

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAYRAK TAŞIYICI BİR HAVAYOLU İÇİN MÜŞTERİ TERCİHİ VE TRANSFER
YOLCU BAZLI DALGA VE TARİFE YAPISI TASARIMI**

ELİF DEĞİRMENÇİ

**DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. HÜSEYİN BAŞLIGİL**

**EŞ DANIŞMAN
DR.ZELİHA AKÇA**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAYRAK TAŞIYICI BİR HAVAYOLU İÇİN MÜŞTERİ TERCİHİ VE TRANSFER
YOLCU BAZLI DALGA VE TARİFE YAPISI TASARIMI**

Elif DEĞİRMENCI tarafından hazırlanan tez çalışması 16.02.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Dr. Zeliha AKÇA
Türk Hava Yolları

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İsmail ADAK
Yalova Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Fahrettin ELDEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Yusuf Sait TÜRKAN
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Alev Taşkın GÜMÜŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi



Bu alışma, TÜBİTAK'ın 2211 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yıllar önce, üniversite zamanımda bir arkadaşımın muhabbet ederken “Ben gezmek için çalışmak istiyorum” demiştim. Yılların rüzgârında savrulurken kendimi Türk Hava Yolları’nda çalışırken buldum. Bu vesileyle gezdim, gezdim, gezdim. Onlarca ülke, yüzlerce şehir gördüm. Bazen sis oldu havada defalarca turlayıp inemedik, bazen doyamadığım bir şehre uçuş saati yüzünden erken veda etmek zorunda kaldım, bazen uçuş saatleri harika, gidince hakkını verebileceğiz dedim; dedim de dedim. Hayat göz kırpar ya hani bazen insana; onun gibi işte Türk Hava Yolları’nda uçuş planlamada çalışmaya başladım. Nereye uçulacak, günde kaç kere ve hangi saatlerde. Bunun üstüne bir de müşteri maillerinin sorumluluğunu aldım. Uçuş saatleri ve destinasyonları ile ilgili şikâyeti, övgüsü olanların e-postalarına ilgili cevapları hazırlamak ve göndermekti görevim. Ne de güzel bir tevafuktu. Hem şikâyeti ben okuyordum; hem planlamayı ben yapıyordum. Amasya’da akşam toplu taşıma olmadığından, bunun için uçuş saatinin daha erken olması gerektiğinden bahsediyordu bir yolcu mesela. Madagaskar’dan yazan başka biri ise orada yaşayan 40 kadar Türk olduklarından, uçmaya başlayacağımız günü heyecanla beklediklerinden bahsediyordu. Her meslekte insanlara dokunulabiliyormuş dedim demek ki. Bir günah çıkarma mı, bir kandırmaca mı bu bilmiyorum ama bu yönü huzur veriyor bana. O kadar da kapitalist değil her şey bu dünyada diyorum tek başıma kaldığımda. Ve şimdi hepsinin üstüne bir doktora çalışması sunuyorum. Uçuş noktalarının ve saatlerinin optimize edilmesi hususunda. Sevdiğim, bildiğim, yaşadığım her şey üstüne başka bir manada. Her anı keyifli bu yüzden benim için, her anı heyecanlı, her anı hevesli. Öncelikle benim hız kaybettiğim dönemlerde dahi beni motive eden, disiplinine ve engin tecrübesine hayranlık duyduğum kıymetli Hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL’e; değerli fikirleriyle bana yol gösteren Sayın Yrd. Doç. Dr. Fahrettin ELDEMİR ve Yrd. Doç. Dr. Yusuf Sait TÜRKAN’a; hep iyi niyetli yaklaşan, olaylara olumlu bakışıyla kendisinden güç aldığım Sayın Doç. Dr. Alev Taşkın Gümüş’e; ileri optimizasyon bilgisiyle her sıkıştığım da yardımına koşan Sayın Dr. Zeliha Akça’ya; problemin belirlenmesinde ve tezimin olgunlaşmasında büyük katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Ahmet Bolat’a; ders çalışmam için Ankara-İstanbul arasında mekik dokuyan, yıllarca bu yükü benimle birlikte yüklenen sadece bu çalışmam sırasında değil, hayatımın her alanında bana destek olan annem Nilüfer Alpay, babam Şuay Alpay ve eşim Cengiz Değirmenci’ye sonsuz teşekkürler

Şubat, 2017

Elif DEĞİRMENCI

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| SİMGE LİSTESİ..... | ix |
| KISALTMA LİSTESİ..... | x |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | xi |
| ÇİZELGE LİSTESİ | xiii |
| ÖZET | xvi |
| ABSTRACT | xviii |
| BÖLÜM 1 | |
| GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 Literatür Özeti | 2 |
| 1.2 Tezin Amacı..... | 2 |
| 1.3 Hipotez..... | 3 |
| 1.4 Tezin Yapısı | 3 |
| 1.5 Literatür Taraması | 3 |
| 1.6 Literatürdeki Çözüm Metotlarının Dağılımı | 26 |
| BÖLÜM 2 | |
| HAVAYOLU SEKTÖRÜ GENEL DEĞERLENDİRME | 28 |
| 2.1 Türk Hava Yolları A.O. | 29 |
| 2.1.1 Türk Hava Yolları Uçuş Ağı | 29 |
| 2.1.2 Trafik Sonuçları | 30 |
| 2.1.3 Filo Durumu | 31 |
| BÖLÜM 3 | |

| | |
|--|-----------|
| HAVAYOLU SEKTÖRÜNDEKİ TEMEL OPERASYONEL PROBLEMLER..... | 32 |
| 3.1 Uçuş Tarifesinin Tasarımı ve Planlama Fazları | 33 |
| 3.2 Tarife Planlama Problemlerinde Karşılaşılan Genel Kavramlar..... | 37 |
| 3.2.1 Utilizasyon (Uçak Kullanım Oranı) | 37 |
| 3.2.2 Non-Stop Pazar | 38 |
| 3.2.3 Direkt (Through) Pazar | 38 |
| 3.2.4 Bağlantılı (Connect) Pazar..... | 39 |
| 3.2.5 Minimum Bağlantı Süresi (MCT-Minimum Connection Time) | 39 |
| 3.2.6 Maksimum Bağlantı Süresi (MACT-Maksimum Connection Time) | 39 |
| 3.2.7 O&D (Orijin-Destinasyon) | 39 |
| 3.2.8 Online Uçuş..... | 39 |
| 3.2.9 Interline uçuş | 40 |
| 3.2.10 Feeder - De-Feeder | 40 |
| 3.2.11 De-Tour Faktör (Circuitry) | 41 |
| 3.2.12 Stimülasyon..... | 41 |
| 3.2.13 Inbound-Outbund | 42 |
| 3.2.14 Süre kavramları | 43 |
| 3.2.15 Gidilen Yol (Itinerary) | 44 |
| 3.2.16 Yaz Tarifesi | 44 |
| 3.2.17 Kış Tarifesi | 44 |
| 3.2.18 Kullanılan yazılımlar | 44 |
| 3.2.19 Slot | 45 |
| 3.2.20 Peak..... | 46 |
| 3.2.21 Shoulder | 46 |
| 3.2.22 Off – peak..... | 46 |
| 3.2.23 Transfer Yolcu | 46 |
| BÖLÜM 4 | |
| GELİŞTİRİLEN MODEL..... | 47 |
| 4.1 Problem Tanımı ve Modelin Oluşturulması | 47 |
| 4.2 Modele Giriş | 48 |
| 4.2.1 İndis ve Kümeler | 50 |
| 4.2.2 Parametreler | 51 |

| | | | |
|--|---|-----|------------|
| 4.2.3 | Değişkenler | 51 | |
| 4.3 | Matematiksel Programlama Modeli | 52 | |
| 4.4 | Amaç fonksiyonu | 54 | |
| 4.4.1 | Yolcu Tercihi Bazlı Fayda Fonksiyonu | 54 | |
| 4.4.2 | Transfer Yolcu Geliri Bazlı Fayda Fonksiyonu | 60 | |
| 4.4.3 | Yeni Planlanan Seferlerin Birbiriyle İlişki Fonksiyonu | 63 | |
| 4.5 | Utilizasyon Kapsamında Uçağın Yerde Bekleme zamanı..... | 64 | |
| 4.6 | Modelin Kapsamı..... | 65 | |
| 4.7 | Varsayımlar..... | 68 | |
| 4.8 | Genel Hususlar | 68 | |
| BÖLÜM 5 | | | |
| EN KISA BAĞLANTI SÜRESİ (MCT) VE YOLCU TERCİHİ DETAYLI ANALİZİ..... | | | 69 |
| 5.1 | Bağlantı Süresine Bağlı Transfer Yolcu Sayısı Değişimi..... | 73 | |
| 5.2 | Yolcuların Kalkış Ve Varış Saati Tercihleri..... | 78 | |
| 5.2.1 | Tüm Yolcu Tiplerinin Kalkış Ve Varış Saati Tercihleri | 78 | |
| 5.2.2 | Transfer Yolcuların Kalkış ve Varış Saati Tercihleri | 80 | |
| BÖLÜM 6 | | | |
| UYGULAMA | | | 85 |
| 6.1 | Matematiksel Model | 88 | |
| 6.2 | Veri Tasarımı..... | 90 | |
| 6.3 | Uygulanan Senaryolar | 93 | |
| 6.3.1 | Slot Kısıtlı Ortamda Sadece Yolcu Tercihinin Amaç Olduğu Model | 94 | |
| 6.3.2 | Slot Kısıtlı Ortamda Transfer Yolcu Sayısının Amaç Olduğu Model | 101 | |
| 6.3.3 | Slot Kısıtlı Ortamda Transfer Yolcunun ve Yolcu Tercihinin Birlikte Amaçlandığı Model | 107 | |
| 6.3.4 | Slot Kısıtsız Ortamda Yolcu Tercihinin Amaç Olduğu Model | 119 | |
| 6.3.5 | Slot Kısıtsız Ortamda Transfer Yolcu Sayısının Amaç Olduğu Model..... | 123 | |
| 6.3.6 | Slot Kısıtsız Ortamda Transfer Yolcu ve Yolcu Tercihinin Birlikte Amaçlandığı Model | 127 | |
| BÖLÜM 7 | | | |
| SONUÇ VE ÖNERİLER | | | 138 |
| 7.1 | Sonuçların Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi | 138 | |

| | |
|--|------|
| 7.2 Tezin Literatüre Katkısı | 146 |
| 7.3 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler ve Geliştirmeler..... | 147 |
| KAYNAKLAR | 148 |
| EK A | |
| THY YAZ 2015 DÖNEMİ TARİFESİ | 1522 |
| ÖZGEÇMİŞ | 1777 |



SİMGE LİSTESİ

| | |
|-----------------|--|
| X_{ijk} | k uçuşunun i İstanbul kalkışı ve j İstanbul varışına atanıp atanmadığı |
| Y_{jik1k2} | Bağlantılı k1 uçuşunun j'de varması k2 uçuşunun i'de kalkması durumu |
| GT_k | Uçuşların hub dışındaki meydana maksimum bekleme süresi |
| AC_j | Hub'da j periyodundaki varış slot kapasitesi |
| DC_i | Hub'da i periyodundaki kalkış slot kapasitesi |
| PC_{ijk} | k uçuşu ve i kalkış, j varış periyotları için yolcu tercihi |
| $TRANSARR_{jk}$ | k uçuşunun j periyodunda hub'a varışındaki mevcutta kalkan uçaklarına göndereceği transfer yolcu sayıları |
| $TRANSDEP_{ik}$ | k uçuşunun i periyodunda hub'dan kalkışında mevcutta varan uçaklara göndereceği transfer yolcu sayıları |
| A_{k1k2} | Planlanan k1 ve k2 uçuşları arasındaki O&D transfer yolcu sayıları |
| D_k | k uçuşunun blok süresi |
| B_w | Uçuşlar arasında bağlantı süresinin w bağlantı aralığında kalması durumunda yolcu yakalama oranı |
| W_{ij} | k uçuşunun, blok süresine, i kalkış ve j varış periyoduna göre hesaplanan karşı meydana bekleme süresidir. |
| α_k | k uçuşu için PC fayda değeri ile transfer fayda değeri arasındaki uyumluluk katsayısı |

