıları

Zaman Dilimi	**Uçuş No.**	**Kalkış Saati**	**Bagajsız veya El Bagajlı - Ortalama Hız (m/sn)**		**Bagajlı Yolcu Sayısı - Ortalama Hız (m/sn)**		**Toplam Yolcu Sayısı - Ortalama Hız (m/sn)**	
I.	PC186 TK2413 TK2923	12:00 12:20 12:30	322	**0.96**	158	**1.02**	480	**0.99**
II.	KK2013 KK4013 TK2415 8Q221 PC145	13:00 13:00 13:30 13:40 13:50	571	**0.98**	288	**0.96**	859	**0.97**
III.	TK7027	14:00	100	**0.99**	112	**1.01**	212	**1**
IV.	KK4015 TK2433	15:30 15:35	178	**1.01**	130	**0.98**	308	**0.995**
V.	TK7029 PC4145 TK2925	16:00 16:25 16:35	291	**0.97**	156	**0.91**	447	**0.94**
VI.	TK2417 PC143 TK2933 TK2419 TK7031 KK015 PC2407	17:00 17:20 17:30 17:35 17:35 17:45 18:00	865	**0.92**	290	**0.89**	1155	**0.91**
21 uçuş			2327	**0.97**	1134	**0.96**	**3461**	**0.968**

Çizelge 4.35'te belirtildiği gibi toplam 21 uçuştaki bagajlı ve bagajsız yolcuların ortalama hızları birbirlerine çok yakındır. Bagajsız yolcular en yüksek hareket hızı ortalamasına IV. zaman diliminde ulaşmıştır. III. zaman diliminde tek uçuş bulunmasına rağmen yolcuların hızları ortalaması IV. zaman dilimindeki kadar yüksek değildir. Yolcular terminal içerisinde rahat hareket imkânı bulduklarında normal hareket hızına sahip olmaktadır. En yavaş hareket hızları ortalaması VI. zaman diliminde gerçekleşmiştir.

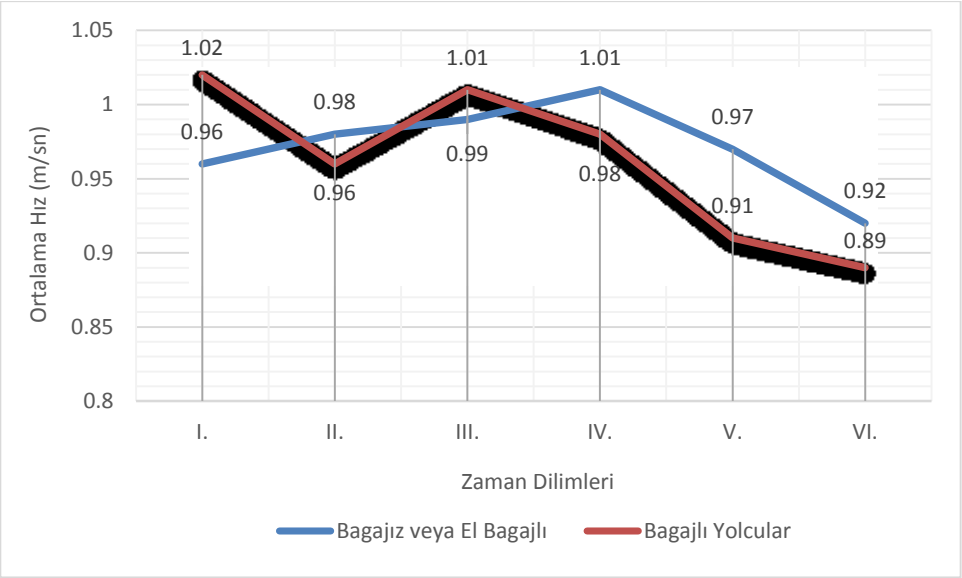
Bilet kontrol bölümü analizinde elde edilen yolcu/süre oranları dikkate alındığında bagajlı yolcuların hızları ortalaması ile doğru orantılı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Bilet kontrol bölümü uçuşlara göre yolcu/süre oranları ile bagajlı yolcuların ortalama hızları kıyası

Zaman Dilimi	**Uçuş No.**	**Kalkış Saati**	**Bagajlı Yolcu Sayısı - Ortalama Hız (m/sn)**		**Bilet Kontrol Bölümü Yolcu/Süre(sn) Oranları**	**Toplam Yolcu Sayısı - Ortalama Hız (m/sn)**	
I.	PC186 **TK2413** **TK2923**	12:00 12:20 12:30	158	**1.02**	**0.132**	480	**0.99**
II.	**KK2013** **KK4013** **TK2415** 8Q221 PC145	13:00 13:00 13:30 13:40 13:50	288	**0.96**	**0.111**	859	**0.97**
III.	**TK7027**	14:00	112	**1.01**	**0.126**	212	**1**
IV.	**KK4015** **TK2433**	15:30 15:35	130	**0.98**	**0.115**	308	**0.995**
V.	**TK7029** PC4145 **TK2925**	16:00 16:25 16:35	156	**0.91**	**0.107**	447	**0.94**
VI.	**TK2417** PC143 **TK2933** **TK2419** **TK7031** **KK015** PC2407	17:00 17:20 17:30 17:35 17:35 17:45 18:00	290	**0.89**	**0.092**	1155	**0.91**
21 uçuş			1134	**0.96**	**0.114**	**3461**	**0.968**

Çizelge 4.36'da kalın karakterlerle belirtilen uçuş numaraları, bilet kontrol bölümünde çalışma yapılabilen uçuşları belirtmektedir. Yolcu/süre (sn) oranları büyüdükçe, bagajlı yolcuların hızları ortalaması artmaktadır. Bilet kontrol bölümüne saniyede geliş yapan yolcu sayısı, bagajlı yolcuların hareket hızları ile doğru orantılıdır.

Bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 3461 yolcunun 0.968 m/sn'dir. Bagajsız veya el bagajlı 2327 yolcunun hareket hızları ortalaması 0.97 m/sn iken, bagajlı 1134 yolcunun hareket hızları ortalamasının 0.96 m/sn olduğu görülmektedir. İki yolcu tipi için de hareket hızları ortalamaları birbirlerine çok yakın çıkmaktadır (Şekil 4.157).



Şekil 4.157. Bekleme ve serbest dolaşım alanındaki bagajlı ve bagajsız yolcuların hareket hızları ortalamalarının kıyaslanması

Şekil 4.157'de görüldüğü gibi bagajlı yolcular ile bagajsız yolcular arasındaki en büyük ortalama hareket hızı farkı 0.06 m/sn ile I. zaman diliminde görülmüştür. Genel ortalama karakteristiğine en uygun zaman aralığı, II. zaman dilimidir.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda yapılan yolcu hareket hızları sonuçlarına göre, serbest yolcuların hareket hızları ortalaması 1.07 m/sn iken, bagajlı yolcuların hareket hızları ortalaması 0.78 m/sn olduğu görülmüştü. İki yolcu tipi arasındaki ortalama hız farkları 0.29 m/sn iken, Antalya Havalimanı iç hatlar terminalinde ise, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki iki yolcu tipinin hareket hızları ortalamaları birbirlerine çok yakın çıkmaktadır. Süleyman Demirel Havalimanı'nda serbest yolcuların hareket hızlarının bu şekilde olmasının başlıca nedenleri:

- İç hatlarda tek seferin bulunması,
- Yolcu başına düşen koltuk sayısının 1.3 koltuk/yolcu olması,
- Terminal içerisinde kafe, alış-veriş mekânı vb. gibi unsurların eksikliği,
- Havalimanına ulaşımın zorluğu,
- Bekleme sürelerinin fazla olmasıdır.

Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali'nde bagajsız (serbest) yolcuların hareket hızları ortalaması 0.97 m/sn'dir. Süleyman Demirel Havalimanı'ndaki serbest yolcularında 0.19 m/sn daha fazladır. Tek uçuşun yer aldığı III. zaman dilimi dikkate alındığında sonuçların bu şekilde olmasının başlıca nedenleri:

- Yolcu başına düşen koltuk sayısının 0.62 koltuk/yolcu olması,
- İç hatlarda birbirini ardına uçuşların bulunması,
- Havalimanına ulaşımın çok yönlü olması,
- Bekleme sürelerinin az olmasıdır.

Bagajlı yolcuların hızları dikkate alındığında, Süleyman Demirel Havalimanı'nda hareket hızları ortalaması 1.07 m/sn iken, Antalya Havalimanı'nda 0.96 m/sn'dir. 0.11 m/sn'lik farkın oluşmasının başlıca nedenleri:

- S. D. Havalimanı giden yolcu salonunda, giriş denetimi ile bilet kontrol bölümü arasındaki mesafenin Antalya Havalimanı'na göre kısa olması,
- S. D. Havalimanı giden yolcu salonunda, yolcuların giriş denetiminden sonra, bilet kontrol bölümüne geçişlerini yaptıkları bir koridor bulunması,
- S. D. Havalimanı'nda iç hatlarda hizmet veren tek uçuş firması bulunduğundan, check-in bankolarının yerlerinin sabit olması,
- Antalya Havalimanı'nda yolcuların bilet kontrol bölümüne geçiş yapabildikleri farklı mesafelerin olması ve fazla sayıda check-in bankosu bulunması,
- Terminal içi, yolcu yoğunluklarının farklı olması,
- S. D. Havalimanı'nda yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları ortalaması 33.91 saniye iken, Antalya Havalimanı'nda geliş aralıkları ortalamasının 9.43 saniye olmasıdır.

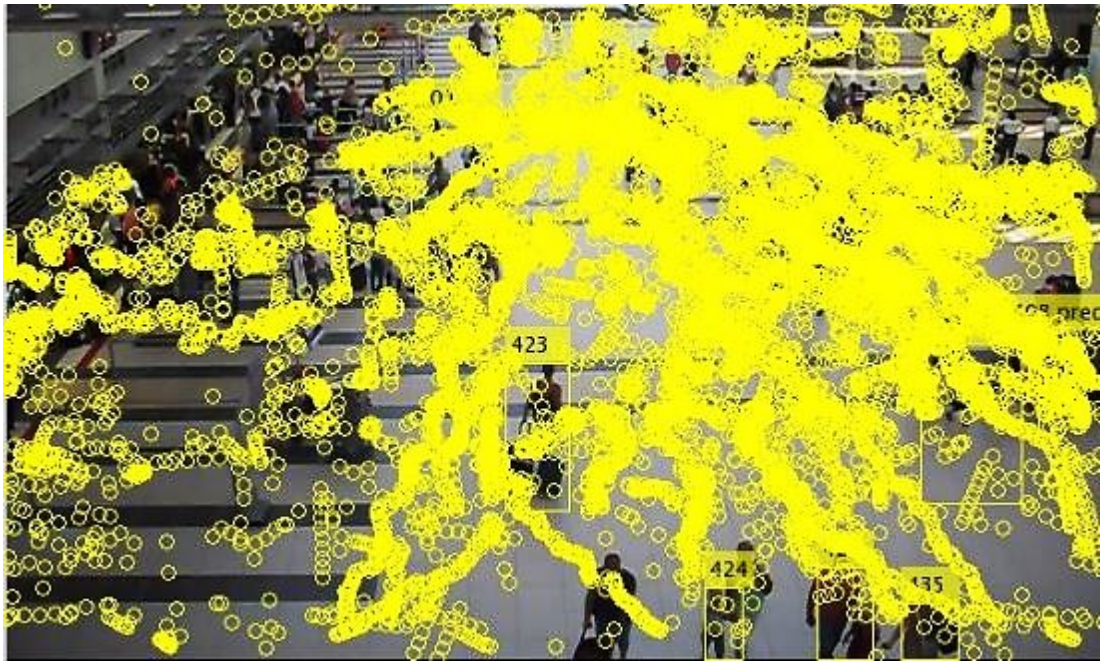
Antalya Havalimanı'nda birbirini takip eden uçuşların bulunması sebebiyle yolcu sirkülasyonunun, iç hatlarda tek uçuşu bulunan S. D. Havalimanı'na göre fazla olması nedeniyle serbest yolcular, Antalya Havalimanı'nda hızlı hareket etmek durumundadır. S. D. Havalimanı'nda ise, yolcuların geneli şehir merkezinden kalkan servis saat 15:20'deki İstanbul uçuşu için terminale saat 14:00'da

ulaştığından, yolcular terminal içinde uzun sürelerde beklemek durumundadır. Terminal içinde hizmet veren mekânların yetersizliği yolcuları terminal içinde kendi hâline bırakmaktadır. Bu sebebler dolayısı ile terminal içindeki serbest yolcu hareketleri ağır kalmaktadır. Antalya Havalimanı'na ulaşımın çok yönlü sağlanmasından ötürü yolcular uzun bekleme süreleri yapmamaktadırlar. Arındırılmış salonların giriş denetiminin açık bulunması sebebiyle, bilet kontrol ve bagaj işlemlerini tamamlayan yolcular uçuşlarını arındırılmış salonlarda beklemeyi tercih etmektedirler. Bu sebeplerle bagajsız veya el bagajlı (serbest) yolcuların hareket hızları yüksek olmaktadır.