KISALTMA LİSTESİ

| | |
|---------|---|
| ABV | Abuja |
| AHL | Atatürk Havalimanı-İstanbul |
| AWZ | Ahvaz |
| BOS | Boston |
| CIS | Bağımsız Devletler Topluluğu |
| DAYOPS | Günlük operasyonlar |
| ELQ | Gassim |
| FMO | Münster |
| IATA | Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği |
| KUL | Kuala Lumpur |
| LAX | Los Angeles |
| LCC | Düşük maliyetli taşıyıcı (Low cost carrier) |
| LF | Load factor (Doluluk Oranı) |
| MACT | En büyük bağlantı süresi (Maksimum connection time) |
| MCT | En küçük bağlantı süresi (Minimum connection time) |
| MIDT | Marketing Information Data Tapes |
| MNL | Manila |
| NDJ | N'Djamena |
| Network | Uçuş ağı |
| O&D | Orijin-Destinyasyon |
| OAG | Uçuş tarifelerinin yer aldığı bir veri tabanı |
| R/Y | Revenue (Gelir) |
| S15 | Yaz 2015 tarife dönemi |
| SHGM | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü |
| SRS | Uçuş tarifelerinin yer aldığı başka bir veri tabanı |
| SZG | Salzburg |
| THY | Türk Hava Yolları |
| UTC | Evrensel saat koordinatıdır. |
| W15 | Kış 2015 tarife dönemi |

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1 Literatürde karşılaşılan çizelgeleme problemlerinin çözüm yöntemlerinin dağılımı | 26 |
| Şekil 2.1 Havayolu sektörü yıllara göre gelir/gider tablosu | 28 |
| Şekil 2.2 31 Aralık 2015 itibarıyla 12 aylık trafik sonuçları | 30 |
| Şekil 2.3 Yurtdışı üretim figürleri | 30 |
| Şekil 2.4 Filo Durumu | 31 |
| Şekil 3.1 Tarife tasarımı süreci | 33 |
| Şekil 3.2 Non-stop market | 38 |
| Şekil 3.3 Direkt Market | 38 |
| Şekil 3.4 Connect Market | 39 |
| Şekil 3.5 Interline uçuş | 40 |
| Şekil 3.6 Feeder ve De-feeder | 40 |
| Şekil 3.7 Detour Faktör | 41 |
| Şekil 3.8 Stimülasyon grafiği (IATA) | 42 |
| Şekil 3.9 Inbound-Outbound | 42 |
| Şekil 3.10 Süreler | 43 |
| Şekil 4.1 Optimum kalkış saati örnek grafik | 49 |
| Şekil 4.2 Geliştirilen modelin bileşenleri | 50 |
| Şekil 4.3 PC fayda fonksiyonu değerlerini oluşturma akış diyagramı | 54 |
| Şekil 5.1 Kümülatif yolcu bağlantı saatleri | 73 |
| Şekil 5.2 Tüm dünya yolcularının 1 haftalık kalkış saati bazlı yolcu sayısı dağılım grafiği | 79 |
| Şekil 5.3 Tüm dünya yolcularının 1 haftalık varış saati bazlı yolcu sayısı dağılım grafiği | 79 |
| Şekil 5.4 Transfer yolcularının 1 haftalık periyottaki kalkış zamanları bazlı yolcu sayısı dağılımı | 80 |
| Şekil 5.5 Transfer yolcularının 1 haftalık periyottaki varış zamanları bazlı yolcu sayısı dağılımı | 81 |
| Şekil 5.6 Birinci gün saatlik transfer yolcularının kalkış dağılımı | 82 |
| Şekil 5.7 Altıncı gün saatlik transfer yolcu kalkış dağılımı | 82 |
| Şekil 5.8 Birinci gün saatlik transfer yolcu varış dağılımı | 83 |
| Şekil 5.9 Altıncı gün saatlik transfer yolcu varış dağılımı | 83 |
| Şekil 6.1 Test edilen model senaryoları ve ilgili bölümler (Uygulama akışı) | 87 |
| Şekil 6.2 Eski ve Yeni PC fayda değerleri karşılaştırma | 97 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 6.3 BOS hattı her bir IST kalkış tercihi için varış zamanları tercih grafiği (lokal saat) | 98 |
| Şekil 6.4 BOS hattı için 5:00 lokal saatte kalkan bir yolcunun varış saati tercihi dağılımı | 99 |
| Şekil 6.5 LAX hattı için 5:00 lokal saatte kalkan bir yolcunun varış saati tercihi dağılımı | 99 |
| Şekil 6.6 KUL hattı için 5:00 lokal saatte kalkan bir yolcunun varış saati tercihi dağılımı | 100 |
| Şekil 6.7 Boston hattı transfer yolcularının İstanbul'a varış zamanı tercihleri dağılımı | 100 |
| Şekil 6.8 Boston hattı lokal yolcularının İstanbul'a varış zamanı tercihleri dağılımı..... | 101 |
| Şekil 6.9 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma | 105 |
| Şekil 6.10 Kuala Lumpur hattı kalkış zamanına bağlı transfer fayda dağılımı..... | 106 |
| Şekil 6.11 Kuala Lumpur hattı varış zamanına bağlı transfer fayda dağılımı | 106 |
| Şekil 6.12 Tüm hatların kalkış zamanına bağlı transfer fayda dağılımları..... | 106 |
| Şekil 6.13 Tüm hatların varış zamanına bağlı transfer fayda dağılımları | 107 |
| Şekil 6.14 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma | 111 |
| Şekil 6.15 Mevcut ve yeni PC fayda değerleri karşılaştırma | 111 |
| Şekil 6.16 Mevcut ve yeni PC fayda değerleri karşılaştırma | 123 |
| Şekil 6.17 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma | 127 |
| Şekil 6.18 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma | 131 |
| Şekil 6.19 Mevcut ve yeni PC fayda değerleri karşılaştırma | 131 |

ÇİZELGE LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 1.1 Literatür taramasında değerlendirilen başlıca uçuş çizelgeleme çalışmaları | 4 |
| Çizelge 1.2 Literatürdeki temel çalışmaların çözüm yöntemlerinin rakamsal dağılımı | 27 |
| Çizelge 2.1 Bölge bazlı uçulan şehir ve havalimanı sayıları..... | 29 |
| Çizelge 3.1 Planlama fazları..... | 34 |
| Çizelge 3.2 Tarifeyi etkileyen temel eleman ve süreçler..... | 35 |
| Çizelge 3.3 2014-2015 Yaz dönemleri utilizasyon değerleri..... | 37 |
| Çizelge 4.1 lokal yolcu ağırlığını belirlemek için kullanılan oranlar..... | 57 |
| Çizelge 4.2 Bekleme zamanına bağlı yolcu yakalama oranları (Bw) | 62 |
| Çizelge 4.3 Transfer yolcu bekleme zamanları..... | 62 |
| Çizelge 5.1 Bağlantı süresi bazlı transfer yolcu oranları-varan yolcu..... | 71 |
| Çizelge 5.2 Bağlantı süresi bazlı transfer yolcu oranları-kalkan yolcu..... | 71 |
| Çizelge 5.3 50+ yolculu O&D'lerdeki bağlantı sayıları..... | 72 |
| Çizelge 5.4 200+ yolculu O&D'lerdeki bağlantı sayıları..... | 72 |
| Çizelge 5.5 MCT'deki 5 dakikalık artışın bağlantı sayısına etkisi..... | 74 |
| Çizelge 5.6 MCT'deki 5 dakikalık artışın yolcu sayısına etkisi..... | 74 |
| Çizelge 5.7 MCT'deki 10 dakikalık artışın bağlantı sayısına etkisi..... | 75 |
| Çizelge 5.8 MCT'deki 10 dakikalık artışın yolcu sayısına etkisi..... | 75 |
| Çizelge 5.9 MCT'deki 15 dakikalık artışın bağlantı sayısına etkisi..... | 76 |
| Çizelge 5.10 MCT'deki 15 dakikalık artışın yolcu sayısına etkisi..... | 76 |
| Çizelge 5.11 MCT değerlerine göre karşılaştırmalı bağlantı sayısı ve yolcu sayısı değişimleri..... | 77 |
| Çizelge 5.12 THY rakiplerinin dıştan dışa transfer için MCT verileri..... | 78 |
| Çizelge 6.1 Uçuş zamanları planlanacak hatlar..... | 90 |
| Çizelge 6.2 S15 dönemi mevcut yapıda seferlerin bölge bazlı dalga konumları..... | 92 |
| Çizelge 6.3 10 hatlık networkün tek amaçla yeniden planlanması durumu - PC amaç...94 | 94 |
| Çizelge 6.4 10 hatlık networkün yeniden planlanması durumu lokal saatler - PC amaç | 95 |
| Çizelge 6.5 Yeni planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu – PC amaç..... | 96 |
| Çizelge 6.6 10 hatlık network planlama sonuçları - PC amaç..... | 96 |
| Çizelge 6.7 Hat bazında PC fayda değeri artış oranları..... | 97 |
| Çizelge 6.8 Transfer yolcunun amaç olması durumunda 10 hattın planlanması (UTC) | 102 |
| Çizelge 6.9 Mevcut ve yeni tarifedeki uçuş planı - Transfer amaç..... | 103 |
| Çizelge 6.10 Mevcut ve yeni tarifede uçuşların dalga konumları - Transfer amaç..... | 103 |
| Çizelge 6.11 10 hatlık network planlama sonuçları-transfer amaç..... | 104 |

| | |
|--|-----|
| Çizelge 6.12 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu bazlı faydanın birlikte amaçlandığı durum..... | 108 |
| Çizelge 6.13 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum- lokal saatler..... | 109 |
| Çizelge 6.14 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum-mevcut ve yeni dalga konumları..... | 109 |
| Çizelge 6.15 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum model performansı- α_{max} | 110 |
| Çizelge 6.16 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α_{ort} | 112 |
| Çizelge 6.17 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α_{ort} – lokal saatler..... | 113 |
| Çizelge 6.18 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α_{ort} – mevcut ve yeni dalgadaki konumu..... | 113 |
| Çizelge 6.19 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α_{ort} – model performansı..... | 114 |
| Çizelge 6.20 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α_{min} | 115 |
| Çizelge 6.21 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu sayısının birlikte amaçlandığı durum - α_{min} - lokal saatler..... | 116 |
| Çizelge 6.22 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α_{min} -mevcut ve yeni dalga konumu..... | 117 |
| Çizelge 6.23 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α_{min} –model performansı..... | 118 |
| Çizelge 6.24 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu–PC amaç..... | 119 |
| Çizelge6.25 Hat bazında PC fayda değeri artış oranları..... | 120 |
| Çizelge 6.26 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu lokal saatler – PC amaç..... | 121 |
| Çizelge 6.27 Yeni planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu – PC amaç..... | 121 |
| Çizelge 6.28 Slot kısıtsız ortamda sadece PC amaçlandığı durum model performansı | 122 |
| Çizelge 6.29 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu– transfer yolcu amaç..... | 124 |
| Çizelge 6.30 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu lokal saatler – transfer yolcu amaç..... | 125 |
| Çizelge 6.31 Slot kısıtsız ortamda sadece transfer yolcunun amaçlandığı durum model performansı..... | 126 |
| Çizelge 6.32 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum α_{max} | 128 |
| Çizelge 6.33 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum α_{max} lokal saatler..... | 129 |

| | |
|--|-----|
| Çizelge 6.34 Slot kısıtsız ortamda çok amaçla planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu - α_{max} | 129 |
| Çizelge 6.35 Slot kısıtsız PC ve transfer yolcu amaçlı sonuçlar - α_{max} | 130 |
| Çizelge 6.36 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum α_{min} | 132 |
| Çizelge 6.37 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum α_{min} lokal saatler..... | 133 |
| Çizelge 6.38 Slot kısıtsız ortamda çok amaçla planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu - α_{min} | 133 |
| Çizelge 6.39 Slot kısıtsız PC ve transfer amaçlı sonuçlar - α_{min} | 134 |
| Çizelge 6.40 Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum - α_{ort} | 135 |
| Çizelge 6.41 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum α_{ort} lokal saatler..... | 136 |
| Çizelge 6.42 Slot kısıtsız ortamda çok amaçla planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu - α_{ort} | 136 |
| Çizelge 6.43 Slot kısıtsız PC ve transfer yolcu amaçlı sonuçlar - α_{ort} | 137 |
| Çizelge 7.1 Uygulanan tüm senaryoların karşılaştırılması..... | 139 |
| Çizelge 7.2 Mevcut tarife ve yeni tarife..... | 144 |

**BAYRAK TAŞIYICI BİR HAVAYOLU İÇİN MÜŞTERİ TERCİHİ VE TRANSFER
YOLCU BAZLI DALGA VE TARİFE YAPISI TASARIMI**

Elif DEĞİRMENÇİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL

Eş Danışman: Dr. Zeliha AKÇA

Dünya’da havayolu taşımacılığı çok hızlı bir şekilde gelişmekte ve yolcu sayısı hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak da kapasite sıkıntıları baş göstermektedir. Artan bu yolcu trafiğini kapasite kısıtları dâhilinde daha verimli bir şekilde alabilmek üzere hub-and-spoke network modeli benimsenmiş ve dünyada transfer noktası olan mega hublar oluşmuştur.