Antalya Havalimanı'nda bagajlı yolcuların hareket hızlarının, S. D. Havalimanı'ndaki bagajlı yolcuların hareket hızlarından 0.11 m/sn daha yavaş olması, terminal içinde çok sayıda uçuş firmasının bulunmasından ötürü yolcuların, terminale paralel olarak konumlanmış olan check-in bankolarına ulaşmaları için farklı mesafelerin bulunmasıdır. Özellikle uçuş yapacağı firmanın hizmet verdiği check-in bankolarını bilmeyen yolcuların bilet kontrol bölümüne giderken kararlı hareketlenmelerinin olmaması, yürüme hızlarını yavaşlatmaktadır. Giriş denetimi ile firmaların check-in bankolarına olan mesafelerin farklılık göstermesi sonucu, bagajlı yolcuların nispeten uzun mesafeler yürümesi sırasında hareket hızları yavaşlamaktadır. Terminal içinde yolcu yoğunluklarının S. D. Havalimanı'na göre fazla olmasından ötürü yolcuların hareket hızları kısıtlanmaktadır. Özellikle, bilet kontrol bölümü bariyerleri ile koltuklar arasındaki koridorda oluşan yolcu birikmeleri sırasında bagajlı yolcuların hareket hızları yavaşlamaktadır.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda bagajlı yolcular giriş denetiminden geçtikten sonra bilet kontrol bölümüne geçiş yapmak için belirli bir koridoru kullanmaktadırlar. Giriş denetiminden bilet kontrol bölümüne olan mesafenin kısa olmasından dolayı bagajlı yolcular hareket hızları yavaşlatmamaktadır. Terminal içindeki yolcu yoğunluğu Antalya Havalimanı'ndan az olduğundan yolcular daha hızlı hareket etmektedir. Bilet kontrol bölümüne geliş aralıklarının daha uzun olması sebebiyle yolcular daha rahat hareket imkânı bulduğundan daha hızlı hareket etmektedirler.

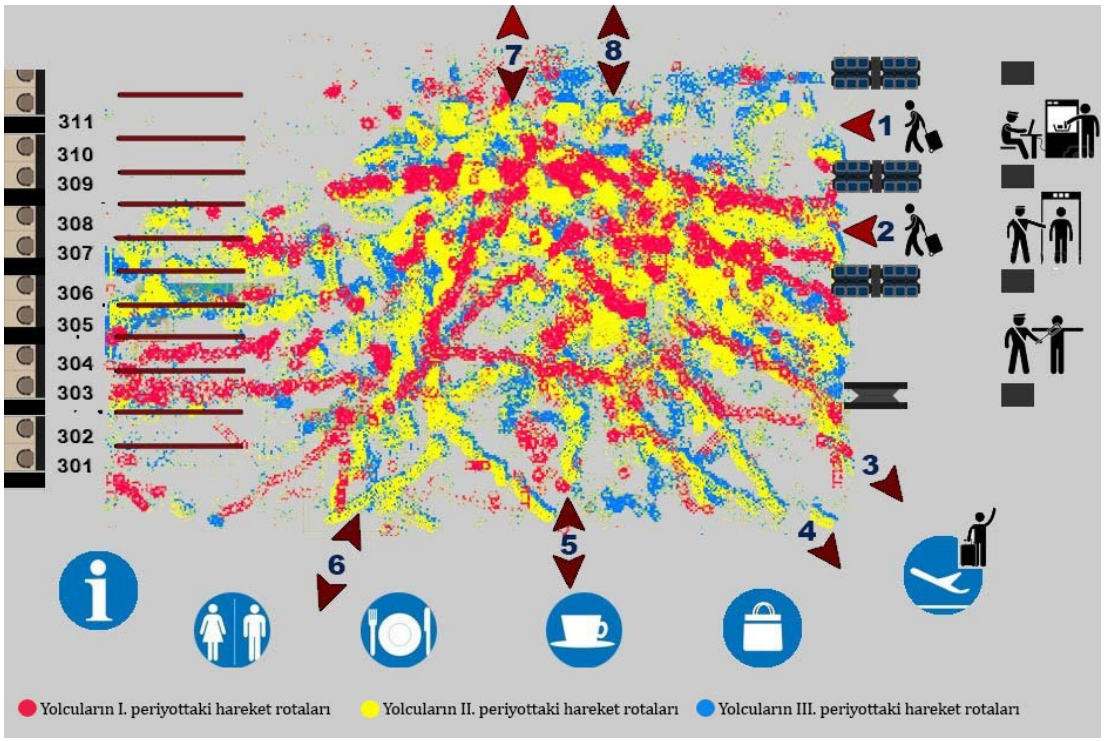
Şekil 4.158'de Antalya Havalimanı İç Hatlar Terminali bekleme ve serbest dolaşım alanında, program vasıtasıyla elde edilmiş yolcu hareket rotaları sonuç çıktısı görülmektedir.



Şekil 4.158. Yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareket rotaları (Çekim açısı 2)

Antalya Havalimanı iç hatlar terminalinde yolcu yoğunlukları fazla olduğundan yolcuların hareket rotaları üst üste binmektedir. Sıklıkla kullanılan hareket rotaları yoğunlaşan işaretlemelerden anlaşılmaktadır. Program tarafından tespit edilen ve edilmekte olan yolcular kutu içinde numara verilerek gösterilmektedir.

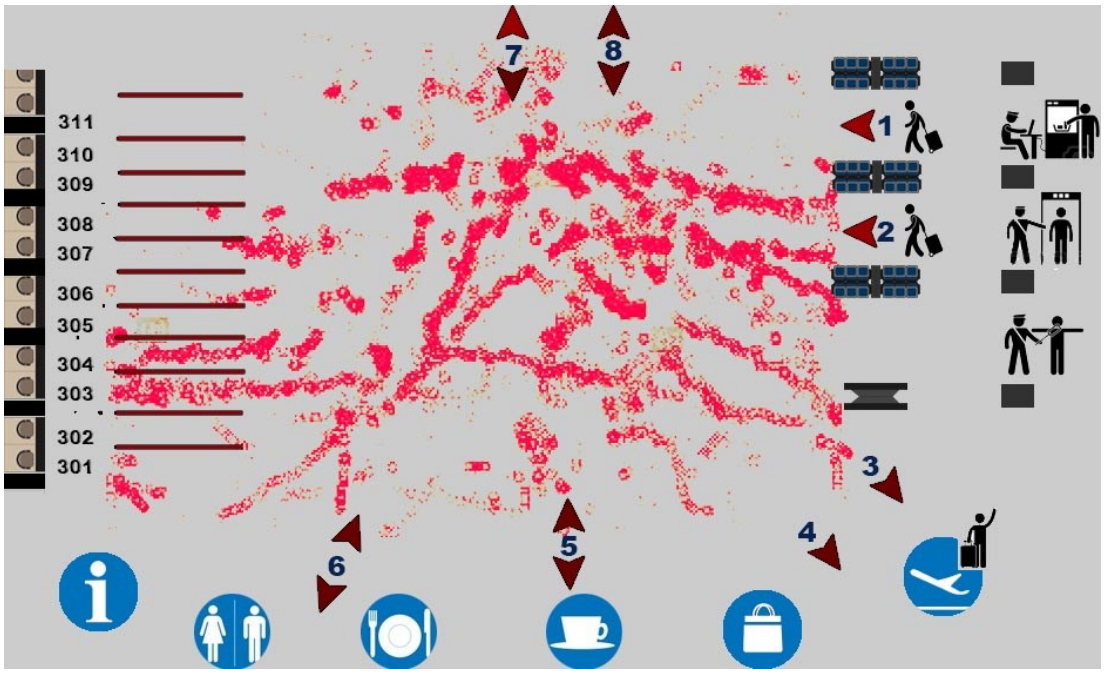
Antalya Havalimanı iç hatlar terminalinde yapılan çalışmalarda, bekleme ve serbest dolaşım alanının en yoğun kullanıldığı zaman aralığı olan VI. zaman diliminde, yolcuların hareket akslarının birbiri üstüne binmesinden dolayı oluşan karmaşıklığın önüne geçilmesi amacıyla, 75 dakikalık VI. zaman dilimi, 25'er dakikalık 3 periyotta analiz edilerek yolcuların VI. zaman dilimi boyunca hareket akslarındaki değişim daha net gözlemlenmiştir (Şekil 4.159).



Şekil 4.159. Yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki birleşik hareket aksları (VI. zaman dilimi, çekim açısı 2, 3 boyutlu görünüm)

Şekil 4.159'da gösterilen şemada, tepeden 3 boyutlu görünüm üzerinde çekim açısı içinde ve dışında kalan mekânların gösterimi yapılmıştır. Şemaya göre; kırmızı renk ile belirtilen akslar ilk periyottaki yolcu hareketlerini, sarı renk ile belirtilen akslar II. periyottaki hareketleri, mavi renk ile belirtilen akslar son periyottaki hareketleri belirtmektedir. Giriş denetiminden gelen yolcular, bekleme ve serbest dolaşım alanına ve bilet kontrol bölümüne geçiş için yoğunlukla 1 ve 2 numaralı aksları tek yönlü kullanmaktadırlar. Bilet kontrol bölümünden çıkan veya serbest dolaşım alanından gelen yolcular, terminalin merkezinde konumlu olan arındırılmış salonlara çıkan merdivenleri kullanmak için 3 ve 4 numaralı aksları tek yönlü kullanmaktadır. Yolcular terminal içindeki hizmet mekânları olan; danışma, wc, yeme-içme, kafeterya ve alış-veriş mekânları içinse, 5 ve 6 numaralı aksları çift yönlü olarak kullanmaktadır. Görüntü alanı dışında kalan diğer bilet kontrol bankolarından gelen iç hatlar yolcuları ve I. dış hatlar terminali giden yolcu salonundan gelen yolcular, 7 ve 8 numaralı aksları çift yönlü olarak kullanmaktadırlar. Yolcuların bilet kontrol bölümü içindeki hareketlerinin TK2417, TK2933, TK2419, TK7031 uçuşları için 301-307 numaralı kontuarlar arasında gerçekleştiği görülmektedir.

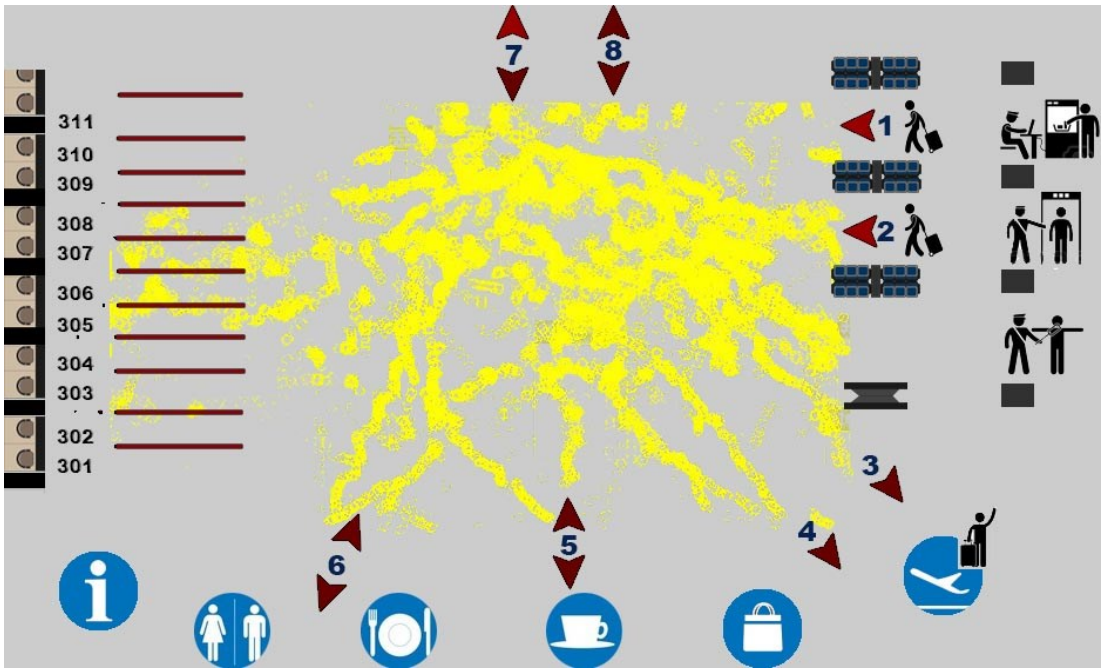
VI. zaman diliminin ilk periyodu için elde edilen yolcu hareket rotaları Şekil 4.160'da görüldüğü gibidir.