Operasyonlarını hub merkezli yürüten havayolunun, mevcut kaynaklarını göz önünde bulundurarak uçuşlarını en iyi şekilde planlaması, alınabilecek maksimum lokal ve transfer yolcu sayısı açısından önemlidir. Bu da hem ilgili havayolu hem de ülke açısından büyük önem arz etmektedir. Ancak kapasite sıkıntılarının da etkisiyle ideal tarife yapısını oluşturabilmek her geçen gün daha da zorlaşmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye’de konumlanan bayrak taşıyıcı havayolu Türk Hava Yolları için optimum dalga ve tarife yapısının oluşturulması, bu bağlamda ideal kalkış ve varış saatlerinin belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Bu problem, gerçek hayat verileriyle çözümlenerek mevcut yapı ile önerilen yapı karşılaştırılmış ve çözümler değerlendirilmiştir.

Karar değişkeninin İstanbul’dan kalkış ve İstanbul’a varış saati olduğu çalışmada, metot olarak matematiksel programlama kullanılmıştır. Bu model ile slot, zaman eksenini ve utilizasyon kısıtları düşünülerek, yolcu tercihi ve transfer yolcu geliri bazlı maksimum faydayı veren kalkış ve varış saatlerinin oluşturduğu tarife bulunmaktadır.

Yolcu tercihine bağlı fayda hesaplanırken, tüm dünyadaki yolcuların O&D kalkış ve varış saati tercihlerini hub havalimanı kalkış ve varış tercihlerine dönüştüren bir algoritma geliştirilmiştir. Transfer yolcu sayısı ve yolcu tercihi temelli potansiyel gelir bazlı faydayı maksimum yapacak şekilde yeni kalkış ve varış saatleri bulunarak mevcut tarife ile karşılaştırılmış ve önerilen model ile sağlanan faydada çok büyük artış olduğu görülmüştür.

Minimum bağlantı süresinin transfer yolcu sayısı üzerindeki etkisi de bu tezde araştırılarak sonuçları gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havayolu, tarife tasarımı problemi, uçuş planlama, kalkış ve varış saati belirleme, yolcu tercihi, transfer yolcu



**PASSENGER CHOICE AND TRANSFER PASSENGER BASED WAVE AND
FLIGHT SECHEDULE DESIGN FOR A FLAG CARRIER AIRLINE**

Elif DEĞİRMENCI

Department of Industrial Engineering

PhD. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL

Co-Adviser: Dr. Zeliha AKÇA

Air transport in the world is developing very quickly and the number of passengers is increasing rapidly. Accordingly, the capacity constraints are emerging. Hub&spoke model has been adopted in order to handle increase in passenger traffic with a more efficient way within capacity constraints and mega hubs have occurred around the world as transfer points.

It's vital for an airline which has hub&spoke model to have efficient network planning with taking into account its available resources in order to maximize its local and transfer passenger traffic. This is very important for both related airline and for that country. However, it becomes more difficult to create an ideal schedule design day by day due to capacity constraints.

In this study, establishing optimum wave & schedule and problem of determining ideal departure & arrival times within this context is discussed for flag carrier located in Turkey.

Real-life data has been used to adress this problem, current structure has been compared with proposed struture and possible alternatives have been evaluated.

In this context, aim of the study intended to be carried out is to establish the optimum wave and tariff structure and application for the flag carrier Turkish Airlines.

The decision variables are departure and arrival time of the flights. A binary mathematical programming method was developed during study. Via this model, optimum schedule design with arrival and departure times has been created which maximizes potential passenger revenue based benefit regarding passenger choice and transfer passenger within slot, time and utilization constraints .

In order to calculate benefit regarding passenger choice, an algorithm was developed that converts passengers' choice of origin & destination based departure & arrival times around the world to hub airport's choice of departure & arrival times. Then, new departure & arrival times that maximize potential revenue based benefit regarding transfer passenger traffic and passengers' choice have been determined and it is shown that major growth in benefit will occur via proposed model when compared with current schedule design.

Moreover, minimum connection time's impact on transfer passenger numbers has been evaluated and results has been shown in this study.

Keywords: Scheduling, flight scheduling, departure time, airline, airline schedule, schedule construction

GİRİŞ

Dünyada havayolu sektöründe uygulanmakta olan iki tip operasyon yapısı bulunmaktadır. Bunlardan ilki, noktadan noktaya yolcu taşıma sistemidir. Bu yapı, daha çok düşük fiyat ve sınırlı hizmet anlayışını benimseyen düşük maliyetli havayolları (LCC-low cost carrier) tarafından tercih edilmektedir. Her iki nokta arasında direkt uçuş hizmeti sunulmasını ifade etmektedir. Tam hizmet sunan (full-service) taşıyıcı olarak adlandırılan ve düşük maliyetli havayollarına göre daha kaliteli hizmet sunan havayolları genellikle topla-dağıt (hub&spoke) yapısını işletmektedirler. Bu yapıda tüm uçuşların merkez (hub) olarak kullanılan havalimanına getirilip, yine bu havalimanından uçuş ağındaki diğer noktalara dağıtılması gerçekleştirilir ve transfer yolcu kavramı da bu yapıda karşımıza çıkar. Hub havalimanına getirilip, bir başka noktaya götürülmek üzere bekletilen yolculara transfer yolcu, birbirinin devamı olan iki uçuşa da bağlantılı uçuş denir. Transfer kavramının da işin içine girmesiyle birlikte, hub&spoke yapısını işleten havayolları için uçuşların planlanması oldukça komplike bir hal almıştır. Zira önemli bütün uçuşların mümkün transfer yolcu potansiyelini arttıracak şekilde birbiriyle bağlantılı olarak planlanması ve bu planlama yapılırken ortaya çıkacak bekleme zamanının, transfer yolcuların hub havalimanında devam uçuşlarını (bir sonraki uçuş) kaçırmayacak yeterlilikte; aynı zamanda gereğinden fazla beklemeyecek kısalıkta olması gerekmektedir. Bunun için de seferlerin (uçuşların) kalkış ve varış saatlerinin hassasiyetle planlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ancak bu saat planlamasını yaparken yolcuların bir noktadan kalkış ve diğer noktaya varış konusundaki tercihlerini de dikkate almak, yolcu memnuniyeti açısından önem arz etmektedir. Örneğin Türkiye'nin küçük bir ili olan Bingöl'de gece geç saatlerde toplu taşıma imkânı olmadığı için yolcular, Bingöl'e gece geç saatte inmeyi tercih etmezken, Türkiye'den Uzakdoğu'ya giden bir yolcunun bambaşka

bir iniş tercihi olabilmektedir. Ancak sadece bunlar değil, havayolu sektöründeki hızlı büyümeyle birlikte karşı karşıya kalınan mevcut havalimanlarındaki kapasite sıkıntıları da havayollarını bu planlama sürecinde oldukça zorlamaktadır. Havayolları hem hub olarak kullandıkları havalimanındaki kapasitenin yönetimini, hem de karşı meydanlar tarafından kendi kullanımına tahsis edilen kapasitenin yönetimini eş zamanlı olarak gerçekleştirmek durumundadırlar.

Bu çalışma kapsamında, topla dağıt (hub&spoke) yapısını işleten ve Türkiye'nin en büyük ve bayrak taşıyıcı havayolu konumunda olan Türk Hava Yolları için yolcu tercihlerini de göz önüne alarak, hem en anlamlı bağlantılı uçuş kombinasyonlarını sağlayacak, hem transfer yolcular açısından en iyi bekleme zamanlarını sunmaya imkân tanıyacak, bunu yaparken de etkin bir kapasite yönetimini eş zamanlı gerçekleştirmeyi sağlayacak nitelikte, bir uçuş kümesi için kalkış ve varış saatlerinin belirlenmesi problemine çalışılmıştır. Çalışma, hem mevcut havayolu literatürüne katkı sağlayacak bilimsel bir kaynak, hem de çalışmanın gerçekleştirildiği kurumdaki karar vericiler için danışılacak bir kaynak niteliğindedir.

1.1 Literatür Özeti

Bu çalışmada, bir havayolu işletmesinde çözülmesi gereken en önemli problemlerden birisi olan, hangi uçuş noktalarına hangi sıklıkla uçuş hizmeti verileceği ve bu sıklığı karşılamak için uçuşların nasıl planlanması gerektiğini tanımlayan uçuş tarifesinin, diğer bir deyişle dalga tarifinin tasarımı ile ilgili son 20 yılda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmalar, en genel manada optimum çözüm yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar ve sezgisel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar olarak iki farklı kategoriye ayrılabilirler. Çalışmaların detaylı anlatımları bir sonraki bölümde yer almaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Dünya'da havayolu taşımacılığı çok hızlı bir şekilde gelişmekte ve yolcu sayısı hızla artmakta, buna bağlı olarak da kapasite sıkıntıları baş göstermektedir. Artan bu yolcu trafiğini alabilmek için tüm dünyada yeni ve mega hub olacak havalimanları yapılmaktadır. Bahse konu havalimanlarında ana oyuncu, ilgili ülkenin bayrak taşıyıcısı olmaktadır. Bayrak taşıyıcısının başarılı olması, havalimanının da başarılı olması, bir başka deyişle havalimanını tercih eden yolcu sayısının artması ve havalimanı ve havayolunun operasyonlarının verimli olması,

mevcut kaynakların etkin kullanılması anlamına gelmektedir. Bu nedenle ana oyuncunun optimum dalga ve tarife yapısında sefer icra etmesi hem ilgili havayolu hem de ülke açısından büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda yürütülecek çalışmada, bayrak taşıyıcı havayolları için optimum dalga ve tarife yapısının oluşturulmasına yönelik bir metodoloji geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Geleceğe yönelik olarak ise bu metodolojinin Türkiye’de konumlanan bayrak taşıyıcı için İstanbul’da 2018 yılında tamamlanması planlanan 3. havalimanı kısıtlarıyla uygulanması beklenmektedir.

1.3 Hipotez

Yapılan bu çalışmada, potansiyel gelir bazlı toplam faydayı maksimize edecek bir model geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu süreçte, yolcu tercihi ve transfer yolcu konuları amaç edinildiğinde daha verimli bir tarife planı ortaya çıkacağı hipotezi değerlendirilmiştir. Geliştirilen model ile birlikte çalışmanın, sektördeki yöneticilere karar aşamasında yol gösterici olması beklenmektedir.

1.4 Tezin Yapısı

Çalışmada ilk olarak, detaylı literatür taraması yapılmıştır. İkinci bölümde havayolu sektörü ve Türkiye’nin bayrak taşıyıcı havayolu incelenmiştir. Üçüncü bölümde, havayolu operasyonlarındaki temel problemler incelenmiştir. Dördüncü bölümde çalışmada geliştirilen optimum uçuş kalkış ve varış planını veren matematiksel model detaylı olarak anlatılmıştır. Beşinci bölümde geliştirilen modeli etkileyen faktörlerden biri detaylı olarak analiz edilmiş, altıncı bölümde ise geliştirilen modelin Türkiye bayrak taşıyıcı verileri kullanılarak uygulaması yapılmıştır. Son bölümde ise bulunan sonuçların değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur.

1.5 Literatür Taraması

Çalışmanın bu bölümünde, tarife planlamayı konu alan yaklaşık 20 yıllık literatür (1996 sonrası) taranmıştır. İncelenen çalışmalar öncelikle kronolojik sırayla özet bir tablo halinde Çizelge 1.1’de sunulmuş, sonrasında detaylandırılmışlardır. Sonuç kısmında ise pay diyagramları (Şekil 1.1) ve tablolarla (Çizelge 1.2) gruplandırılmıştır. Çalışmalar, en genel manada optimum çözüm yöntemlerinin ve sezgisel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar olarak iki farklı kategoriye ayrılabilirler.