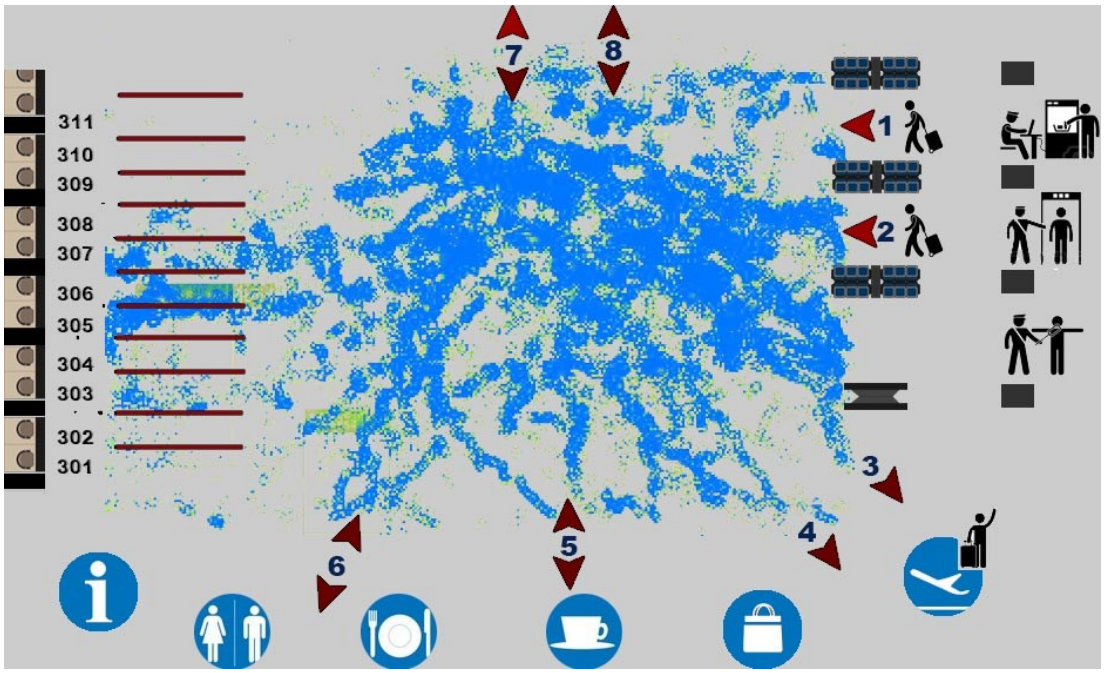
Şekil 4.160. VI. zaman dilimi, I. periyot yolcu hareket rotaları

Şekil 4.160'da bekleme ve serbest dolaşım alanında, yolcu hareketleri henüz yoğunlaşmaya başladığından, hareket rotaları belirgin şekildedir. Yolcuların serbest dolaşım alanından terminal içi hizmet mekânlarına ve bilet kontrol bölümüne hareketleri görülmektedir. I. periyottaki etkin uçuş olan TK2417 İstanbul (Atatürk) uçuşu için yolcuların 303 ve 304 numaralı kontuarları kullandıkları görülmektedir.

II. ve III. periyot içerisinde yer alan TK2933 İstanbul (Sabiha Gökçen), TK2419 İstanbul (Atatürk) ve TK7031 Ankara uçuşlarında bilet kontrol bölümü ve serbest dolaşım alanında gerçekleşen yolcu hareket rotaları Şekil 4.161 ve Şekil 4.162'de gösterildiği gibidir.



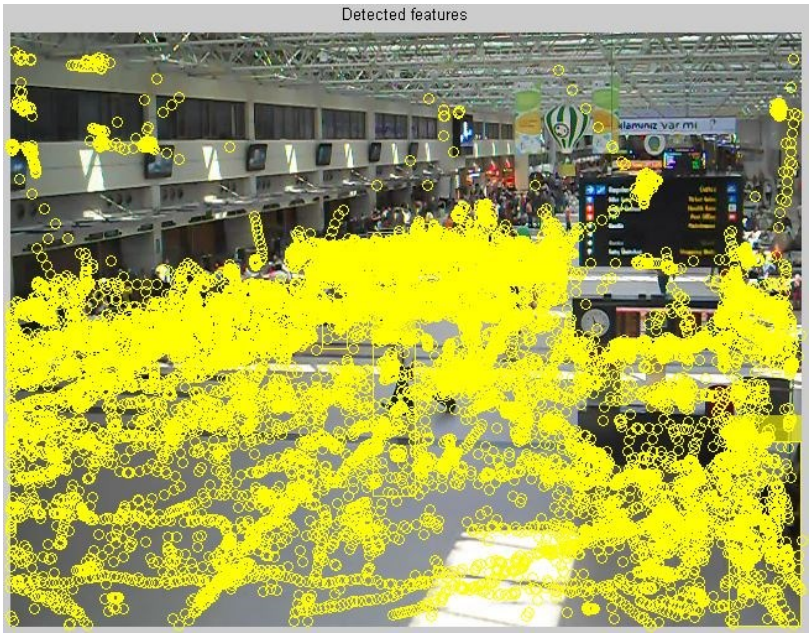
Şekil 4.161. VI. zaman dilimi, II. periyot yolcu hareket rotaları



Şekil 4.162. VI. zaman dilimi, III. periyot yolcu hareket rotaları

Şekil 4.161 ve Şekil 4.162'de belirtilen hareket rotalarında II. ve III. periyotlarda, ilk periyoda göre daha fazla uçuş bulunduğundan yolcu hareketleri giderek yoğunlaşmıştır. Artan yolcu trafiği neticesinde mevzu edilen alanlar içerisinde, yoğun olarak kullanıl olan bölgeler anlaşılmaktadır. Yolcu hareketleri ilk periyottan farklı olarak, 305-307 arası kontuarlarda gerçekleşmiştir.

Şekil 4.63'te 1. çekim açısından alınan kayıtlarda, yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareket rotaları gösterilmiştir.



Şekil 4.163. Yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareket rotaları (Çekim açısı 1)

Şekil 4.163'te gösterilen hareket rotalalarında yolcuların yoğunlukla kullandıkları akslar görülmektedir. 1 nolu çekim açısının hareket rotalarının tayininde kullanılmasının sağlıklı sonuçlar vermediği görülmektedir. Çekim açısından kaynaklanan ve terminalin lineer yapısından dolayı, yolcuların hareket aksları kesişmektedir. Bu sebeple yolcuların hareket rotalarının tayini için 2 nolu çekim açısı gibi daha dik açılar kullanılmalıdır.

Farklı ölçeklerdeki iki havalimanı olan Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı'nda yapılan analizler neticesinde, terminal birimleri için elde edilen yolcu faaliyetleri sonuçlarının, havalimanı büyüklüklerine bağlı olarak nasıl değişimler gösterdiği açıklanmıştır. Havalimanı sistemi içerisinde yolcuların, terminal şartlarında hareket karakteristiklerinin ne derece etkilendiği anlaşılmaktadır. Terminal içerisinde hizmet birimleri çoğaldıkça, yolcuların yeni hareket opsiyonları oluşturdukları görülmektedir. Verilerin yeterli miktarlarda olması ve bu verilerin verimli şekilde işlenip, analiz edilmesi neticesinde terminal fonksiyonlarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi sağlanabilmektedir.

4.4. Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı Terminal Birimleri Hizmet Düzeyleri

Hizmet seviyesi, ayrılmış sınıflar arasında talepleri karşılayacak arz kapasitesinin değerlendirilmesidir. Havaalanı sistemleri arasında kıyaslamaya ve ilgili birim üzerindeki talebin nitelğini yansıtmak için, A'dan F'ye bir dizi hizmet seviyesi kullanılmaktadır.

Statik Kapasite, bir tesisin veya alanın depolama potansiyelini tanımlamak üzere kullanılmakta olup, genellikle belirli bir alanın herhangi tek bir anda barındıracağı kişilerin sayısı olarak ifade edilmektedir. Mevcut kullanılabilir toplam alana ve sağlanacak hizmet seviyesine ait bir fonksiyondur; yani herbir kişinin işgal edebileceği alan miktarı. Statik kapasite standartları, her hizmet düzeyi için işgal eden kişi başına metre kare cinsinden (m^2/işgal eden) belirtilmektedir (SHGM, 2010).

IATA (1995), hizmet düzeyinde statik kapasite standartları belirlemiştir. Mekânlara bağlı olarak oluşturulan standartlar terminal sistemlerinin tasarlanması için kaynak niteliğindedir. Çizelge 4.37'de belirtilen standartlar, farklı mekânlar için ayrı düzenlemelerin yapılması gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 4.37. IATA hizmet düzeyi, statik kapasite standartları (m^2/yolcu)

BİRİM	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Giriş Denetimi	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	Kabul edilemez hizmet seviyesi
Bilet Kontrol Bölümü	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	
Bekleme ve Serbest Dolaşım Alanı	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	
Arındırılmış Salon Girişi	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	
Gelen Yolcu Salonu	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	

A hizmet düzeyi, mükemmel bir hizmet seviyesi, serbest akış ortamı, gecikmeler yok, mükemmel konfor seviyeleri. Yolcular, dolaşımda kendi hızlarını belirleyebilmektedir. Yolcu kesişmeleri ve tıkanıklıklar yoktur.

B hizmet düzeyi, yüksek hizmet seviyesi, yüksek hizmet seviyesi, istikrarlı akış ortamı, çok az sayıda gecikme ve yüksek komfor seviyeleri. Yolcular kesişme ve tıkanmaları azaltmak için hareket hızlarını kendileri düzenlerler.

C hizmet düzeyi, iyi hizmet seviyesi, istikrarlı akış ortamı, kabul edilebilir gecikmeler ve iyi komfor seviyeleri, makul maliyetle iyi hizmete işaret etmektedir. Asgari tasarım hedefidir.

D hizmet düzeyi, yeterli hizmet seviyesi, istikrarsız akış ortamı, kısa süreli kabul edilebilir gecikmeler ve yeterli komfor seviyeleri, yolcuların terminal içindeki hareketleri sınırlandırılmıştır.

E hizmet düzeyi, yetersiz hizmet seviyesi, istikrarsız akış ortamı, kabul edilemez gecikmeler, yetersiz komfor seviyeleri, kesişmeler çok, duraklamalar görülebilir.

F hizmet düzeyi, kabul edilemez hizmet seviyesi, kesişmeli akışlar, sistem arızaları ve kabul edilemez gecikmeler, kabul edilemez bir komfor seviyesi, yolcu dolaşımları durma noktasındadır.

Hizmet düzeyi A, üst sınırsızdır. Sıra beklemek için sağlanan bir alanda toplam yolcu sayısı, herhangi belirli bir uçuş için oldukça sabit olma eğilimindedir. Kuyruk taştığında işgal eden kişi başına alan, IATA tarafından hizmet seviyesi “C” ile “D” arasındaki sınır olarak görülmektedir. Yolcular, mecbur kalmadıkça, hizmet seviyesi “C”den düşük bir seviyeyi tecrübe etmekten kaçınmaktadır. Ancak içinden geçen yolcularla alan paylaşan koridorlarda sıra bekleyen yolcular daha düşük bir hizmet seviyesi tecrübe edebilir (SHGM, 2010).

Hizmet düzeyi kabulleri dâhilinde, ilgili bölümlerde yapılan çalışmalarda elde edilen veriler kullanılarak, mekânların hizmet düzeyleri belirlenerek, IATA'nın belirlemiş olduğu hizmet seviyesi alan dağılımları uygunluğuna bakılmıştır.