Çizelge 1.1 Literatür taramasında değerlendirilen başlıca uçuş çizelgeleme çalışmaları

| No | Tarih | Yazar(lar) | Çalışmanın Başlığı | Model ve Yöntem | Özet |
|-----|-------|--|--|---|---|
| [1] | 1997 | Desaulniers G, Desrosiers J, Dumas Y, Solomon M, Soumis F. | Daily Aircraft Routing and Scheduling | Dal-sınır ve sütun türetme | Uçak atama ve rotalamayı birlikte ele alan ilk yarı entegre çalışmadır. Dal-sınır ve sütun türetme kullanılmıştır. |
| [2] | 1999 | loachim, ve diğerleri, | Fleet Assignment And Routing with Scheduling Synchronization Constraints | Dantzig- Wolfe ayrıştırması | Bu çalışmada, filo ataması ve listeleme problemleri ile ilgili yeni bir kısıt tipi önerilmiştir. Uygulama aşamasında, Avrupalı taşıyıcılardan alınan çizelgeleme problem verisi ve haftalık filo rotalaması kullanılmıştır. |
| [3] | 1999 | Erdmann, A., A.Noltemeier, R. Schrader | Modeling and Solving The Airline Schedule Generation Problem | Sütun türetme | Charter havayolları için çizelgeleme ve uçak rotalamayı entegre etmişlerdir. Amaç, en düşük maliyeti üretmek. |
| [4] | 2000 | Hsu ve Wen | Application of Grey Theory and Multiobjective Programming Towards Airline Network Design | Grey teorisi ve çok amaçlı programlama | Yaptıkları çalışmada öncelikle müşteri memnuniyetini dikkate alan ve servis seviyesini artırmaya yönelik bir ağ tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Hsu ve Wen, yapmış oldukları ağ tasarımında, sistemdeki belirsizliklere karşı etkin bir matematiksel yöntem olarak kullanılan Grey Teorisini ve çok amaçlı programlamayı birlikte kullanarak uçuşların havayolu şirketine olan maliyeti ve/veya yolculara olan maliyetini minimize etmeyi amaçlayan bir model kurmuşlardır. |
| [5] | 2000 | Grönkvist | Aircraft Scheduling | Max akışlı ağ problemi | Filo ataması ve uçak rotalama problemlerinin çözüm metotları ve formülasyonları tartışılmış ve bu alandaki çalışmalar incelenmiştir. Sonuca fazla yoğunlaşmaksızın problem formülasyonu ve çözüm metotları üzerinde yoğunlaşmıştır. |
| [6] | 2000 | Kilborn, E. | Aircraft Scheduling And Operation - A Constraint Programming Approach | Kısıt programlama | Çalışmada filo atama problemi ele alınmış, problemin çözümü için kısıt programlama ile modelleme yapılmıştır. Önerilen kısıt programlama modeli ile 17 uçaklık bir filonun 3000+ uçuşa ataması gerçekleştirilmiştir. Model ile bir aylık çizelgeleme probleminin çözümü bir dakikadan az sürede bulunmuştur. Bulunan çözüm optimal çözüm değil daha sonraki optimizasyon problemlerinin başlangıcı olarak kullanılmıştır. Çözüm metodu ILOG çözücünde kullanılmıştır. |

Çizelge 1.1 Literatür taramasında değerlendirilen başlıca uçuş çizelgeleme çalışmaları
(devamı)

| | | | | | |
|------|------|--|---|---|--|
| [7] | 2000 | Muharremoğlu | The Aircraft Sequencing Problem with Arrivals and Departures | Sezgisel | Tek pist için uçuş sıralama problemi ele alınmıştır. Çalışmanın amacı toplam ağırlıklandırılmış bekleme sürelerini en aza indirmek olarak belirlenmiştir. Çalışmada kesin sonuç veren algoritmaların pratikte yeteri kadar hızlı çözüm vermemeleri nedeniyle kesin sonuç vermeyen fakat hem statik hem de dinamik koşullar için kullanılabilen çözüme hızlı ulaşabilen algoritmalar ön planda tutulmuştur. Önerilen farklı algoritmalar içerisinde de özellikle zaman pencerelerinin kullanıldığı sezgisel yöntemin (Heuristic with Time Windows), %40'a varan azalmalar sağladığı ortaya konulmuştur. |
| [8] | 2000 | Rexing, B., Barnhart, C., Kniker, T., Jarrah, A., Krishnamurthy, N. | Airline Fleet Assignment with Time Windows | Matematiksel programlama teknikleri | Uçak tiplerinin uçuşlara eş zamanlı olarak atanması ve uçuş ayrılışlarını çizelgelemek için geliştirilmiş filo atama modeli sunulmuştur. Mevcut uçuş programında beş ile 20 dakikalık gecikmelerle mevcut uçuş bacak zamanlarında yeniden zamanlamaya imkan verirken, uçuş bacaklarına filo tipi ataması gerçekleştiren bütünlük filo atama ve çizelgeleme problemini United Airlines için incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda işletmenin yıllık 50 milyon dolar civarında tasarruf ettiği ve operasyon maliyetlerini azalttığı görülmüştür. |
| [9] | 2001 | Rosenberger, J., E. Johnson, G. Nemhauser. | Rerouting Aircraft For Airline Recovery | Sezgisel | Yeniden atama ve uçuş iptali maliyetlerinin minimizasyonunu amaçlayan, uçuş ayaklarını yeniden çizelgeleyen ve uçakları yeniden atayan bir model geliştirmişlerdir. Sezgisel bir metot kullanarak çözüm geliştirmişler ve modellerini simülasyon kullanarak denemişlerdir. Son olarak da ekip ve yolcu bozulmalarını minimize edecek şekilde modellerini revize etmişlerdir. |
| [10] | 2001 | Filar, Manyem ve White | How Airlines and Airports Recover from Schedule Perturbations: A Survey | Matematiksel programlama teknikleri | Çalışmada, düzensiz olaylar ile ilgili son dönemde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca yönelem araştırma tekniklerinin havayolu çizelgelemelerinde uygulaması yapılmıştır. |
| [11] | 2001 | Piet Rietveld, Martijn Brons | Quality of Hub-And-Spoke Networks; The Effects of Timetable Co-Ordination On Waiting Time and Rescheduling Time | Matematiksel programlama | Frekans değişikliklerinin, yolcunun yeniden çizelgeleme ve bekleme zamanları üzerindeki etkisi üzerinde durulmuştur. Çalışma, yolcunun hub havalimanında bekleyerek zaman kaybetmesindeki memnuniyetsizliğin, varacağı noktaya arzu edilen zamandan önce vararak vakit kaybetmesinden çok daha fazla memnuniyetsizliğe sebep olduğu varsayımı üzerine kurulmuştur. |

Çizelge 1.1 Literatür taramasında değerlendirilen başlıca uçuş çizelgeleme çalışmaları (devamı)

| | | | | | |
|------|------|--|---|--|--|
| [12] | 2002 | Goran Stojkovic , Francois Soumis , Jacques Desrosiers , Marius M. Solomon | An Optimization Model for A Real-Time Flight Scheduling Problem | Ağ modelleri CPM/PERT | Uçuş, yerde kalma, bakım ve transfer sürelerini azaltarak tarife optimizasyonunu sağlayan bir yaklaşım önermektedir. Operasyonda beklenmedik bir aksama olduğunda rotayı ve ekip atamasını değiştirmeksizin yeniden planlama sağlıyor. DAYOPS isimli time-based model geliştirmişler. Model, CPM/PERT'e dayanan bir modeldir. |
| [13] | 2002 | Barnhart, Kniker ve Lohatepanont | Itinerary-Based Airline Fleet Assignment | Matematiksel programlama teknikleri | Uçuş bacaklarına uçak tiplerinin atanmasıyla kar maksimizasyonunu içeren filo atama probleminin çözümü için yeni bir formülasyon ve çözüm önerilmiştir. Büyük Amerikan hava yolu şirketlerinin verileri üzerinde çalışmalar yapılmış ve üstün çözümler üretilmiştir. |
| [14] | 2002 | Leeuwen, Hesselink ve Rohling | Scheduling Aircraft Using Constraint Satisfaction | Kısıt problemi | Uçaklar için havaalanı ayrılma çizelgeleme aracı, kısıt tatmin teknikleri temeline dayandırılmıştır. Havaalanlarında yaşanan tıkanıklıkları azaltma olasılığı, uçakların çizelgeleme süreci planlamasındaki kontrolörlere yardım etmek içindir. Problem kısıt tatmin problemi olarak modellenmiş ve ILOG solver kullanılarak çözülmüştür. |
| [15] | 2002 | Yan ve Tseng | A Passenger Demand Model for Airline Flight Scheduling and Fleet Routing, | Lagranj Rahatlatma, ağ simpleks metodu ve en az maliyet akış artırma | Çalışmada yolcunun seyahat talebi ve uçuş arzı arasındaki ilişkiyi direkt olarak etkileyecek bir network modeli ve çözüm algoritması geliştirmeyi amaçlamışlardır. Uçuş çizelgeleme ve filo rotalama, havayolu operasyonlarındaki iki kritik aktivite olarak belirtilmiştir. Algoritma Lagranj gevşetme, ağ simpleks metodu ve minimum maliyet akış artırma algoritması temeline dayandırılmıştır. |
| [16] | 2002 | Nigel P.S. Dennis | Long-Term Route Traffic Forecasts and Flight Schedule Pattern for A Medium-Sized European Airport | Matematiksel programlama teknikleri | Orta ölçekli bir Avrupa havalimanı için tarife yapısının oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma sonuçları, ülke büyüme indeksleri kullanılarak 2015 yılına kadar genişletilmiştir. |
| [17] | 2003 | Barnhart C, Belobaba P, Odoni A. | Applications of Operations Research In the Airline Industry | Literatür | Yöneylem araştırması tekniklerinin havayolu taşımacılığı sektörüne katkısı üzerine birçok çalışma hakkında literatür taraması yaparak, geliştirilen modelleri, çözümleri ve gelecek çalışmaları incelemiştir. İncelenen konular arasında uçak ve mürettebat çizelgeleme, çizelge tasarımı, filo atama, bakım planlama ve gelir yönetimi konuları bulunmaktadır. |

Çizelge 1.1 Literatür taramasında değerlendirilen başlıca uçuş çizelgeleme çalışmaları
(devamı)

| | | | | | |
|------|------|---|--|-------------------------------------|--|
| [18] | 2003 | Klabjan | Large-scale Models in the Airline industry | Optimizasyon Modelleri | Gerçekleştirilen çalışmada, büyük ölçekli karışık tam sayılı doğrusal modellerin çözümünde en yaygın kullanılan 3 çözüm metodolojisi incelenmiştir. Bunlar, dal-fiyat, Lagranj gevşetmesi ve Bender ayrıştırma yöntemleridir. |
| [19] | 2004 | Lohatepanont ve Barnhart | Airline Scheduling Planning: Integrated Models and Algorithms for Schedule Design and Fleet Assignment | Entegre matematiksel programlamalar | Makale, filo ataması ve çizelge tasarımı içeren havayolu çizelge planlama sürecinin aşamaları üzerine odaklanmıştır. Kazancı maksimize edecek ve gideri minimize edecek filo atamasının oluşturulması üzerinde durulmuştur. Büyük bir ABD hava yolu verileri temeline dayanan ilk sonuçlar önemli getirilerin elde edileceğini göstermiştir. |
| [20] | 2004 | Cynthia Barnhart ve Amy Cohn | Airline Schedule Planning: Accomplishments and Opportunities | Literatür | Havayolu planlama faaliyetlerindeki optimizasyon yaklaşımları üzerinde durulmuştur. |
| [21] | 2004 | Ulucan A., Eryiğit M. | Hava Taşımacılığı Planlamasında Yöneylem Araştırması Modellerinin Kullanımı | Literatür | Bu çalışmada, filo çizelgeleme (çizelge oluşturma ve filo tahsisi) ve ekip çizelgeleme (ekip eşleştirme, ekip atama) kavramları incelenmiş ve yapılan çalışmalar üzerinde durulmuştur. Kavramlar arasındaki ilişkiler incelenerek filo tahsisi ve tayfa eşleştirme problemlerinin çözümü için geliştirilmiş olan yaklaşımlardan bazıları sunulmuştur. Son olarak, tayfa eşleştirme çözüm süreci bir örnek üzerinde test edilmiştir. |
| [22] | 2005 | Shangyao Yan, Chun-Hung Lai, Chia-Hung Chen | A short-term flight scheduling model for international express package delivery | Matematik Programlama | Operasyonel maliyetleri minimize etmeyi amaçlayan uygun rota ve uçuş tarifesi bulmak için bir model geliştirilmiştir. Model tam sayılı çok ürünlü ağ akış problemi olarak kurulmuş ve matematiksel programlama teknikleri kullanılarak çözülmüştür. |
| [23] | 2006 | Andersson, T | Solving the flight Perturbation Problem with Meta heuristic | Tabu arama Tavlama benzetimi | Uçuş çizelgelemede görülebilecek herhangi bir aksaklığın, meta-sezgisel yöntemler kullanılarak nasıl çözülebileceği konusuna değinilmiştir. Özellikle uçakların arıza yapması gibi tahmin edilemeyen ve ani olaylar problemi üzerinde durulmuştur. Problemin çözümü için tabu arama ve tavlama benzetimi yöntemleri kullanılmış ve uçaklar için yeni rotalar bu sezgisel yöntemlerin de yardımıyla dal-sınır algoritması kullanılarak tespit edilmiştir. |

Çizelge 1.1 Literatür taramasında değerlendirilen başlıca uçuş çizelgeleme çalışmaları
(devamı)

| | | | | | |
|------|------|---|---|---|---|
| [24] | 2006 | Sherali, H. D. , Bish, E.K., Zhu, X., | Airline Fleet Assignment Concepts, Models, and Algorithms | Dinamik filo teknîği | Havayolu filo atama yöntemleri, modelleri ve algoritmaları üzerinde durulmuştur. Çalışmada filo atama problemi; çizelge tasarımı, uçak bakım planlama ve mürettebat çizelgeleme konularıyla entegre edilmiştir. Geleneksel filo modellerine yeni çözüm teknikleri getirmişler ve dinamik filo tekniği ile havayolunun arzını taleple eşleştirmişlerdir. |
| [25] | 2006 | Anne Mercier, François Soumis | An Integrated Aircraft Routing, Crew Scheduling and Flight Retiming Model | Benders ayrıştırma Sütun türetme Dinamik kısıt türetme | Uçak rotalama, mürettebat çizelgeleme ve uçuş yeniden zamanlama modeli geliştirmişlerdir. Uçuşlara hangi kalkış zamanlarının atandığı konusunda ikili değişkenler kullanılmıştır. Her iki problem için de hem mürettebata, hem de uçağa aynı kalkış zamanının atanması kısıt olarak koyulmuştur. |
| [26] | 2007 | Shangyao Yan, Ching-Hui Tang, Ming-Chei Lee | A Flight Scheduling Model for Taiwan Airlines Under Market Competitions | Sezgisel | Kısa dönemli uçuş tarifesi modeli kurulması amaçlanmıştır. Model, doğrusal olmayan karışık tam sayılı program şeklinde kurulmuştur ve NP-hard problem olarak tanımlanmıştır. Değişken pazar payları modele dahil edilmiştir. Yolcu tercihleri de tarife tasarımı modeline entegre edilmiş, sezgisel ile çözülmüştür. |
| [27] | 2007 | Onur Taş | Havayolu Şirketlerinde Uçuşların Atanması Probleminin Tavlama Benzetimi Yöntemi ile Çözülmesi | Tavlama Benzetimi | Kurulan model, literatürde ele alınan filo atama problemlerinin aksine, uçuşların filolara değil, belirli bir uçağa atanmasını sağlamaktadır. Ayrıca yolcu talebi düşük olan uçuş ayakları için gerçekleştirilecek olan uçuşların her gün düzenli olarak gerçekleştirilemeyeceği de göz önünde bulundurularak atamalar günlük değil haftalık yapılmıştır. |
| [28] | 2008 | Shangyao Yan, Ching-Hui Tang, Tseng-Chih Fu | An Airline Scheduling Model And Solution Algorithms Under Stochastic Demands | Sezgisel Doğrusal olmayan karma tam sayılı prog. | Literatürde yer alan çalışmaların çoğunda ortalama yolcu sayısı girdi olarak kullanılırken, bu çalışmada bu durumdan kaynaklanan günlük dalgalanmaların ihmal edilmesi sorununa çözüm getiriliyor. Stokastik talepli çizelgeleme modeli kurulmuş. İki heuristic algoritma geliştirilmiştir. |
| [29] | 2010 | Sherali, H.D., Bae, K., Haouari, M., | Integrated Airline Schedule Design And Fleet Assignment: Polyhedral Analysis and Benders' Decomposition Approach | Benders ayrıştırma | Entegre çizelge planlama ve filo atama problemi geliştirilmiş, çok yüzlü analizler yapılmış ve problem örneklerinin etkili çözülebilmesi için Benders ayrıştırma yaklaşımı tasarlanmıştır. |

Çizelge 1.1 Literatür taramasında değerlendirilen başlıca uçuş çizelgeleme çalışmaları
(devamı)

| | | | | | |
|------|------|---|--|-------------------------------------|---|
| [30] | 2010 | Akartunalı K., Boland N., Evans I., Wallace M., Waterer H., Smith O. | Airline Schedule Design: Network Design Optimization and Heuristics | Literatür | Literatür taraması yapılmıştır. |
| [31] | 2011 | Obrad Babic, Milica Kalica, Danica Babica, Slavica Dozica | The Airline Schedule Optimization Model: Validation and Sensitivity Analysis | Sezgisel | Çalışmada, günlük oprasyonlar sırasında yaşanan tarife bozulmalarının olumsuz etkisini en aza indirgeyebilmeyi sağlamak amaçlı bir karar destek sistemi sunuluyor. |
| [32] | 2011 | Zeghal, F. M., Haouari, M., Sherali, H. D., ve Aissaoui, N. | Flexible Aircraft Fleeting and Routing At Tunis Air | Optimizasyon tabanlı sezgisel | Tunus Air için çizelge tasarımı, esnek uçak filolama ve rotalama problemi için sezgisel bir yaklaşım tanımlamışlardır. Amacı, kısıtları ve uzun dönem bakım gereklilerini karşılarken, net karı maksimize etmektir. |
| [33] | 2011 | Luis Cadarso, Ángel Marín | Integrated Robust Airline Schedule Development | Robust | Havayolu tarife planlamaları iki aşamada gerçekleştirilir: frekans planlanır, akabinde tarife planlanır. Bu çalışmada daha ekonomik çözüm üretmek ve kararlar arasındaki uyumsuzlukları azaltmak amacıyla iki aşama entegre edilerek tek bir modelde birleştirilmiştir. Model IBERIA networkünde test edilmiş ve başarılı olduğu görülmüştür. Robust yaklaşım kullanılmıştır. |
| [34] | 2013 | Kerem Akartunalı Natashia Boland , Ian Evans, Mark Wallace, Hamish Waterer | Airline Planning Benchmark Problems— Part II: Passenger Groups, Utility, and Demand Allocation | Literatür | Daha önce hazırladıkları “Airline planning benchmark problems—Part I: Characterising networks and demand using limited data” adlı makalenin devamı niteliğindeki bu çalışma, uçuş tarifesi tasarımında yolcu tercihlerini ve dolayısıyla da tarife gelirini yeterli düzeyde yansıtabilecek veriye ulaşmanın zorluğundan bahsetmektedir. |
| [35] | 2013 | Pita, J.P., Barnhart, C., Antunes, A.P. | Integrated Flight Scheduling and Flight Assignment Under Airport Congestion | Matematiksel programlama | Uçuş çizelgeleme ve atama problemleri, birlikte ele alınarak, karışık tam sayılı doğrusal optimizasyon modeli ile çözülmüştür. |
| [36] | 2014 | João P. Pita, Nicole Adler, António P. Antunes | Socially-Oriented Flight Scheduling and Fleet Assignment Model with An Application to Norway | Optimizasyon Modelleri | Diğer modellerden en büyük farkı, havayolu karını maksimize etmek yerine, sosyal maliyetleri minimize etmektir. Yolcu zaman maliyeti ve havalimanı işletme giderleri de göz önüne alınmıştır. |

Desaulniers vd. [1] çalışmalarında, kar maksimizasyonunu amaçlamışlardır. Farklı uçak tiplerinden oluşan filonun, kalkış saati zaman pencereleri, uçuş süreleri ve uçak tipine göre karları bilinen uçuş bacaklarının tamamını kapsaması gerektiği belirtilmiştir. Bunun için iki model önerilmiş: bunlardan ilki küme bölüntüsü modeli, ikincisi ise zaman kısıtlı çok ürünlü akış modelidir. İlk modeli lineer gevşetmeyle çözmek için sütun türetme uygulanırken, ikinci modeli lineer gevşetmeyle çözmek için ise Dantzig-Wolfe ayrıştırma yaklaşımı kullanılmıştır. İlk modelin lineer gevşetmesi için üst sınırlar sağlamıştır. Tüm problemin tam sayılı çözümü dal sınır yöntemiyle elde edilmiştir. İki formül arasındaki eşitlik kullanılarak, sütun türetme tekniğiyle uyumlu çeşitli dal stratejileri önerilmiştir. Sonuç olarak farklı iki havayolundan alınan datalar kullanılarak elde edilen değerler rapor edilmiştir. Sonuçlar, önerilen yaklaşımı kullanarak önemli ölçüde kâr sağlanabileceğini göstermiştir.

Ioachim vd. [2], Dantzig±Wolfe ayrıştırmasına dayalı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ana problem uçuş kapsama ve tarife senkronizasyonu kısıtlarından oluşmaktadır. Uygun alt problem, zaman pencereli ve zamana göre doğrusal değişken maliyetli en kısa yol problemidir ve bu problem optimal dinamik programlama algoritmasıyla çözülmüştür.

Erdmann vd. [3], havayolu tarife oluşturma problemine kombine bir dal-sınır yaklaşımı önermişlerdir. Lineer gevşeme sınırını sıkılaştırmak için spill eden yolcu sayısını ve uçak sayısını ayarlayan kesme düzlemleri eklemişlerdir. Doğrusal olmayan maliyetli yolcu rotaları ve uçak rotasyonları için, yol temelli karışık tam sayılı programlama formülasyonu ve buna dayalı çözüm önermişlerdir. Büyük bir Avrupalı charter havayolu şirketi için uygulama yapılmıştır.

Hsu ve Wen [4] yaptıkları çalışmada, öncelikle müşteri memnuniyetini dikkate alan ve servis seviyesini artırmaya yönelik bir ağ tasarımı gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Grey teori ve çok amaçlı programlama kullanarak, şehir çiftleri arasındaki havayolu yolcu trafiğini tahmin eden, network yapısını oluşturan, rotaları tasarlayan ve frekanslara karar veren bir dizi model geliştirilmişlerdir. Hsu ve Wen'in yapmış oldukları ağ tasarımında, sistemdeki belirsizliklere karşı etkin bir matematiksel yöntem olduğu için Grey Teorisinin kullanıldığı belirtilmiştir. Nihai olarak, uçuşların havayolu şirketine olan maliyeti ve/veya yolculara olan maliyetini minimize etmeyi amaçlayan bir yapı ortaya çıkmıştır. Çin Havayollarının 50 uçaklık filo, 30 destinasyondan oluşan 2000 yılı network (uçuş ağı) tasarımını yapmak amacıyla uygulama

yapılmış, aday hatları belirlemek ve içinden seçmek için hat mesafe indeksi (destinasyon uzaklık), toplam ara durak sayısı ve trafik yoğunluk indeksleri kullanılmış ve “grey clustering” uygulanmıştır. Şehirlerarası geçmiş trafik verisi mevcut olmadığından ülkeler arası yıllık toplam yolcu sayısı datası kullanılmış, sonra oranlanarak şehir çiftlerine dönüştürülmüştür. Uygun uçak tipleri uygun uçuşlara atanmış, daha sonra frekanslar belirlenmiştir. Haftalık ortalama frekanslar 2-amaçlı doğrusal olmayan programlama modeli çözülerek elde edilmiştir.

Grönkvist [5], bir çözüme odaklanmaksızın filo ataması ve uçak rotalama problemlerinin çözüm metotları ve formülasyonları üzerine olan çalışmalarını incelemiş ve değerlendirmelerde bulunmuştur.

Kilborn [6] çalışmasında, kısıt programlama kullanarak kuyruk atama problemi modellemeyi ve çözmeyi amaçlamıştır. Model ile 17 uçaklı bir filonun 3000'in üzerinde uçuşa atanması ile ilgili bir aylık çizelgeleme probleminin çözümü bir dakikadan daha az sürede bulunmuştur. Bulunan çözüm optimal çözüm değil, daha sonraki optimizasyon problemlerinin başlangıcı olarak kullanılmıştır. Modelde halen birçok eksik bulunmaktadır. Bunlardan başlıcası, kısa dönem bakım kontrolleri modele dâhil edilmemiştir.