4.4.1. Giriş denetimi hizmet düzeyleri

Süleyman Demirel Havalimanı, giriş denetimi bölümünde yolcuların X-ray gerisinde sıralanabileceği 30 m²'lik alan bulunmaktadır. Yoğunluk durumlarına ve yolcuların geliş dağılımlarına göre hizmet seviyeleri değişimleri Çizelge 4.38'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.38. Süleyman Demirel Havalimanı giriş denetimi hizmet düzeyleri

Tarih	Periyot (dk)	Yolcu Sayısı	Açık X-ray	Hizmet Düzeyi
23.07.2014	10	33	1	**F**
	3	19	1	**B**
24.07.2014	10	30	1	**E**
	12	21	1	**C**
25.07.2014	12	33	1	**F**
	12	19	1	**B**
26.07.2014	10	31	1	**F**
	12	24	1	**C**

Giriş denetiminde yolcuların ilk gelişlerini kapsayan 10 dakikalık ilk periyotta hizmet düzeyi kabul edilemez durumdadır. Kalan yolcuların gelişlerinin gerçekleştiği diğer periyotlarda hizmet seviyeleri "C –B" arasında değişmektedir.

4.4.2. Bilet kontrol bölümü hizmet düzeyleri

IATA, mahale özel standartlar bulunmadıkça, bilet kontrol bölümündeki alan standartlarına ilişkin dört farklı takımın kullanılmasını tavsiye etmektedir (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Tek kuyruk bilet kontrol bölümü için hizmet seviyesi alan standartları (m^2/işgal eden kişi) (SHGM, 2010)

	A	**B**	**C**	**D**	**E**
Bagajlı az sayıda el arabası ve az sayıda yolcu (sıra genişliği 1.2m)	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9
Az sayıda el arabası ve yolcu başına 1 veya 2 parça bagaj (sıra genişliği 1.2m)	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1
El arabaları kullanan yolculara ait yüksek yüzde (sıra genişliği 1.4m)	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5
Yolcu başına 2 veya daha fazla el arabaları kullanan yüksek yolcu yüzdesi (sıra 1.4m)	2.6	2.3	2.0	1.9	1.8

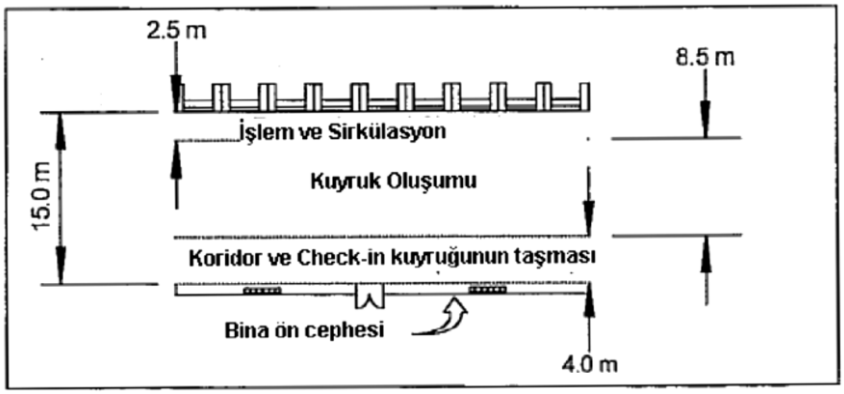
Süleyman Demirel Havalimanı bilet kontrol bölümünde tek kuyruk şerit bariyer ile çalışan 3 bilet kontuarını kapsayan alan yaklaşık 28 m^2'dir. Yoğunluk durumuna göre açık kontuar sayısı değişmektedir. Açık kontuar durumuna göre yolcuların işgal ettiği alan değişmektedir. Bilet kontrol bölümdeki hizmet seviyesi değişimleri Çizelge 4.40'da görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.40. Süleyman Demirel Havalimanı bilet kontrol bölümü hizmet düzeyleri

Tarih	Periyot (dk)	Yolcu Sayısı	Açık Kontuar	Hizmet Düzeyi
23.07.2014	14	23	3	**D**
	12	24	3	**D**
	9	7	1	**D**
24.07.2014	14	25	3	**D**
	12	19	3	**C**
	9	13	2	**C**
25.07.2014	14	20	3	**C**
	12	26	3	**D**
	9	7	1	**D**
26.07.2014	14	32	3	**F**
	12	14	2	**C**

Süleyman Demirel Havalimanı bilet kontrol bölümü hizmet seviyesi sınır durumdadır. Hizmet düzeyi "C – D" arasında değişmektedir.

IATA, azami 30-35 dakikalık kuyruk süresinde frontal tip yolcu kabul eden bilet kontrol bölümleri için boyutları belirlemiştir (Şekil 4.164).



Şekil 4.164. Frontal tip yolcu kabul eden bilet kontrol bölümü ebatları (SHGM, 2010)

IATA, tezgahın önünde işlem ve sirkülasyon için 2.5 metre, kuyruk için 7.5 ile 8.5 metre arası, ve sirkülasyon ve yolcu kuyruğunun taşması için 4 metre tavsiye etmektedir. "C" hizmet düzeyi standardında 22 metre, 30 dakika veya kısa bir azami kuyruk süresi için yeterlidir.

Çizelge 4.41'de Antalya Havalimanı bilet kontrol bölümü azami kuyruk uzunlukları için hizmet düzeyleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.41. Antalya Havalimanı bilet kontrol bölümü hizmet seviyeleri

Uçuş No.	**Kalkış Saati**	**Yolcu Sayısı**	**Kuyruktaki azami yolcu sayısı**	**Kuyruk uzunluğu (m)**	**Hizmet Düzeyi**
TK2413	12:20	171	22	13	**D**
TK2923	12:30	190	19	11	**D**
KK2013	13:00	159	18	10.5	**D**
KK4013	13:00	211	13	7.5	**D**
TK2415	13:30	194	21	12.5	**D**
TK7027	14:00	189	20	11.5	**D**
KK4015	15:30	130	18	10.5	**D**
TK2433	15:35	147	19	11	**D**
TK7029	16:00	140	17	10	**D**
TK2925	16:35	143	18	10.5	**D**
TK2417	17:00	156	13	7.5	**D**
TK2933	17:30	196	9	6	**C**
TK2419	17:35	159	15	9	**D**
TK7031	17:35	182	15	9	**D**
KK015	17:45	151	11	6.5	**D**

Antalya Havalimanı bilet kontrol bölümünde kuyruk taştığında, işgal eden kişi başına alanın sınır düzeyde olduğu görülmektedir. Yolcuların "C" hizmet düzeyinden düşük bir hizmet düzeyini tecrübe etmeleri, yolcu kuyruğunun serbest dolaşım alanına dâhil olmasından kaynaklanmaktadır. Sıranın, dolaşım alanına dâhil olmadığı anlarda hizmet seviyesi "C" ve üzerine çıkabilmektedir.

4.4.3. Bekleme ve serbest dolaşım alanı hizmet düzeyleri

Yolcuların yürüme mesafeleri mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Otoparktan bilet kontrol bölümüne önerilen yürüme mesafesi 300 m'dir.

Yolcular, yürüme hızlarını aşağıdaki değişkenlere dayanarak çevreye uyarlamaktadır (SHGM, 2010):

- Koridordaki işgal ve akış
- Bagajlı ve el arabalı yolcuların oranı
- Doğal tek yönlü akışı engelleyen, ayakta duran yayaların mevcudiyeti

Yolcu terminalinin çeşitli bekleme/dolaşım alanlarında hizmet seviyesi C'ye ait alanı ve hızı gösteren tablo, Çizelge 4.42'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.42. Hizmet seviyesi "C" için alan ve hız (SGHM, 2010)

	Alan (m^2/kişi)	**Hız (m/sn)**
Yolcu kabulü (Check-in) sonrası kamusal alan – az sayıda el arabası	1.8	1.1
Yolcu kabulü (Check-in) öncesi kalkış – el arabaları	2.3	0.9

Süleyman Demirel Havalimanı bekleme ve serbest dolaşım alanı yaklaşık 400 m^2 alanındadır. Yolcu kabulü öncesi bagajlı yolcuların, sonrası serbest yolcuların hareket hızları ve işgal alanları belirlenmiştir (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. Süleyman Demirel Havalimanı bekleme ve serbest dolaşım alanı hizmet seviyeleri

Tarih (2014)	**Bagajlı yolcu sayısı**	**Bagajlı yolcu işgal alanı (m^2)**	**Bagajlı yolcu hızı (m/sn)**	**Serbest yolcu sayısı**	**Serbest yolcu hızı (m/sn)**	**Serbest yolcu işgal alanı (m^2)**	**Hizmet Düzeyi**	
							Bgj	*Srb*
23.07	47	120	1.05	45	0.730	110	**B**	**B**
24.07	50	120	1.08	66	0.815	110	**B**	**C**
25.07	65	120	1.05	74	0.784	110	**C**	**D**
26.07	56	120	1.11	40	0.779	110	**B**	**A**

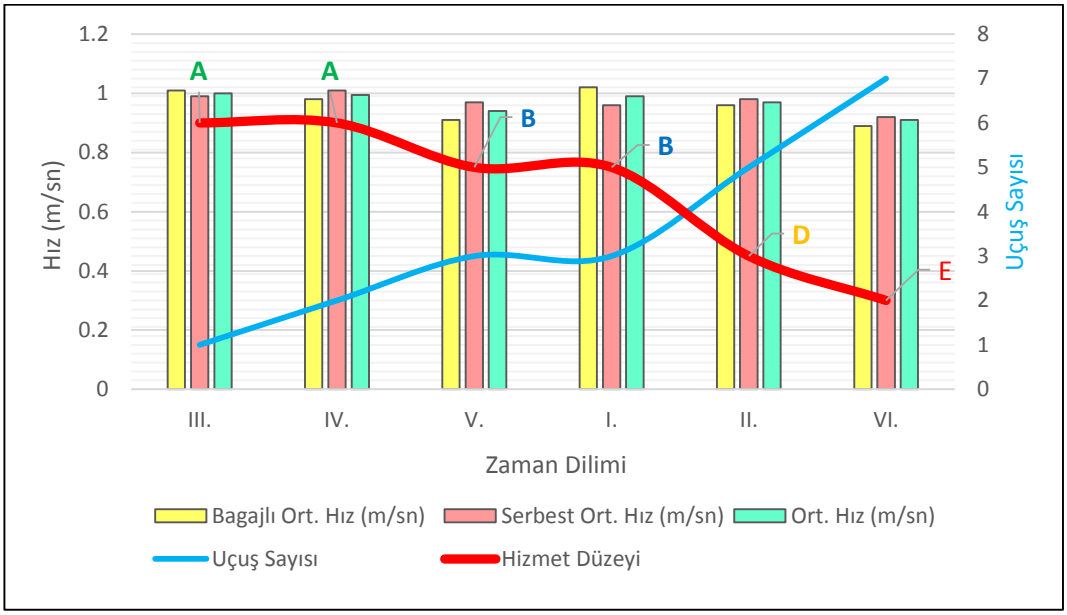
Statik kapasite dikkate alındığında işgal alanlarında hareket hâlinde bulunan yolcuların hizmet seviyeleri üst düzeylerde olduğundan yürüme hızlarını kendilerini düzenlemektedir. Rahat hareket ortamından dolayı, yolcuların serbest hareketleri düşük hızlardadır. Bagajlı yolcuların işgal alanlarındaki hizmet seviyesi sınır düzeyden yukarıda olmasına rağmen hareket hızları "C" düzeyindedir.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda iç hatlarda tek uçuş bulunmasından dolayı, yolcuların bagajlı ve serbest hareketleri farklı zamanlarda oluşmaktadır. Antalya Havalimanı'nda ise bagajlı ve serbest yolcuların, bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareketleri aynı zamanlarda gerçekleşmektedir. Bu sebeple iki ayrı yolcu grubu için hizmet seviyelerinin birlikte incelenmesi gerekmektedir. Terminalde, bekleme alanı ve bilet kontrol bölümü toplam 3834 m^2 alanındadır. Çalışmada, yolcuların bagaj teslimi ve serbest dolaşımlarının olduğu işgal alanı 1160 m^2'dir. Farklı sayıda uçuş ve yolcu sayısı içeren 6 ayrı zaman diliminde Antalya Havalimanı bekleme, serbest dolaşım alanı ve bilet kontrol bölümünüde içeren hizmet düzeyleri tablosu Çizelge 4.44'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.44. Antalya Havalimanı bekleme ve serbest dolaşım alanı hizmet seviyeleri

Zaman Dilimi	Uçuş Sayısı	Toplam Yolcu Sayısı	Bagajlı yolcu ort. hızı (m/sn)	Serbest yolcu ort. hızı (m/sn)	Yolcuların ort. hızı (m/sn)	Yolcuların işgal alanı (m^2)	Hizmet Düzeyi
I.	3	480	1.02	0.96	0.99	1160	**B**
II.	5	859	0.96	0.98	0.97	1160	**D**
III.	1	212	1.01	0.99	1	1160	**A**
IV.	2	308	0.98	1.01	0.995	1160	**A**
V.	3	447	0.91	0.97	0.94	1160	**B**
VI.	7	1155	0.89	0.92	0.91	1160	**E**

Şekil 4.165'te Antalya Havalimanı iç hatlarda, uçuş sayısına göre bekleme serbest dolaşım alanında hizmet seviyesi değişimleri gösterilmektedir.