Muharremoğlu [7] çalışmasında, tek pist üzerindeki kalkış ve varış saatlerini, toplam ağırlıklı gecikmeleri minimize edecek şekilde belirlemeyi amaçlamıştır. Uçakların farklı hazırlık zamanlarının olmadığı ve tüm uçakların istenildiği an kalkışa ve varışa hazır olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada uçuş sıralama problemi ele alınmıştır ve toplam gecikmeyi minimize eden dinamik programlama algoritması geliştirilmiştir.. Çalışmada kesin sonuç veren algoritmaların pratikte yeteri kadar hızlı çözüm vermemeleri nedeniyle kesin sonuç vermeyen fakat hem statik hem de dinamik koşullar için kullanılabilen çözüme hızlı ulaşabilen algoritmalar ön planda tutulmuştur. Önerilen farklı algoritmalar içerisinde de özellikle zaman pencerelerinin kullanıldığı sezgisel yöntemin, diğer yöntemlere göre toplam gecikmelerde yüzde kırka varan azalmalar sağladığı ortaya koyulmuştur.

Rexing vd. [8], mevcut filo atama modellerinin, planlanmış uçuş kalkış saatlerinde değişikliğe izin vermediğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında, bu kısıtın üstesinden gelmek için, uçak tiplerinin uçuşlara eş zamanlı olarak atanmasını önermişler ve uçuş ayrılışlarını çizelgelemek için geliştirilmiş filo atama modeli sunmuşlardır. Önerilen model, mevcut uçuş

programında 5 ile 20 dakikalık gecikmelerle mevcut uçuş bacağı (uçağın kalkışından bir durma veya duraksamaya kadar gerçekleşen uçuş bölümüne verilen isim) zamanlarında yeniden zamanlamaya imkân verirken, uçuş bacaklarına filo tipi ataması da gerçekleştiren bütünleşik filo atama ve çizelgeleme modelidir. Modelin çözümü için iki algoritma geliştirilmiştir. United Airlines için sonuçları incelemiştir. Çalışmanın sonucunda işletmenin yıllık 50 milyon dolar civarında tasarruf ettiği ve operasyon maliyetlerini azalttığı görülmüştür.

Rosenberger vd. [9], yeniden atama ve uçuş iptali maliyetlerinin minimizasyonunu amaçlayan, uçuş ayaklarını yeniden çizelgeleyen ve uçakları yeniden atayan bir model geliştirmişlerdir. Sezgisel bir metot kullanarak çözüm geliştirmişler ve modellerini simülasyon kullanarak denemişlerdir. Son olarak da ekip ve yolcu bozulmalarını minimize edecek şekilde modellerini revize etmişlerdir. Uçak seçimini sezgisel yaparak NP-zor problemlerin zorluğunun üstesinden gelmişlerdir.

Filar vd. [10], çalışmalarında tarife bozulmalarının düzeltilmesi üzerine eğilmişler, öncelikle ele alınan bir havalimanında gerçekleşen bozulmaların nasıl üstesinden gelinebileceğini düşünmüşler, bununla ilgili olarak uçuş tarifesi, uçak ve kabin ayarlamalarını içeren modeller üzerine çalışmışlardır. Makalede daha detaylı olarak ise, yerde tutma ile ilgili matematiksel modellere yer verilmiştir. Havalimanlarındaki zamana göre kapasite dalgalanmalarının, rassal değişkenler yardımıyla modellenebileceğinden bahsedilmiştir.

Rietveld ve Brons [11], makalelerinde düşük frekansların, hub havalimanında çizelgeleme ve bekleme zamanları üzerinde negatif etki oluşturduğundan bahsetmişlerdir. Çalışma, yolcunun hub havalimanında bekleyerek zaman kaybetmesindeki memnuniyetsizliğin, varacağı noktaya arzu edilen zamandan önce varmasından çok daha fazla memnuniyetsizliğe sebep olduğu varsayımı üzerine kurulmuştur. Hub havalimanlarındaki taşıyıcıların tarife koordinasyon kalitesi için bir ölçü önermişler ve dört büyük Avrupa havalimanı için uygulama yapmışlardır. Çalışma sonucunda, Londra Heathrow ve Paris Charles de Gaulle gibi büyük havalimanlarının frekans fazlalığı sebebiyle daha düşük bekleme zamanlarına sahip olacağı beklentisinin aksine, Frankfurt ve Schiphol gibi küçük havalimanlarına nazaran daha uzun bekleme zamanlarına sahip olduğu gösterilmiştir. Bunun da, çalışmada geliştirilen uçuş

koordinasyon katsayısının yansıttığı uçuş koordinasyonunun bu tarz havalimanlarında daha az etkin olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Stojkovic vd. [12] çalışmalarında, gün içinde ortaya çıkan tarife bozulmalarına karşı (DAYOPS problemi) planlanan kabin ekibi transferlerine, kalan süreye, yolcu bağlantılarına ve bakıma dayalı yeni uçuş tarifelerini belirleyen bir model önermişlerdir. Havayolları genel olarak dört planlama fazını yürütürler: uçuş planlama, filo atama, uçak rotalama ve kabin ekibi planlama. Bu çalışma da, ilk dört fazı tamamlanmış bir uçuş tarifesinin yeniden optimizasyonu anlamında 5. Faz olarak kullanılabilir. Çalışmada, havayollarının uçuş tarifesinde meydana gelen bozulmaların havayoluna maliyetini ve müşteri nezdindeki uygunsuzluğunu minimize etmek amacıyla planlı tarife üzerindeki gerekli gerçek zamanlı değişikliklere karar vermeyi amaçlamışlardır. Havayollarının karı maksimize etmeye çalışırken, bir yandan da uçak rotalarını ve kabin ekibi rotasyonlarını belirlemeleri gerektiğinden bahsedilmiştir.

Orijin ve destinasyon düğümlerinden oluşan bir uçuş ağı yapısı kurmuşlardır. Bu orijin ve destinasyon çiftlerinin her biri, uçuş bacağını gösteren bir yönlendirilmiş ok ile birleştirilmişlerdir. Bakım, yer hizmeti gibi diğer uçak hareketleri de ilave yönlendirilmiş oklarla belirtilmiştir. Her kalkış ve varış düğümüyle ilişkili olarak, sınırlandırılmış zaman değişkenleri kullanılmış ve negatif olmayan düğüm ve ok katsayılarıyla uyumlu bir lineer amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Uçuş, yer hizmeti, bakım ve yolcu bağlantı okları üzerindeki maliyet fonksiyonları, herhangi bir artış karşısında cezalandırılmıştır. Ayrıca, yolcuların transfer zamanlarındaki azalmalar da, hem yolcu hem de havayolu personeli üzerindeki stresi arttıracığı için cezalandırılmıştır. Nihai olarak da kalkış saatlerini yeniden planlamışlardır. Yaklaşımlarını doğrulamak için, lineer maliyet fonksiyonuna sahip 10 problem üretilmiştir. Data büyüklüğü ilk problemden son probleme doğru gittikçe arttırılmıştır. Problem CPLEX Linear Optimizer 12.6.2.0 kullanılarak çözülmüştür. Model sonucunda çıkan veriler yorumlanarak, bazı uçuşlar iptal edilebilmekte, filo atamaları ve uçak rotaları değiştirilebilmekte, kabin ekibi kısıtları gevşetilebilmekte ve rotasyonları modifiye edilebilmektedir.

Barnhart vd. [13], 2002 yılında yayımlanan çalışmasında karlı bir tarife oluşturmanın bir havayolunun karlılığı için en önemli etmen olduğunu ifade etmiştir. Çalışmanın odak noktası, tarife tasarımı ve filo atama olarak belirlenmiştir. Tarife tasarımı, ne zaman nereye

uçulacağını, filo atama ise operasyon maliyetlerini minimize edecek ve geliri maksimize edecek şekilde uçak tiplerinin uçuş bacaklarına atanmasını ifade etmektedir. Havayolu filo atama probleminin, uçak tiplerinin uçuş bacaklarına kar maksimizasyonu gözetilerek atanması gerekliliğini içerdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, network etkilerini yakalayan yeni bir formülasyon ve çözüm yaklaşımı önermişlerdir. Uygulama, büyük bir Avrupalı taşıyıcının dataları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sıfırdan bir tarife oluşturmak yerine mevcut tarife taslak tarife olarak ele alınmıştır. Önce frekans belirleme, sonra tarife geliştirme şeklindeki geleneksel sıralı yöntem yerine frekans, kalkış saatleri ve filo atama problemlerinin aynı anda çözüldüğü bir yöntem önermişlerdir. Daha önceki çalışmalarda spill ve recapture genellikle ihmal edilirken veya sadece yaklaşık olarak hesaplanırken, bu çalışmada spill (yolcu dökme) ve recapture (kaybedilen yolcuğu yeniden yakalama) çok daha doğru bir şekilde hesaplanmaktadır ve literatürdeki mevcut modeller üzerine de iyileştirmeler getirmektedir. Önerilen algoritma, çeşitli boyutlardaki birkaç network üzerinde denenerak gösterilmiştir. Spill sınırı olarak %70 doluluk oranı belirlenmiş, bununla birlikte izin verilen en fazla doluluk oranı %90 olarak belirlenmiştir.

Leeuwen vd. [14], havaalanlarında yaşanan tıkanıklıkları azaltmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Problem, kısıt tatmin problemi olarak modellenmiş ve ILOG solver kullanılarak çözülmüştür.

Yan ve Tseng [15], çalışmalarında, yolcunun seyahat talebi ve uçuş arzı arasındaki ilişkiyi direkt olarak etkileyecek bir network modeli ve çözüm algoritması geliştirmeyi amaçlamışlardır. Uçuş çizelgeleme ve filo rotalama, havayolu operasyonlarındaki iki kritik aktivite olarak belirtilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak uçuş tarifeleme prosesinin tarife oluşturma ve tarife değerlendirme fazlarından oluştuğu ifade edilmiştir. Tarife oluşturma fazı öngörülen talep, pazar payı ve havalimanındaki slot müsaitliğine göre bir taslak tarife oluşturulması, tarife değerlendirme fazı ise, operasyonel uygunluk, maliyet ve performansa göre değerlendirme olarak tanımlanmıştır. Taşıyıcının karını maksimize etmek amacıyla entegre bir filo rotalama ve uçuş çizelgeleme modeli inşa etmek amacıyla bir "time-space network" modeli uygulanmıştır. Problem, tam sayılı çok ürünlü ağ akış problemi olarak modellenmiş, amaç fonksiyonu ise sistem maliyetinin minimizasyonu olarak belirlenmiştir. Problemi çözmek için bir sub-gradient yöntemle birlikte lagrange gevşetme yöntemi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise optimal çözümün üst sınırını çözmek için sezgisel

bir yöntem uygulanmıştır. Uygulama aşamasında Tayvan Havayolları'nın 1996 yılındaki iç hat uçuşları datası kullanılmıştır. Data büyüklüğü günlük 11 şehir ve 170 uçuş kadardır. Maksimum doluluk oranı olarak %70 kabul edilmiştir. Sonuç olarak 12 uçak ve 108 uçuşlu optimal tarife elde edilmiştir. Çalışmada transfer yolcular ihmal edilmiştir. Çalışmada geliştirilen algoritmanın problem-oriented sezgisel olması nedeniyle problemin, algoritmanın performansının, problem parametrelerinden etkilenme ihtimaline karşı bir hassasiyet analizi yapılmıştır, bunun için de filo büyüklüğü, O&D talebi, uçuş maliyeti ve bilet fiyatı gibi kritik girdiler değiştirilmek suretiyle hassasiyet analizi gerçekleştirilmiştir.