Şekil 4.165. Serbest dolaşım alanı uçuş sayısına göre hizmet seviyesi değişimleri

Antalya Havalimanı iç hatlar, bekleme ve serbest dolaşım alanında hız ve alan hizmet seviyeleri "C" düzeyindedir. Uçuş sayısının 5'ten fazla olduğu zaman aralıklarında alan hizmet seviyesi, sınır düzeyin altına düşmektedir fakat hız hizmet seviyesi sınır düzeyde kalmaktadır.

4.4.4. Arındırılmış salon hizmet düzeyleri

Süleyman Demirel Havalimanı, 1 nolu dış hatlar arındırılmış salonu 110 m², 2 nolu iç hatlar arındırılmış salonu 61 m²'dir. Bekleme ve serbest dolaşım alanı ile paylaşılan ve 2 nolu arındırılmış salon girişinde yolcuların oluşturduğu kuyruk işgâl alanı 70 m²'dir. İşgâl alanı içerisinde bekleme ve serbest dolaşım yapan yolcular da bulunabilmektedir.

IATA, arındırılmış salon içerisinde ayakta duran veya oturan yolcuların alan gereksinimleri arasında bir ayrım yapmaktadır. Oturan yolcular için 1.7 m² ve ayakta duran yolcular için 1.2 m² varsayılmaktadır. İşgal oranı hizmet seviyesini ölçmek için kullanılmaktadır (SHGM, 2010), (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.45. Bekleme odalarında hizmet seviyesi (SHGM, 2010)

	A	**B**	**C**	**D**	**E**
Azami İşgal Oranı	40%	50%	65%	80%	95%

Çizelge 4.46'da Süleyman Demirel Havalimanı 2 nolu arınıdırılmış salon girişinde oluşan yolcu kuyruklarının azami işgal alanlarına göre hizmet seviyeleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.46. 2 nolu arındırılmış salon girişi hizmet düzeyleri

Tarih (2014)	**Kuyruktaki azami yolcu sayısı**	**Kuyruk uzunluğu (m)**	**Kuyruk işgâl alanı (m²)**	**Hizmet Düzeyi**
23.07	21	8.5	17	**D**
24.07	25	11	22	**D**
25.07	29	10	20	**E**
26.07	23	11	22	**C**

2 nolu arındırılmış salon girişinde oluşan kuyruklarda hizmet seviyesi "D" düzeyindedir. 2 nolu arındırılmış salonunun toplam alanı 61 m² olmasına rağmen, yolcular X-ray cihazının arka tarafındaki 10 m²'lik alanda bekleme yapamadıklarından dolayı salonun bekleme etkin alanı 51 m²'dir. 2 nolu

arındırılmış salonun etkin bekleme alanı ve "D" sınır hizmet seviyesi dikkate alındığında salonun azami yolcu kapasitesi 85 yolcudur. Apron kapısı açılana kadar salon içerisinde bekleyen azami yolcu sayısına göre azami işgâl oranları tespit edilmiştir (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. 2 nolu arındırılmış salon azami işgal oranları ve hizmet seviyeleri

Tarih (2014)	**Azami yolcu sayısı**	**Azami İşgâl Oranı (%)**	**Hizmet Düzeyi**
23.07	42	49%	**A**
24.07	50	59%	**B**
25.07	49	58%	**B**
26.07	52	61%	**B**

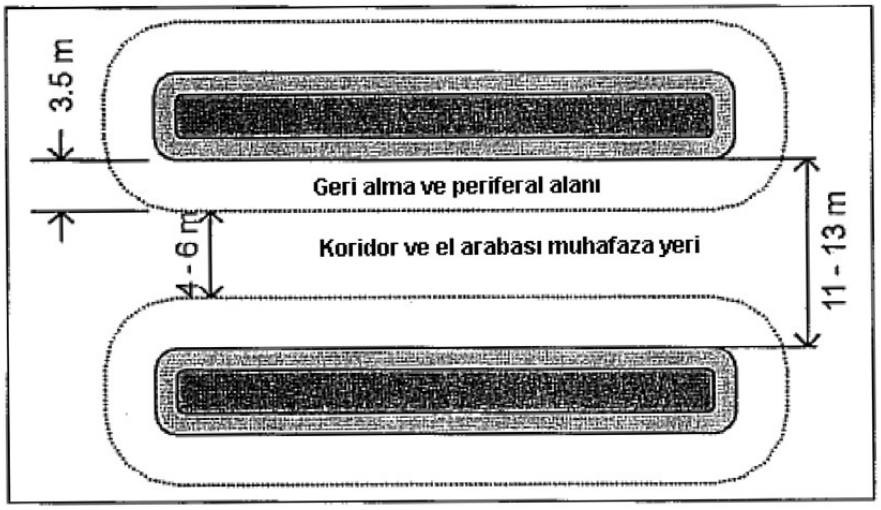
Yolcular arasındaki komfor mesafesi, yolcudan yolcuya değişiklik göstermektedir. IATA, mahale özgün standartlar mevcut olmadığı takdirde 0.8 ile 0.9 metre arası kullanılmasını tavsiye etmektedir. 0.8 metreden azı mümkündür fakat diğer yolcularla çarpışabilinir. 2 nolu arındırılmış salon genel hizmet seviyesi "B" düzeyindedir.

4.4.5. Gelen yolcu salonu hizmet düzeyleri

Süleyman Demirel Havalimanı gelen yolcu salonunu kullanan yolcuları; bagaj alan ve transit geçiş yapan şeklinde sınıflandırılmıştır. Gelen yolcuların bagajları, yolcular salona giriş yaptıktan itibaren 5-10 dakika içinde konveyöre yüklenmektedir. Bu sırada bagaj alım bölümünde birikmeler oluşmaktadır.

Bir bagaj alma ünitesi etrafındaki alan farklı fonksiyonlara hizmet etmektedir. Şekil 4.166'da tipik bir bagaj alım ünitesinin düzeni gösterilmiştir. Bagaj teslim alma ünitesinin ön tarafı, yolcunun bagajlarını beklemesi ve teslim alması için gerekli pozisyonları veya kanalları sağlamaktadır. Geri alma alanı etkin olarak, bir valizin geri alınması hareketi için gerekli alandır. Periferal alan: geri alma alanındaki bir açıklığı beklemek için; bagajlarını teslim alması için bir eşini veya

arkadaşını bekleyen yolcu için; el arabasını park etmek ve geri alma alının içinde/dışında dolaşmak için kullanılmaktadır (SHGM, 2010).



Şekil 4.166. Bagaj teslim alma sistemi (SHGM, 2010)

Geri alma ve periferal alanı, ünitenin etrafında kabaca 3.5 metre genişliğinde bir şerittir. Bu alan, karusel etrafında bekleyen yolculara yönelik hizmet seviyesini ve ünitenin statik kapasitesini (birikme) ölçmek için kullanılmaktadır. Sürdürülebilir kapasite, hizmet seviyesi "C" düzeyidir. Kapasite, toplam alanın, Çizelge 4.48'de gösterilen hizmet seviyesi "C" alan standardına bölünmesiyle belirlenmektedir. Yolcuların işlemlerinin yapılması, dolaşım, ve el arabalarını muhafaza etmek için 11 ile 13 metre arası bir ayırım tavsiye edilmektedir.

Çizelge 4.48. Bagaj teslim alma ünitesi için hizmet seviyesi (Geri alma ve periferal alanı)

	A	**B**	**C**	**D**	**E**
Alan standardı (m^2/işgâl eden kişi)	2.6	2.0	1.7	1.3	1.0

Süleyman Demirel Havalimanı bagaj alım bölümündeki iki ünite arasındaki ayrım, geri alma ve periferal alanı, koridor ve el arabası muhafaza yeri toplam 5 metre uzunluğundadır. IATA tavsiyelerinin gereksinimlerini karşılamayan bagaj alım yerinin geri alma ve periferal net kullanım alanı 105 m^2'dir. "C" alan

standardında bagaj alım yerinin kapasitesi 179 yolcudur. Bagaj alım yerinin hizmet seviyeleri Çizelge 4.49'da belirtildiği gibidir.

Çizelge 4.49. Bagaj alım yeri hizmet düzeyleri

Tarih (2014)	**Yolcu sayısı**	**İşgâl Alanı (m^2)**	**Hizmet Düzeyi**
23.07	23	40	**C**
24.07	50	90	**C**
25.07	68	105	**D**
26.07	73	105	**D**

Süleyman Demirel Havalimanı bagaj alım yeri hizmet seviyesi "D" düzeyindedir. Yeterli hizmet seviyesidir ve kabul edilebilir gecikmeler yaşanmaktadır.

Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı terminal birimlerinin genel hizmet seviyeleri Çizelge 4.50'deki gibidir.

Çizelge 4.50. Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı, terminal birimleri hizmet seviyeleri

BİRİM	**Hizmet Düzeyleri**	
	Süleyman Demirel Havalimanı	**Antalya Havalimanı**
Giriş Denetimi	**D**	-
Bilet Kontrol Bölümü	**C**	**D**
Bekleme ve Serbest Dolaşım Alanı	**B**	**B**
Arındırılmış Salon Girişi	**C**	-
Arındırılmış Salon	**B**	-
Gelen Yolcu	**D**	-

Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı, bekleme ve serbest dolaşım alanlarında, istikrarlı akış ortamı, az sayıda gecikme ve iyi komfor seviyeleri mevcuttur. Antalya Havalimanı bilet kontrol bölümü, yeterli hizmet seviyesindedir. Kısa ve kabul edilebilir gecikmeler yaşanmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Havalimanlarının tarihsel gelişim aşamalarında hava trafik kontrol teknolojilerinin devreye girmesinden sonra sağlanan uçuş güvenliğinin hava taşımacılığına olan talepleri artırmasıyla oluşan yolcu hacimlerinin karşılanması gelişen terminal tasarımlarıyla mümkün olmuştur. Jumbo jetlerin uzun mesafelere uçabilmesiyle başlayan uluslararası yolcu taşımacılığı terminalleri, ülkeler arası saygınlık unsuru hâline getirmiştir.

Terminal tasarımının en önemli belirleyicileri yolculardır. Maalesef, terminaller her zaman yolcu tutumlarını ve kullanıcı ihtiyaçlarını dikkate alacak şekilde tasarlanmamıştır. Çoğunlukla temel estetik yaklaşımları temsil eden terminal yapıları tercih edilerek, gerekli kapasiteye sahip olmayan ve kullanıcılarına düşük hizmet seviyelerini tecrübe ettiren, talebi karşılayabilmek adına pahalı alt sistemler karmaşıklığına sebep olunmaktadır.

Yolcuların havalimanlarını ziyaretlerinin öncül sebebi, uçuşlarına yetişebilmeleridir. Başarılı bir terminal yapısının göstergesi, yolcu-uçak bağlantısındaki doğal ve engelsiz yolcu akışı, kolay dolaşım, basitlik ve etkin maliyettir.

Terminal tasarımı, işlemi yapılacak yolcuların çeşitli özelliklerini ve hacmini yansıtmalıdır. Hizmet seviyesini göz önünde bulundurarak tasarım yapmak ve terminal kapasitesinin idare edilmesi, kapasitenin uzun vadeli mali ve işletme sonuçlarıyla en uygun düzeye çıkarılmasında önemli hususlardır.

Yolcuların çeşitli özelliklerini ve hacmini gösteren sayısal ve görsel verilerin elde edilmesi; talep/kapasite özellikleri, hizmet seviyesi belirlenmesi, performans ve gerekliliklere ilişkin gerçekçi bir değerlendirme almak için gerekli analitik çalışmanın esasını oluşturmaktadır.

Farklı kapasitelerdeki iki havalimanı olan Süleyman Demirel Havalimanı ve Antalya Havalimanı terminallerinde veriler, görüntü işleme metotlarının kullanılması ile elde edilmiştir.

Görüntü işleme metotlarının uygulandığı sistemler; giriş denetimi, bilet kontrol bölümü, bekleme ve serbest dolaşım alanı, arındırılmış salon, gelen yolcu salonu ve aprondan oluşmaktadır.

Süleyman Demirel Havalimanı'nda yapılan çalışmalarda;

Yolcu anketleri neticesinde:

- Yolcu orijininin büyük kısmını Isparta ilinin oluşturmaktadır
- Yolcuların büyük kısmının 20-40 yaşları arasındadır
- Yolcu şikâyetleri en çok kapı bekleme alanının darlığı üzerinedir.

Yolcu istatistiklerine göre:

- İç hat yolcu sayısı 2014 itibariyle yaklaşık 65.000 yolcuya,
- Dış hat yolcu sayısı 2014 itibariyle yaklaşık 121.000 yolcuya ulaşmıştır.
- Mart, 2014 yılının en yoğun ayıdır. Mart-Eylül ayları arası yolcu yoğunlukları görülmektedir.

Ulaştırma Bakanlığı tarafından "C" grubu havalimanı olarak sertifikalandırılmıştır.

Süleyman Demirel Havalimanı'nın planı çizilmiş ve ölçülendirilmiştir. Birimler detaylandırılmıştır. Güncel terminal düzeni gösterilmiş ve eski düzeni ile karşılaştırılmıştır. Güncel terminal düzenine göre:

- Eski oturma düzeninde verimsiz kullanılan bekleme ve serbest dolaşım alanı, yeni düzeniyle etkin bir biçimde kullanılmaktadır.

- Yeni terminal düzeninde kuyruk oluşum yerleri ve azami kuyruk uzunlukları belirlenmiştir.
- Bilet kontrol bölümüne yerleştirilen şerit bariyer ile tek yönlü düzenli kuyruk oluşumu sağlanmış ve bilet bankoları önünde oluşan birikmeler düzenlenmiştir. Azami kuyruk oluşumu 22 m'dir.
- 1 nolu arındırılmış salon önündeki kuyruk oluşumları düzenlenmiştir ve azami kuyruk oluşumu 11 m'dir.
- Bekleme alanındaki koltuk doluluk oranı ortalaması azami 81%'dir. Azami oturan yolcu ortalaması 89%'dur.
- Dış hatlarda İran seferlerinin artması nedeniyle 1 nolu arındırılmış salon alanı genişletilerek 110 m^2'ye çıkarılmıştır. 2 nolu salonun alanı 61 m^2 ile sınırlandırılmıştır.

Matlab altyapısında bulunan hazır görüntü işleme kodları kullanılarak geliştirilen algoritma ile hareket tabanlı çoklu yolcu takibi ve sayımı gerçekleştirilmiştir. Süleyman Demirel Havalimanı'nda program vasıtasıyla terminal birimlerinde yapılan çalışmalar ve sonuçları şu şekildedir:

- Giriş denetimi, X-ray yolcu sayımı ve geçiş aralıkları
- Bilet kontrol bölümü, yolcu sayımı ve geliş aralıkları
- Bekleme ve serbest dolaşım alanı, yolcu sayımı, hareket hızları ve güzergâhları
- Gelen yolcu salonu, yolcu sayımı ve geçiş (çıkış) aralıkları
- Apron, yolcu sayımı ve geçiş aralıkları sonuçlarına ulaşılmıştır.

Giriş denetiminde 232 yolcu 3.1%, bilet kontrol bölümünde 210 yolcu 2.9%, bekleme ve serbest dolaşım alanında 443 yolcu 4.7%, apronda 316 yolcu 2.8%, gelen yolcu salonunda 372 yolcu 3.5% hata oranı ile sayılmıştır. Sayım sonuçları genelinde 99.68%'lik doğruluk oranı sağlanmıştır.

Yolcu sayımları ve geçiş aralıkları verileriyle, ilgili bölümlerde analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde; giriş denetiminden yolcu geçiş aralıkları periyotları 10 dk, 5 dk, 4 dk ve 3 dk olarak belirlenmiş, toplam ve periyodik geçiş

aralıkları grafikleri gösterilmiştir. En yoğun geçiş aralıklarının ilk ve son periyotlarda oluştuğu yolcu/süre oranlarına bakılarak belirlenmiştir.

Yolcu gruplarının bagaj sayılarına göre giriş denetimi işlem süreleri belirlenmiştir. Yolcular en fazla 7 kişilik gruplar hâlinde seyahat etmekte ve bagaj sayıları 6 parçayı bulmaktadır. İşlem süreleri 50-220 sn aralığında gerçekleşmektedir.

Bilet kontrol bölümünün şerit bariyerlerin kapasite aşımı olmadan kullanılan etkin alanı 28 m^2'dir. Yolcuların geliş periyotları 14 dk, 12 dk ve 9 dk olarak belirlenmiş, toplam ve periyodik geliş grafikleri gösterilmiştir. Ortalama geliş aralıkları 30.78 sn ve azami kuyruk uzunluğu 8 m'dir. En fazla yolcu yoğunluğu 12 dk'lık 2. periyotta görülmektedir.

Bekleme ve serbest dolaşım alanında, serbest dolaşımdaki yolcuların ortalama hızları 0.775 m/sn iken, bagajlı yolcuların hızları ortalaması 1.073 m/sn'dir. Ortalama hızlar bakımından bagajlı yolcular, serbest yolculardan yaklaşık 0.298 m/sn daha hızlıdırlar. Serbest ve bagajlı yolcuların hareket rotaları belirlenmiş ve 3 boyutlu olarak görselleştirilmiştir.

Arındırılmış salon girişi kuyruk oluşum, eklenme ve bitiş süreleri tespit edilerek; yolcuların ortalama işlem süresi 19.43 sn ve ortalama bekleme süresi 209.26 sn olduğu belirlenmiştir. Azami kuyruk uzunlukları ve kuyruktaki yolcu sayıları tespit edilmiştir.

Apron üzerinden geçen yolcuların geçiş aralıkları ortalaması 6.96 sn olarak belirlenmiştir. Yolcuların apron üzerindeki hareket aksları tespit edilmiştir.

Gelen yolcu salonunda, bagaj alım yerinden gelen ve transit geçen yolcuların hareket aksları belirlenmiştir. Bagaj teslim alan yolcular 58%, bagaj teslim almadan transit geçen yolcular 42% oranındadır. Bagaj teslimine başlanması 5-10 dakika aralığında gerçekleşmekte ve yolcuların bagajlarını aldıktan sonra

salonu terketmesi ortalama 5 dakika sürmektedir. Transit geçiş yapan yolcuların salonu terketmesi ortalama 4 dakika sürmektedir.

Analizler sonucunda, terminal birimlerinde mevcut azami talepler doğrultusunda oluşan genel hizmet seviyeleri belirlenmiştir. Giriş denetimi ve bagaj alım bölümü genel hizmet seviyeleri "D" sınır düzeydedir. Gecikmeler kabul edilebilir sınırdadır.

Giriş denetiminde oluşan ilk 10 dakikalık talepler hizmet seviyesini kabul edilemez düzeylerde tutmaktadır. Diğer periyotlarda hizmet seviyesi "C-B" arasında değişmektedir.

Mevcut bagaj alım alanı, asgari standartlardan 38 m^2 daha küçüktür. Alanın genişletilmesi durumunda mevcut azami talepler karşısında hizmet seviyesi "A" düzeyine çıkmaktadır.

Bilet kontrol bölümünde ilk iki periyottaki talepler hizmet seviyesini sınır düzeyde tutmaktadır.

Bekleme ve serbest dolaşım alanlarında, istikrarlı akış ortamı, az sayıda gecikme ve iyi komfor seviyeleri mevcuttur.

Arındırılmış salon girişinde genel hizmet düzeyi "C" seviyesindedir. Bekleme süreleri kabul edilebilir düzeydedir. Arındırılmış salon, sınır hizmet seviyesi dikkate alındığında 85 yolcu kapasitelidir. Arındırılmış salon mekânı, yolcular tarafından yetersiz bulunmasına rağmen IATA yeterliliklerine göre yüksek hizmet seviyesi sunmaktadır.

Antalya Havalimanı'nda yapılan çalışmalarda;

Yolcu anketleri neticesinde:

- Yolcuların 68%'ini bay yolcular oluşturmaktadır
- Yolcuların 54.3%'ünün seyahatleri tatil amaçlıdır
- Yolcuların 41%'i gruplar hâlinde seyahat etmektedir
- Yolcuların 52.7%'si orta sıklıkta seyahat etmektedir (yılda 7-9 uçuş).

Yolcu istatistiklerine göre:

- Milliyetlerine göre yolcuların büyük kısmını Rusya ve Almanya vatandaşları oluşturmaktadır
- İç hat yolcu sayısı 2014 itibariyle yaklaşık 6 milyon yolcuya,
- Dış hat yolcu sayısı 2014 itibariyle yaklaşık 22 milyon yolcuya ulaşmıştır
- Ağustos, 2014 yılının en yoğun ayıdır. Nisan-Ekim ayları arası yolcu yoğunlukları görülmektedir.

Ulaştırma Bakanlığı tarafından "A" grubu havalimanı olarak sertifikalandırılmıştır.

Antalya Havalimanı iç hatlar terminali giden yolcu salonu planı çizilmiş ve ölçülendirilmiştir. Birimler detaylandırılmıştır. Güncel terminal düzeni gösterilmiştir.

Matlab altyapısında bulunan hazır görüntü işleme kodları kullanılarak geliştirilen algoritma ile hareket tabanlı çoklu yolcu takibi ve sayımı gerçekleştirilmiştir. Antalya Havalimanı'nda program vasıtasıyla terminal birimlerinde yapılan çalışmalar ve sonuçları şu şekildedir:

- Bilet kontrol bölümü, yolcu sayımı ve geliş aralıkları
- Bekleme ve serbest dolaşım alanı, yolcu sayımı, hareket hızları ve güzergâhları

Uçuş programı ve detayları belirtilen 15 uçuş için bilet kontrol bölümünde, toplam 21 uçuş içinse bekleme ve serbest dolaşım alanında hareket tabanlı yolcu takibi ve sayımı gerçekleştirilmiştir.

Bilet kontrol bölümünde; çalışma yapılan 15 uçuşta program sayımı ile toplamda 2518 yolcu 0.36%'lık gibi çok düşük bir hata oranında sayılmıştır. Yolcuların hareketlerindeki kararlılık, gelişlerinin düzenli aralıklarda olması ve genellikle doğrusal bir aksta hareket ediyor olmaları sayesinde sistem yolcuları takipte kalmış ve sayımlardaki doğruluk oranı artış göstermiştir.

Bekleme alanında görsel sayım sonucu sayılan 3646 yolcunun, program vasıtasıyla 3461 yolcu olarak sayılmıştır. Programın en çok hata yaptığı zaman dilimi, en çok uçuşun bulunduğu 17:00-18:00 saat aralığıdır. Burada program 1224 yolcuyu 1155 yolcu olarak saymıştır. 69 yolculuk bu fark, yolcuların bekleme ve serbest dolaşım alanındaki hareketlerinin birbirlerine çok yakın olması sonucu oluşmuştur. Yolcular yakınlarıyla beraber hareket ederken aralarındaki mesafe çok yakın olmaktadır ve hareket sırasında aralarındaki mesafe 40-60 cm'e ulaşmadıkça yolcular arkaplan üzerinde hâlâ ayrı görülmediklerinden ötürü beraberce tek yolcu gibi sayılabilmektedir.

Uçuşlarda ortalama 168 yolcu bulunmaktadır. Yolcuların geliş süreleri ortalama 27 dakikadır. Ardışık geliş yapan yolcular ortalama 9.43 saniye aralıklarla gelmiştir ve saniyede 0.108 yolcu geliş yapmaktadır. Saat 17:00'den önceki uçuşların geliş aralıkları ortalaması 8.7 saniye iken 17:00'den sonraki uçuşlarda geliş aralıkları ortalaması 10.89 sn'dir. Bu durum saat 17:00-18:00 zaman aralığında toplam 5 uçuşun olmasından kaynaklanmaktadır. Bu saat diliminde salon içindeki yolcu yoğunluğun fazla olması nedeniyle yolcuların bilet kontrol bölümüne geliş aralıkları saat 17:00'den önceki zaman aralığına göre 2.19 saniye gecikmiştir. En fazla yolcu sayısı 211 yolcu ile KK4013 nolu uçuşta görülmesine rağmen en büyük geliş aralığı değeri 11.67 sn ile TK2933 nolu uçuşta görülmüştür. TK2933 nolu uçuş saat 17:00'den sonraki uçuş grubu içerisindedir. KK4013 nolu uçuşta yolcular giriş denetiminde ve salon içerisinde daha az yolcu yoğunluğu ile karşılaştıklarından geliş aralıkları ortalama 10.87 sn olmuştur.