Dennis [16], 2002 yılında yaptığı çalışmada, orta ölçekli bir Avrupa havalimanının gelecek dönemdeki uçuş tarifelerini değerlendirecek bir metodoloji geliştirmiştir. Başlangıç noktası olarak hub havalimanından tüm dünyaya olan orijin ve destinasyonlar arasındaki talepler alınmıştır. Bu talepler, ülkelerin büyüme oranlarıyla çarpılarak 2015 projeksiyonu yapılmıştır. Daha sonra bu veri, gelecek dönem hat trafiğine dönüştürülmüş, bir eşik değer belirlenmiş ve bu eşik değer altında kalan talepler, çeşitli uygun hub havalimanlarına tekrar dağıtılmıştır. Her bir hattaki gelecek dönem tahminini yapmak için bir frekans ve uçak boyutu modeli uygulanmıştır. Bu uçuşlar günün belirli zamanlarına atanarak bir uçuş tarifi oluşturulmuştur. Günlük ideal dalga sayısı 3 olarak kabul edilmiştir. Bu sayının altındaki dalga sayısının zayıf uçak utilizasyonuna ve dalgada istenmeyen yığılmalara neden olacağı ifade edilmiş, bu sayının üstündeki dalga sayısının ise bağlantı sürelerinde istenmeyen uzamalara neden olabileceği ifade edilmiştir.

Barnhart vd. [17], 2003 yılında yaptıkları çalışmada, hava taşımacılığı endüstrisindeki önemli birkaç yönelem araştırması uygulamasını göstermişlerdir. Havayolu sektöründe Yönelem araştırması tekniklerinin kullanıldığı çalışmalar hakkında oldukça geniş bir literatür taraması yaparak geliştirilmiş olan modelleri, çözüm algoritmalarını ve gelecek çalışmalar için önerileri incelemişlerdir. İncelenen konular arasında bizim çalışmamızı ilgilendiren çizelge tasarımı da yer almaktadır. Uçulacak uçuş bacaklarının ve uçuş bacaklarının kalkış saatlerinin belirlenmesini ifade eden uçuş tarifesinin, bir havayolunun rekabetçi konumunu ve karlılığını belirleyen en önemli anahtar faktör olduğu ifade edilmiştir.

Klabjan [18] tarafından 2003 yılında gerçekleştirilen çalışmada, büyük ölçekli karışık tam sayılı doğrusal modellerin çözümünde en yaygın kullanılan 3 çözüm metodolojisi

incelenmiştir. Bunlar, dal-fiyat, Lagranj gevşetmesi ve Bender ayrıştırma yöntemleridir. Büyük ölçekli doğrusal programlar genellikle “delayed column generation” ile çözülür. Bu algoritmada, her bir adımda sadece sütunların bir alt kümesi değerlendirilmek suretiyle ilerlenir. Genellikle bu yöntemin en sıkıntılı tarafı alt problemleri çözmektir. Çünkü bunun için çok sayıda sütun taramak gerekir ve tek bir sütuna indirgemek oldukça komplike bir iştir. Dal ve fiyat yöntemi bir dal-sınır algoritmasıdır ve doğrusal programlama gevşetmeleri her adımda sütun türetme ile çözülür. Başka bir yaygın kullanılan teknik olan Lagranj gevşetme yönteminde ise, eşitlik ve eşitsizlik kısıtları Lagrange çarpanları ile çarpılıp mevcut amaç fonksiyonuna eklenerek, kısıtlı en iyileme probleminin kısıtsız en iyileme problemine dönüştürülmesi sağlanır.

Lohatepanont ve Cynthia 2004 yılında yaptıkları çalışmada [19], filo ataması ve çizelge tasarımı içeren havayolu çizelgele planlama sürecinin aşamaları üzerine odaklanmışlardır. Kazancı maksimize edecek ve gideri minimize edecek filo atamasının oluşturulması üzerinde durulmuştur. Büyük bir ABD hava yolu verileri temeline dayanan ilk sonuçlar önemli getirilerin elde edileceğini göstermiştir.

Barnhart ve Cohn [20], 2004 yılında sundukları çalışmada, havayolu tarife planlama problemi için optimizasyon yaklaşımları tanımlamışlardır. Havayolu tarife planlamanın tipik olarak dört temel probleme ayrıldığı ifade edilmiş ve bunlar tarife tasarımı, filo atama, uçak bakım rotalama ve ekip planlama olarak belirtilmiştir. Çalışmaya göre, uçulacak uçuş bacaklarını ve kalkış saatlerini içeren tarife tasarımı bir havayolunun en önemli ürünüdür. Havayolu hizmeti, havayolu tarifesinin bir fonksiyonudur; optimum havayolu tarifesi ise pazarın talebinin bir fonksiyonudur. Kısıtsız pazar dadasını elde etmek ve hatta tahmin etmek çok zor olduğundan, problemin zorluğu artmaktadır. Ortalama ücretlerin yine tarife tasarımının en önemli elemanlarından biri olduğu ifade edilmiştir. Tarife tasarımında sıfırdan bir tarife yapmak yerine mevcut tarife üzerinde değişiklikler yapmak suretiyle tarife tasarım problemlerine yaklaşıldığı ifade edilmiştir. Tarife tasarımı problemlerinin boyutunu küçültmek suretiyle problemlerin çözümünü kolaylaştırmak için değişken eliminasyonuna gidilebileceği belirtilmiştir. Etkin başka bir çözüm yöntemi olarak dal-sınır algoritması anlatılmıştır.

Ulucan ve Eryiğit [21] yaptıkları çalışmada çizelge oluşturma, filo atama, ekip çizelgeleme kavramlarını ele almışlar ve bu konuda yapılan çalışmalarını incelemişler. Çalışmada, bahse

konu kavramlar arasındaki ilişkiler incelenmiş, geliştirilen çözüm önerilerinden bazılarına yer verilmiştir.

Yan vd. [22], operasyonel maliyetleri minimize etmeyi amaçlayan uygun rota ve uçuş tarifelerini bulmak için bir model geliştirilmiştir. Model tam sayılı çok ürünlü ağ akış problemi olarak kurulmuş ve matematiksel programlama teknikleri kullanılarak çözülmüştür.

Andersson [23], 2006 yılında yayımlanan çalışmasında, dikkatle hazırlanmış bir tarifede uçak arızası gibi sebeplerden kaynaklanan bozulma meydana geldiğinde, bu bozulmaların meydana getireceği negatif bozulmaların minimize edilmesinin önemini ifade etmiştir. Çalışmada, tabu arama ve tavlama benzetimi algoritmaları gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uçuş bozulmalarını çözmek için önerilen bu yöntemlerin, özellikle de tabu arama algoritmasının başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Sherali vd. [24], 2006 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, havayolu filo atama yöntemleri, modelleri ve algoritmaları üzerinde durmuşlardır. Çalışmada filo atama problemi çizelge tasarımı, uçak bakım planlama ve mürettebat çizelgeleme konularıyla entegre edilmiştir. Geleneksel filo modellerine yeni çözüm teknikleri getirmişler ve dinamik filo tekniği ile havayolunun arzını taleple eşleştirmişlerdir. Gözden geçirdikleri literatürde, filo atama probleminin genelde bağımsız olarak ele alındığı ve çözülmeye çalışıldığı görülse de, filo atamanın aslında uçuş tarifesi/network tasarımı prosesine bağlı olduğu ifade edilmiştir.

Mercier ve Soumis [25], 2006 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada uçak rotalama, mürettebat çizelgeleme ve uçuş yeniden zamanlama modeli geliştirmişlerdir. Uçuşlara hangi kalkış zamanlarının atandığı konusunda ikili değişkenler kullanılmıştır. Her iki problem için de hem mürettebata, hem de uçağa aynı kalkış zamanının atanması kısıt olarak koyulmuştur.

Yan vd.'nin [26] 2007 yılında yaptıkları çalışmaya göre, havayolları iyi bir uçuş tarifesi ortaya koyabilmek için sadece filo ve ilgili operasyonları değil, pazar payı ve günlük yolcu talebinden kaynaklı stokastik sapmaları da göz önünde bulundurmalarıdır. Geçmişteki kısa dönemli uçuş tarifeleri üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda nihai ürün olan zaman çizelgesi ve tarifeyi oluşturmak için girdi olarak ortalama yolcu talebi kullanılmıştır. Bu da günlük yolcu talebi değişimlerinin önemsenmediğini göstermektedir. Bu ve benzeri stokastik bozulmaları göz önünde bulundurabilmek için stokastik talep çizelgeleme modeli geliştirmişlerdir. Modeli çözebilmek için kullanılacak iki sezgiseli geliştirmek için arc-based ve route-based stratejiler

geliştirilmiştir. Büyük bir Tayvan havayoluna dayanan test verileri sonucunda modelin ve çözüm algoritmasının iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Onur Taş [27], 2007 yılında yaptığı “Havayolu Şirketlerinde Uçuşların Atanması Probleminin Tavlama Benzetimi Yöntemi İle Çözülmesi” isimli çalışmasında, “Herhangi bir havayolu şirketinin uçuşlarının mümkün olduğu kadar zamanında gerçekleştirilebilmesi hem kısa hem de uzun vadede o şirket için büyük önem arz etmektedir.” demiştir. Bu nedenle her havayolu şirketi filosunda bulunan uçakları daha önceden belirlemiş oldukları uçuşlarına mümkün olduğu kadar uygun bir biçimde atayarak, hem her bir uçuştaki yolcu talebini karşılamak, hem de o uçuşu şirket için mümkün olduğunca az maliyetle gerçekleştirmek zorundadırlar. Problemin belirlenmesi sürecinde yapılan literatür araştırmasında, konu hakkında daha önce yapılmış olan çalışmalarda, problemin tanımlanması aşamasına yön veren başlıca şu üç eksiklik göze çarpmıştır: Eksikliklerden ilki olarak, belirlenen uçuşlara belirli bir uçak yerine genel olarak sadece bir filo tipinin atanması özellikle çözümlenmesi gereken bir problem olarak belirlenmiştir. Tez başlığında da literatürde daha sık rastlanan ‘filo atanması’ yerine ‘uçuşların atanması’ tanımının kullanılmış olması bu nedenden kaynaklanmaktadır. İkinci eksiklik olarak belirlenen, bir uçağın günde sadece bir uçuş yaptığı atama modelleri de bu çalışma hazırlanırken dikkate alınan bir diğer problemdir. Literatürde bulunan birçok çalışmada kullanılmış olan ve gerçek hayatta geçerli olmayacağı düşünülen bir diğer konu ise, atanan uçuşların kesinkes her gün periyodik olarak gerçekleştirileceği varsayımdır. Problemin tanımı en kısa şekliyle; gün içerisinde birden fazla uçuşun aynı uçağa atanabildiği, 72 zaman aralığı ve haftalık zaman periyodunun kullanıldığı uçuş atama problemidir. Çalışmanın sonucunda havayolu şirketlerinin periyodik olarak çözmeleri gereken problemlerden biri olan uçuşların atanması problemi için tavlama benzetimi yöntemi kullanılarak çözüm sunulmuştur. Sunulan bu çözümlerin özellikle küçük ve orta boy işletmeler için kısa zamanlarda ulaşıyor olması, çalışmanın başında da hedeflenen amaca ulaşıldığını göstermektedir.

Yan vd. [28], 2008 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, kısa dönemli uçuş tarifesi modeli kurmayı amaçlamışlardır. Model, doğrusal olmayan karışık tam sayılı program şeklinde kurulmuştur ve NP-zor problem olarak tanımlanmıştır. Değişken pazar payları modele dâhil edilmiştir. Yolcu tercihleri de tarife tasarımı modeline entegre edilmiştir. Modeli çözmek için sezgisel yaklaşım önerilmiştir.

Sherali vd. [29], 2010 yılında yaptıkları çalışmada, karlılığı artırmak için tarife planlama ve filo atamayı eş zamanlı ele alan entegre bir yaklaşım sunmuşlardır. Çözüm için Bender'in ayrıştırma tekniği kullanılmış ve United Airlines firmasından alınan gerçek veriler kullanılarak sonuçlar gösterilmiştir.

Akartunalı vd. [30], 2010 yılında bir konferansta sundukları çalışmada, havayolu uçuş ağı tasarımında kullanılan optimizasyon modelleri ve sezgiseller üstünde durmuşlardır.

Babic vd.'nin [31] 2011 yılında yaptıkları çalışmada, havayolu operasyonlarında meydana gelen düzensiz olayların günlük rutin operasyonlara etkisinin en aza indirgenmesi üstünde durmuşlardır. Bir havayolu tarife optimizasyonu karar destek sistemi sunmuşlardır. Sundukları bu sistem bir havayolu operasyon kontrol merkezinde test etmişler ayrıca karar destek sisteminde tanımlı ceza değerlerinin, tarife optimizasyonu ile üretilen sonuçlar üzerindeki etkisinin nasıl olduğuna ilişkin bir duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Zeghal vd. [32] 2011 yılında yaptıkları çalışma ile Tunus Air için çizelge tasarımı, esnek uçak filolama ve rotalama problemi için sezgisel bir yaklaşım tanımlamışlardır. Önerilen çözüm, her uçuşun kalkış zamanını, kiraya verilen uçakların alt kümesini, her uçuşa atanan uçakları ve her uçağın uçacağı uçuş sırasını açıkça belirtmektedir. Modelin amacı, aktivite kısıtlarını ve uzun dönem bakım gereklerini karşılarken, beklenen toplam net karı maksimize etmektir.