Yolcu/süre oranına bakıldığında yolcuların en hızlı şekilde geliş yaptıkları uçuş, saniyede 0.144 yolcu ile TK2413 nolu ilk uçuş olmuş ve bu durum, diğer uçuşlar arasında en uzun kuyruğa sahip olmasını açıklamaktadır. Yine saat 17:00-18:00 aralığındaki TK2933 ve KK015 uçuşları farklı yolcu ve süre değerlerinde olmalarına rağmen, saniyede 0.086 yolcu ile en yavaş yolcu gelişlerine sahiplerdir.

Bekleme ve serbest dolaşım alanında, 12:00 – 18:00 saatleri arasındaki 21 uçuş için çalışmalar, uçuşların check-in prosedürlerine göre yolcuların check-in kullanım yoğunluğunun başlama zamanları dikkate alınarak, 75'er dakikalık 6 eşit zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. En az yolcu yoğunluğu toplam 212 yolcu ile III. zaman dilimde, en fazla yolcu yoğunluğu 1155 yolcu ile VI. zaman diliminde gerçekleşmiştir.

Bagajlı ve bagajsız yolcuların ortalama hızları birbirlerine çok yakındır. Bagajsız yolcular en yüksek hareket hızı ortalamasına IV. zaman diliminde ulaşmıştır. III. zaman diliminde tek uçuş bulunmasına rağmen yolcuların hızları ortalaması IV. zaman dilimindeki kadar yüksek değildir. Yolcular terminal içerisinde rahat hareket imkânı bulduklarında normal hareket hızına sahip olmaktadır. En yavaş hareket hızları ortalaması VI. zaman diliminde gerçekleşmiştir.

Bekleme ve serbest dolaşım alanındaki 3461 yolcunun 0.968 m/sn'dir. Bagajsız veya el bagajlı 2327 yolcunun hareket hızları ortalaması 0.97 m/sn iken, bagajlı 1134 yolcunun hareket hızları ortalamasının 0.96 m/sn olduğu görülmektedir. Yolcuların, serbest dolaşım alanındaki hizmet seviyeleri "B" düzeyinde olduğundan; istikrarlı akış ortamında yolcuların kendi hareket hızlarını belirlemeleri neticesinde, iki yolcu tipi için de hareket hızları ortalamaları birbirlerine çok yakın çıkmaktadır.

Bekleme ve serbest dolaşım alanın 34%'lük kısmı olan 1160 m^2 alan içerisinde yolcuların oluşturdukları 8 hareket aksı belirlenmiştir. En yoğun yolcu faaliyetlerinin gerçekleştiği VI. zaman dilimi üç eşit aralıkta analiz edilerek, zaman dilimi boyunca oluşan yoğunluklar kademelendirilmiştir.

Buna göre VI. zaman diliminin ilk periyodunda yolcuların hareketleri hızlı ve hareket aksları doğrusal oluşmaktadır. Diğer iki periyotta artan yolcu hacmi, yolcuların hızlarını yavaşlamasına ve kesişen yollar sebebiyle hareket yönlerinin dağılmasına neden olmuştur.

Analizler sonucunda, terminal birimlerinde mevcut azami talepler doğrultusunda oluşan genel hizmet seviyeleri belirlenmiştir.

Bilet kontrol bölümü IATA'nın belirlediği frontal tip yolcu kabul eden bilet kontrol bölümü standartları sağlamaktadır. Yolcuların geliş sıklıkları ve oluşturdukları azami kuyruklar hizmet seviyesini "D" sınır düzeyde tutmaktadır. En yoğun zaman diliminde aşılmayan kapasiteler, bilet kontrol bölümünde gerçekleşen gecikmeleri ve konfor kaybını kabul edilebilir seviyede tutmaktadır.

Bekleme ve serbest dolaşım alanında, zaman dilimlerinde gerçekleşen uçuş sayısına göre değişen hizmet düzeyi grafiği incelendiğinde, uçuş sayısının 5'ten fazla olduğu zaman aralıklarında alan hizmet seviyesi sınır düzeyin altına düşmekte fakat hız hizmet seviyesi sınır düzeyde kalmaktadır. Genel hizmet seviyeleri "B" düzeyindedir. Yolcu taleplerinin, zaman dilimlerine 4 uçuş miktarında dağıtılması durumunda, yolcular "C" düzeyinden düşük bir hizmet seviyesi tecrübe etmemiş olacaklardır.

Çoklu hareket eden yolcuların takibi ve sayımı için Matlab altyapısında hareket tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Görüntü işleme fonksiyonlarındaki parametreler değiştirilerek tespit, atama ve silinme aşamaları denenebilmektedir.

Programdaki takip sistemi sadece düz bir hatta ve sabit hızda giden yolcuların hareket tahminine dayanmaktadır. Bir yolcunun hareketi kaydadeğer bir şekilde bu modelden saparsa, program takip hataları verebilmektedir. Bu nedenle yolcuların uzun süreli duraklamaları takiplerinin silinmesine neden olmaktadır.

Programdaki tespit sistemi arkaplan çıkarım algoritmasına dayanmaktadır. Hareketli yolcunun ikili resim üzerinde siyah fonda beyaz lekeler (blob) oluşturmasıyla oluşan blobların belirli bir büyüklükte alana ulaşmasıyla tespit gerçekleşir. Blob analizinin parametreleri çok küçük değerlerde kalırsa tespit edilme zorlaşır, büyük değerler seçilir ise görüntüden çıkan yolcuların takibine devam edilebilir. Kaynak videonun çekim açısı ve yolcuların görüntüdeki uzaklığı göz önüne alınarak verilen değerler en doğru sonuçların alınmasına olanak tanımaktadır. Arkaplan çıkarımı algoritması kullanan programda dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir.

- Çekim açısı olabildiğince tepeden olmalı, yolcuların boyutları görüntüde rahatlıkla anlaşılabilmelidir. Aksi takdirde geniş açılı çekimler yolcuların hareket alanları birbirleriyle kesiştiğinden tespitte karışıklıklar meydana gelerek sonuçlarda hatalara neden olabilmektedir. Ayrıca görüntüde uzakta kalan yolcuların arkaplanda küçülen yolcu boyutları tespitleri güçleştirebilir.
- Yolcuların IATA'nın belirlediği konfor mesafelerinden 0.8-0.9 m (düşük hizmet seviyelerinde daha kısa olabilir) ve programın asgari ayrım eşiğinden 0.4-0.6 m'den fazla olmadıkça temas hâlinde ve yakın hareket eden yolcuları birlikte algılayarak aynı yolcu numarasını atamaktadır.
- Videoyu çeken cihazın, çevre koşullarından dolayı titremesi veya hareket etmesi durumunda arkaplan görüntüsünün bozulması tespitlerde ileri düzeyde hatalar vermektedir.
- Terminal içindeki ışıklandırma veya gün ışığının eğik açısı dolayısıyla yolcularda oluşan gölge boyları, arkaplanda yolcuların kapladığı alanın artmasına ve diğer yolcuların alanlarıyla karışmasına neden olarak sistemin hatalar vermesine neden olmaktadır.
- Büyük piksel boyutlarındaki videoların, işlem cihazına büyük veriler yüklediğinden, program kapasitesi üstündeki videolarda hafıza hataları verebilmekte, kaynak videonun en-boy oranı sabit tututularak yapılan küçültmelerde pikseller oranı korunacağından arkaplan üzerinde herhangi bir bozulma görülmeden daha çabuk analiz neticeleri alınabilmektedir.

Takip hatalarının olasılıkları sabit ivmelenme veya her nesne için Kalman filtresi kullanılması gibi daha karışık bir hareket modeli kullanılarak azaltılabilir. Aynı zamanda tespitlerin ilişkilendirilmesindeki diğer işaretler (boyut, şekil, renk vb.) sisteme zamanla dâhil edilebilir.

Havalimanı terminal binaları için geliştirilen görüntü işleme yazılımları ile

- Uyarı panoları ve duyuruların etkinliğinin ölçülmesi,
- Alışveriş, yeme-içme ve diğer mekânların kullanım oranılarının tespit edilmesi,
- Terminal sistemlerinde oluşan yolcu trafiğinin ölçülmesi,
- Yolcu trafiğinin yoğun olduğu bölgelerin tespit edilip, yolcu güvenliği ve konforu için gerekli önlemlerin alınması,
- Gerçek yolcu oranına göre yeterli personel sayısına ulaşılması,
- Sezonun yoğunluk durumuna göre uzun vadeli planlar yapılması sağlanabilmektedir.

Matlab altyapısında geliştirilen görüntü işleme yazılımıyla yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar havalimanı terminal binalarının kapasite analizinde ve simülasyon çalışmasında kullanılabilir. Terminal tasarımının en önemli belirleyicileri olan yolcuların, faaliyetlerinin incelenip, terminal birimlerinin hizmet seviyeleri dikkate alınarak tasarım yapılması, kapasitesinin idare edilmesi, rehabilite edilip geliştirilmesi açısından büyük önem teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

Acıbiber, Y., Uzuner, A., 2001. Hava Meydanları Güvenliği Eğitimi. Özen Yayıncılık, 221s, Ankara.

Airport Council International and International Air Transport Association, 1996, Airport Capacity/ Demand Manegement, Third Edition.

Airport Council International, 1996, Worldwide Airport Traffic Report, Calendar Year 1996, Published by ACI World Headquarters, Geneva- Switzerland.

Airport Council International, 2000, Quality of Service at Airport: Standart & Measurements, First Edition, Published by ACI World Headquarters, Geneva-Switzerland.

Airport Research Center, 2014. CAST Terminal Simulation of Passenger Flows and Processes within Airport Terminals. Erişim Tarihi: 14.07.2014. http://www.airportconsultants.com/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=51

Antalya Valiliği, Mülki İdare Amirliği, 2010-2014 Gelen Yolcu Trafiği. Erişim Tarihi:13.01.2015.http://www.antalyahavalimani.gov.tr/tr/tr/istatistik.asp

Ashford, N.J., Wright, P.H., 1992, Airport Engineering, 3rd. Ed., John Wiley& Sons, 357, New York/USA.

Aydın, İ., 2013. Görüntü İşleme ve Matlab. Erişim Tarihi: 5.11.2013. http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/Bolum_1.pdf

Başkent Üniversitesi, 2012. Simülasyon (Benzetim) Modeli Türleri. Erişim Tarihi: 20.04.2014. http://www.baskent.edu.tr/~bdengiz/end506/kal523-2.pdf

Bayılmış, C., 2009. Modelleme ve Simülasyon Teorisi Uygulamaları. Erişim Tarihi: 23.05.2014. http://www.cbayilmis.sakarya.edu.tr/tr

Blankenship, E.G., 1974, The Airport. New Yorki Praeger Publishers, Shaping Up for the 21st Century, Annual Report 1995/96, London.

Blue, V.J., Embrechts, M.J., Adler, J.L., 1997. Celluar Automata Modelling of Pedestrian Movements. In IEEE Int. Conference on Systems, Man and Cybernetic pp. 2320-2323.

Brink M., Madison, D., 1975. Identification and measurement of capacity levels of service of landside elements of the airport. In airport landside capacity, Special Report 159, Transportation Research Board, Washington D.C.

Chen, T.H., Chen, T.Y., Chen, Z.X., 2006. An Intelligent People-Flow Counting Method for Passing Through a Gate. 1-3 Haziran, Taiwan, 1-6.

Conrad, G., Johnsonbsugh, R., 1994. A Real-Time People Counter. ACM symposium on Applied computing, 94(6).

Çayıroğlu, İ., 2012. Kalman Filtresi ve Programlama. Fen ve Teknoloji Bilgi Paylaşımı, 2012(1), 1-6.

Demir, G., Terzi, S., 2012. Havalimanı Terminal Binalarının IATA (Uluslararası Hava Taşımacılığı) Standartlarına göre Mimari Açıdan Değerlendirilmesi. New World Science Academy, 7(2), 1-8.

Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DHL), 2007. Havameydanları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları. Erişim Tarihi: 07.06.2014.http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/DLH/tr/DOKUMANLAR/20100416_100647_10288_1_10315.pdf

DHMİ, 2013. İstatistik Yıllığı-2013. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

DHMİ, 2015. Havaalanları Gelen-Giden Yolcu Trafiği İstatistikleri, 2009-2014. Erişim Tarihi 26.01.2015. http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx

Durmaz, V., 2008. Türkiye'de Uluslararası Trafiğe Açık Havaalanlarında ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Analizi, Anadolu Üniveristesi Yayınları, Eskişehir.

Ersan, C., 2010. Implementation of Airport Gate Assignment Problem. Marmara University, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, M.Sc. Thesis, 76p, İstanbul.

Erkan, İ., 2012. Küçük Ölçekli Havalimanlarında Terminal Fonksiyonlarının Düzenlenerek Kapasitenin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 297s, Isparta.

Eskidere, o., Ertaş, F.a., 2007. Parameter Settings for Speaker Identification using Gaussian Mixture Model. In: Signal Processing and Communications Applications, SIU, IEEE (15), 1-4.

Eurocontrol, 2003, ATM Strategy for The Years 2000+. 156, New York.

Eurocontrol, 2009. European Safety Programme for ATM 2010-2014.

Eurocontrol, 2010. Medium-Term Forecast Flight Movements 2010-2016.

FAA, 1976. Aviation Administration, Planning and Design Considerations for Terminal Building Development, Advisory Circular AC 150/5360-7, Washington D.C.

FAA, 1980. Planning and Design of Airport Terminal Building Facilities at Bon-Hub Locations. AC 150/5360-9, Washington D.C.

FAA, 1983. Airport Capacity and Delay. AC Number:150/5060-5.

FAA, 1985. Federal Aviation Administration, Washington D.C.

Fruin, J.J., 1971. Designing for pedestrians: a level-of-service concept. Highway Research Record 355, 1-15.

Fruin, J.J., 1987. Pedestrian Planning and Desgin. Elevator World Inc., Educational Service Division, Alabama, LIB. CON 70-159312.

Fujiyama, T., Tyler, N., 2004. Pedestrian speeds on stairs an initial step for a simulation model. Proceedings of 36th Universities Transport Studies Group Conference, Life Science Center, Newcastle upon Tyne, UK.

Geçer, B., Güler, E., 2013. Görüntü İşleme Yöntemleri ile İnsan Sayma. Erişim Tarihi: 14.04.2014. http://www.ebubekirguler.com/goruntu-isleme-yontemleri-ile-insan-sayma/

Giffin, W.C., 1978. Queueing: Basic Theory and Applications. Columbus, Ohio: Grid Inc.

Gillen, D., Lall, A., 1997. Non-Parametric Measures of Effiency of U.S. Airports. International Journal of Transport Economics 28, 283-306.

Goodwin, M., O'Sullivan, D., Haklay M., 2001. So go downtown. Simulating pedestrian movement in town centres. Environment and Planning B: Planning and Design, 28(3), 343-359.

Hanna, G., 2011. Object Tracking. Hard Cover, In Tech, Subject: Artificial Intelligence, 284p.

Haritaoglu, I., Harwood, D., Davis, I., 2000. Realtime Surveillance of People and Their Activities. IEEE T. Pattern Analysis, 22(8), 809-830.

Hashimoto, K., Morinaka, K., Yoshiike, N., Kawaguchi, C., Matsueda, S., 1997. People Count System Using Multi-Sensing Application, International Conference on solid state sensors and actuators, 97(4).

Heathington, K.W., Jones, D.H., 1975. Identification of Level Service and Capacity of Airport landside elements. In Airport Landside Capacity, Special Report, 159, 72-92.

Horonjeff, R., McKelvey, F.X., 1994. Planning and Design of Airports. 4th Ed., McGraw.

IATA, 1995. Airport Development Reference Manual. 8th Ed., International Air Transport Association, Montreal-Geneva.

IATA, 2004. Airport Development Reference Manual, 9th Ed. International Air Transport Association, Montreal-Geneva.

ICAO, 1987. Airport Planning Manual DOc 9184-AN/902. Part I, Master Planning, 2nd Ed.

ICAO, 1991, Aerodrome Design Manual-Part II. Taxiways, Aprons and Holding Bays.

ICAO, 1995. ICAO News Releases-1995.

ICAO, 1999. Aerodromes -Annex 14. Volume I-Aerodrome Design and Operations.

ICAO, 2004. Annex 14 Aerodromes. Volume I –Aerodrome Design and Operation.

ICAO, 2004. Annex 14. Convention on International Civil Aviation.

ICF Airports, 2014. Antalya Havalimanı Terminalleri Kat Plan Şemaları. Erişim Tarihi: 20.08.2014. http://www.aytport.com/user/map_list.asp

Jiang, C.S., Deng Y.F., 2009. Crowding in platform staircases of subway station in China during rush hours, Safety Science, 47, 931-938.

Kadaifçi, Ç., 2011. Yolcuların Havalimanında Geçirdiği Zamanın Etkinliği ile İlgili Faktörlerin Değerlendirilmesi: Bir Bulanık Bilişsel Harita Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 135s, İstanbul.

Karakoç, M., 2012. Görüntü İşleme Teknolojiler ve Uygulamaları. Akademik Bilişim, 1-3 Şubat, Uşak, 33-71.

Karauslu, B., 2013. Videolardaki Hareketli Nesnelerin Tespit ve Takibi için Uyarlanabilir Arkaplan Çıkarımı Yaklaşımı Tabanlı Bir Sistem. Uludağ Üniversitesi Müh-Mim. Fakültesi Dergisi, 18(1), 1-18.

Kettnaker, K., Zabih, R., 1999. Bayesian multi-camera surveillance. Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, CO, 253-259.

Kıyıldı, R.K., 2005. Havaalanı Kapasite Analizinde Yeni Bir Yaklaşım. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 311s, Isparta.

Kızılkaya, R., 2012. Implementation of Image Processing Algorithm on FPGA Demonstration Board. Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, M.Sc. Thesis, 69p, İzmir.

Kim, J.W., Choi, K.S., Choi, B.D., Ko, S.J., 2002. Real-time Vision-based People Counting System for the Security Door. Erişim Tarihi: 12.05.2014. http://mesh.brown.edu/en193s05-2004/pdfs/kimetal-itc2002.pdf

Küçükönal, H., 1998, Havaalanı Yolcu Terminal Kapasitesi ve Adnan Menderes Havaalanı Dış-Hatlar Terminali Kapasite Analizi. Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 143s, Eskişehir.

Küçükönal, H., 2000. Havaalanı Güvenliği ve Sabiha Gökçen Havaalanı Güvenlik Sistemi İçin Bir Model Önerisi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 214s, Eskişehir.

Lam, W., H. K., Ho, H., 1995. Pedestrian Flow Characteristics in Hong Kong. Transportation Research Record, No. 1487, 56-62.

Lam, W., H, K., Cheung, C.Y., 2000. Pedestrian speed/flow relationships for walking facilities in Hong Kong. Journal of Transportation Engineerin 126(4), 343-349.

Lefloch, D., 2007. Real-Time People Counting System using Video Camera. Gjovik University, UFR Sciences et Techniques Batiment Mirande Université de Bourgogne, M.Sc. Thesis, 65p, Gjovik/Norway, Sedex/France.

Mumayiz, S.A., Ashford, N.J., 1986. Methodology for Planning and Operations Management of Airport Terminal Facilities. Transportation Research Record 1094, 24-35.

National Geographic, 2008. En Büyük Dizaynlar, Heathrow Havalimanı Belgeseli. 2008 - Windfall Films Limited.

Odoni, A.R, and Neufville R.D., 1992, Passenger Terminal Desing. Transportation Research Part A, vol. 26(1), 27-35.

Older, S.J., 1968. Movement of Pedestrians on Footways in Shopping Streets. Traffic Engineering and Control, 10, 160-163.

Önal, O., 2008. Development and Use of Digital Image Analysis Tecniques for Analyzing Sectional Characteristics of Some Geometricals, 253p. İzmir.

Parisi, D.R., 2009. A Modification of The Social Force Model can Reproduce Experimental Data of Pedestrian Flows in Normal Conditions. Physica A, 388, 3600-3608.

Piccardi, M., 2004. Background Subtraction Techniques: a review. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Erişim tarihi: 11.05.2014.https://profs.sci.univr.it/~cristanm/teaching/sar_files/lezione4/Piccardi.pdf

Polus, A., Shofer, J.L., Ushpiz, A., 1983. Pedestrian Flow and Level of Service. Journal of Transportation Engineering, 109, 46-56.

Prabhakar, N., Vaithiyanathan, V., Sharma, A.P., Singh, A., Singhal, P., 2012. Object Tracking Using Frame Diffrencing and Template Matching. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 24, 5497-5501.

Pushkarev Z., 1975. Urban Space for Pedestrians. McGraw Hill, 340, New York/USA.

Sarıaslan, H., 1986. Sıra Bekleme Sistemlerinde Simülasyon Tekniği, A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, 557, Ankara.

Segen, J., Pingali, S.G., 1996. A Camera-Based System for Tracking People in Real Time. 13th International Conference on Pattern Recognition, 96(10).

Sexton, G., Zhang, X., Redpath, D., Greaves, D., 1995. Advances in Automated Pedestrian Counting. European Convention on Security and Detection, 95(7).

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 2002. Hava Alanı Yapım, İşletim ve Sertifikalandırma Yönetmeliği (SHY-14A), Resmi Gazete Yayını, 24755, Ankara.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), 2010. Havaalanlarında Kapasite Kriterleri. Erişim Tarihi: 01.07.2014. http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/yayinlar/kapasite.pdf

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), 2010. Havaalanı Yolcu Terminalleri Tasarım Esasları. Erişim Tarihi: 01.07.2014. http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/yayinlar/HAD_T-10.pdf

Solak, S., Clarke, J., P., B., Johnson, E., L., 2009. Airport Terminal Capacity Planning. Transportation Research, Part B, 43, 659-676.

Solomon, C., Breckon, T., 2011. Fundamentals of Digital Image Processing. Wiley-Blackwell, 36, West Sussex/UK.

Taha, H.A., 1987. Operations Research An Introduction, 695s. Macmillan Publishing Co., Inc, New York.

Tanaboriboon, Y., S., S., Hwa, C., Chor, H., 1986. Pedestrian Characteristics Study in Singapore. Journal of Transportation Engineering, 112, 229-235.

Tanaboriboon, Y., Guyano, J., 1991. Analysis of Pedestrian Movement in Bangkok. Transportation Research, Part F 9, 15-27.

Terada, K., Yoshida, D., Oe, S., Yamaguchi, J., 1999. A Method of Counting the passing people by using the stereo images. International conference on image processing, 0-7803-5467-2.

Transportation Research Board National Research Council, 1987. Measuring Airport Landside Capacity. Special Report 215, Washington D.C.

Transportation Research Board National Research Council, 2010. Transportation Research Board Airport Passenger Terminal Planning and Design, ACRP Report 25.

Tosic, V., 1992. A review of airport passenger terminal operations analysis and modelling. Transportation Research Part:A: Policy and Practice 26(1), 3-26.

Tunç, A., 2003. Havaalanı Mühendisliği ve Uygulamaları, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara.

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2014. İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme. Erişim Tarihi: 01.07.2014. http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/SGB/tr/Pdf/20141124_164016_5643_1_88338.pdf

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı, 1987. Havaalanı Planlama Klavuzu, 1. Bölüm Master Planlama, İkinci Baskı, 1987, Ulaştırma Bakanlığı D.H.L. Genel Müdürlüğü Yayını.

Virkler, M., Elayadath, S., 1994. Pedestrian speed-flow density relationships, Transportation Research Record, 1438, 51-58.

Wells, A.T., 2000, Airport Planning and Management, McGraw-Hill Inc, 4th Ed.

Willig, A., 1999. A Short Introduction to Queueing Theory. Technical University Berlin, Telecommunication Networks Group Sekr. Einsteinufer 25, 10587 Berlin.

Winston, W.L., 1991. Operations Research Applications and Algorithms, 1115p, Kent Publishing Co., Boston/USA.

Wright, P.H, Ashford, N.J., Stammer, R.J., 1998, Transportation Engineering Planning and Desing, 4th Ed., John Wiley & Sons Inc., New York/USA.

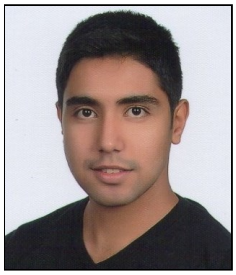
Yıldırım, K.S., İnce, C., Kalaycı T.E., 2003. Görüntü İşleme. Erişim Tarihi: 03.06.2014. http://cse.cbu.edu.tr/~tekrei/dosyalar/sunum/gi.pdf

Yıldız, N., 2010. Görüntü İşlemenin Dünü, Bugünü ve Geleceği. Elektrik Mühendisliği Dergisi, 440, 11-16.

Yılmaz, A., Javed, O., Shah, M., 2006. Object tracking: A survey. ACM Comput. Survey, 38(4).

Young, S.B., 1999. Evaluation of Pedestrian Walking Speeds in Airport Terminals. Transportation Research Record, 16/74, 20-26.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Mehmet Onur ACAR

Doğum Yeri ve Yılı : Adıyaman, 1990

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : mehmetonuracar@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Adıyaman Anadolu Lisesi, 2007

Lisans : SDÜ, Mühendislik –Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 2012