Cadarso ve Marina [33], 2011 yılında yaptıkları çalışmada, tarife tasarımının genel olarak frekans planlama ve zaman çizelgesi planlama aşamalarından oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada, bahse konu iki planlama aşaması, filo planlama da dâhil edilerek tek bir adımda çözülmeye çalışılmıştır. Bunun için entegre robust bir yaklaşım önermişlerdir. Zaman çizelgesini, yolcuların uçuş bağlantılarını gerçekleştirmek için gerekli yeterli bağlantı sürelerini garanti edecek şekilde tasarlamışlardır. Her bir pazar talebi olarak ortalama pazar talebi verisi kullanılmıştır. Bağlantı süresi arttıkça müşteri memnuniyetinin azalacağı, bağlantı süresi azalırse bağlantı süresinin yetersizliğinden kaynaklı kaçırılan yolcu sayısının artacağından dolayı aradaki dengeyi korumaya yönelik bir model geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada rekabet etkisi ihmal edilmiştir. Buna bağlı olarak da uçuş bacaklarının çok kalabalık olmaması ve tamamen dolu uçuşlardan kaçınılması için ortalama doluluk oranları kullanılmıştır. Maliyet hesaplamaları yapılırken slot maliyetleri de dâhil edilmiştir. Uygulama kısmı ise IBERIA havayollarının uçuş ağı üzerinde denenmiştir. Tarife tasarımı ve filo atamanın

birlikte çözüldüğü yeni bir robust yaklaşım olarak literatüre geçmiştir. Modelin sonucunda tatmin edici çıktılar elde edilmiş ve gelecek çalışmalar için, rekabet etkisinin dâhil edilerek daha gerçekçi bir yaklaşım elde edilmesi önerilmiştir.

Akartunalı vd. [34], karşılaştırmalı havayolu planlama problemleri isimli ilk makalelerinin devamı niteliğinde olan ve 2013 yılında sundukları ikinci makalede, havayolu planlamada, özellikle de uçuş tarifesi tasarımı ve filo atamada yenilikçi yaklaşımı teşvik edecek karşılaştırmalı datanın geliştirilmesini amaçlamışlardır. Böylelikle de havayolu planlamalarıyla ilgili gelecekteki çalışmaların kolaylaştırılmasını sağlamaya çalışmışlardır. Optimizasyon literatürü incelendiğinde, yolcu tercihini yeterince yansıtan verinin elde edilmesinin zorluğundan ve buna bağlı olarak da tarife gelirinin öngörülmesindeki güçlükten bahsedilmiştir. Havayolu planlama optimizasyonundaki gelir modellerinin yolcu tercihi sürecine sadece kaba bir yaklaşım getirdiği belirtilmiştir. Çalışmada pazar talebi, havayolu ürün seçimi anlamında farklılaşan davranış karakteristiklerine göre pazar segmentlerine ya da yolcu gruplarına bölünmüştür. Her bir yolcu grubuna ait bir kalkış noktası, varış noktası, yolcu sayısı, kalkış zaman penceresi, belli kalkış zaman penceresi için yolcunun ne kadar ödemeye gönüllü olduğunu gösteren kalkış zamanı fayda eğrisi atanmıştır. Analizler sonucunda 33 farklı karşılaştırmalı değerlendirme örneği üretilmiş ve sunulmuştur.

Pita vd. [35], 2013 yılında yaptıkları çalışmada, havalimanlarındaki sıkışıklığın, hava taşımacılığı endüstrisini etkileyen büyük gecikmelerin ana sebebi olduğunu belirtmiş ve bu gecikmelerin sadece 2007 yılında Amerikan ekonomisine olan maliyetinin 32.9 milyon USD olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada, havayollarının entegre uçuş çizelgeleme ve filo atama kararlarını verirken uçak ve yolcu gecikmelerinin neden olduğu maliyeti de dikkate alan karışık tam sayılı doğrusal optimizasyon modeli kurmayı amaçlamışlardır. Modelin amacı, slot kısıtı olan havalimanlarında beklenen karı maksimize etmektir. Modelde hem havayolu rekabeti, hem de havayolu işbirlikleriyle ilgilenilmiştir. İlgili model, 31 havalimanında 100 uçuş bacağıyla sefer icra eden TAP Portugal havayollarının uçuş ağında uygulanmış ve sonuç olarak, bahse konu havayolunun yolcuların ortalama bağlantı süresini arttırırken, bir yandan da toplam uçuş sayısını azaltarak karını önemli ölçüde arttırabileceği ortaya koyulmuştur.

Pita vd. [36] tarafından 2014 yılında yapılan çalışmada, sosyal maliyetleri minimize eden bir network modeli kurulması amaçlanmıştır. Optimizasyon modelinden elde edilen sonuçlar

çoklu hizmet seviyesi seçeneklerini karşılaştırabilmek için yolcu, havalimanı, havayolu ve hükümet açılarından da değerlendirilmiştir.

Literatür taramasının kapsamını biraz daha genişletip, uçuş saatlerine karar verilmesi dışında konuları da ihtiva eden yayınlara baktığımızda Lederer ve Nambimadom'un [37] 1997 yılında yayınlanan çalışmalarında kar amaçlı bir şirketin network (ağ yapısı) ve tarife seçeneklerini anlamaya çalıştıklarını görüyoruz. Bu bağlamda çalışmada dört farklı uçuş ağı tipine odaklanılmıştır; direkt uçuş ağı (direct network), iki farklı tipte tur uçuş ağı (tour network), göbek ve ispit uçuş ağı (hub&spoke network) modelleri tanıtılmıştır. Şehirlerarası uzaklık, talep oranı, hizmet verilen şehir sayısı gibi yapısal parametrelerin bu optimal uçuş ağlarını nasıl etkilediklerini göstermişlerdir. Sonuçlar, seçilen parametrelere göre bu uçuş ağlarından her birinin optimal olabileceğini göstermiştir. Uçuş ağı tercihinin, optimal frekans ve tarife güvenilirliği üzerindeki etkisi de yine bu çalışmada analiz edilmiştir. Direkt uçuşların, tüm uçuş ağı tiplerinde en düşük frekans ve en yüksek tarife güvenilirliğine sahip olduğu görülmüştür. Öte yandan, hub&spoke ağ yapısının en fazla optimal frekans sayısını mümkün kılan ağ yapısı olduğu ancak bununla birlikte en düşük tarife güvenilirliğini sunduğu da yine sonuçlar arasında görülmektedir. Ayrıca, hub havalimanlarındaki yoğunluğun, uçuş ağı tasarımının optimalliği üzerindeki etkisinin düşük olduğu da belirtilmiştir. Çalışmada, izlenebilir analitik bir model oluşturabilmek için birçok faktörün ihmal edildiği belirtilmiştir. Şehirlerarası uzaklıklardaki asimetri ve talep oranları göz ardı edilmiştir. İniş maliyetleri, kontrol maliyetleri gibi birçok maliyet bileşeninin de dâhil edilmediği belirtilmiştir. Bir havayolunun talep arttıkça direkt veya tur temelli uçuş ağından hub&spoke uçuş ağına ne zaman ve nasıl geçeceğini önemli bir araştırma konusu olduğu belirtilip gelecek çalışmalar için önerilmiştir. 1978 yılında ABD'de gerçekleştirilen iç hat deregülasyonu ve 1990'larda Avrupa Birliği'nde yaşanan serbestleşme sonrası hızla yayılan "Hub & Spoke" iş modelinin uygulanmasına yönelik olarak da literatürde birçok çalışmayla karşılaşmak mümkündür.

Bu çalışmaların bir kısmı, hub&spoke iş modelini geleneksel iş modeli olan noktadan noktaya (point-to-point) iş modeliyle karşılaştıran, ona göre avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymaya çalışan çalışmalardır. 2008 yılında Cook ve Goodwin tarafından sunulan yayın [38] da bu çalışmalara bir örnektir. Çalışmada, bahse konu iki sistemin ekonomik ve operasyonel karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Bu karakteristikler ölçek, bağlantı verilebilirlik, bağımsızlık,

talep, pazar büyüklüğü, frekans, ücretlendirme, kaynak kullanımı, operasyon maliyeti ve filo gereksinimi olarak sunulmuştur. Çalışma boyunca bu özellikler sözel olarak karşılaştırılmıştır.

Bu özelliklerden bağlantı verilebilirlik, tamamen hub&spoke yapısının nasıl kurulduğuna bağlı olarak ortaya çıkan bir sonuçken, diğer etmenler pazarın kendi doğasından bağlı farklı dinamiklere de bağlıdır. Konunun havayolları ve yolcular açısından önemine istinaden, bağlantı verilebilirlikle ilgili de literatürde çok sayıda çalışma yer almaktadır. Tek bir bağlantı verilebilirlik ölçüsü olmayıp, farklı çalışmalarda tanımlanmış birçok farklı bağlantı verilebilirlik ölçüsüyle karşılaşmak mümkündür. Bağlantı verilebilirlik bir havayolu için hesaplanabileceği gibi bir havalimanı için de hesaplanabilir. Burghouwt ve Redondi [39] tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada, hava taşımacılığı literatüründe yer alan ve Avrupalı havalimanları tarafından en sık kullanılan 8 farklı bağlantı verilebilirlik modeli karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmada yer verilen modellere göre Doganis ve Dennis tarafından önerilen modelde bağlantı verilebilirlik (connectivity) ölçütü olarak, toplam bağlantı sayısı kullanılmış. Bootsma'nın önerdiği modelde de aynı şekilde toplam bağlantı sayısı ölçü olarak kullanılmış, ayrıca bağlantı tipleri mükemmel, iyi ve zayıf olarak sınıflandırılmış. WNX modelinde ve Netscan modelinde, direkt ve indirekt bağlantıların sayısı, bağlantı ve de-tour süreleriyle çarpılmak suretiyle ağırlıklandırılmıştır. Gross vertex bağlantı verilebilirlik modelinde, diğer havalimanlarına olan tüm mümkün yolların toplamı skalar bir değerle çarpılarak ağırlıklandırılmıştır.

Redondi vd. [40] tarafından 2011 yılında yapılan çalışmada, yeni açılan bir hattın havalimanı bağlantı verilebilirliği üzerindeki etkisini ölçme konusunda yardımcı olmak amacıyla, modül tanımlama tekniğinden bahsedilmiş ve bunun nasıl yapılacağı gösterilmiştir. Bir modülün, birbiriyle çok güçlü bağlantıya sahip havalimanlarından oluşan alt grup olduğu ifade edilmiş ve Avrupa havacılık ağındaki alt modülleri birbiriyle güçlü bağlantıya sahip olup olmadığını test etmek için tavlama benzetimi kullanılmıştır. Bağlantı verilebilirliği arttırmak için yeni açılacak hatların farklı modüllerden olması gerektiği hipotezi ortaya atılmış ve Avrupa'daki 2007 güz dönemi tarife döneminden, az bir tarifeli uçuşun gerçekleştiği 467 havalimanı üzerinde test edilmiştir.

Danesi [41] tarafından 2006 yılında gerçekleştirilen çalışmada, hub&spoke sisteminin en büyük karakteristik özelliği olan dalga sistemi yapısı tanımlanmış ve ideal dalga sayısı

belirtilmiştir. Yine bu çalışmada hub havalimanının bağlantı verilebilirliğinin ölçümünde kullanılan bir indis olan ağırlıklandırılmış endirekt bağlantı sayısı ve tarife koordinasyonunun ölçümünde kullanılan bir indis olan bağlantı oranı kavramlarına yer verilmiş ve hub havalimanındaki tarife koordinasyonu için yeni bir indis tanıtılmıştır ve “ağırlıklandırılmış bağlantı oranı” olarak adlandırılmıştır. Tanıtılan bu indis, Avrupalı bazı taşıyıcılar için uygulanmıştır.

Çünkü iyi bağlantı verebilen bir tarife yapısına sahip olunması demek, daha fazla bağlantılı (transfer) yolcuyla yakalayabilmek anlamına gelir. Uçuş çizelgelemesi, aynı zamanda havayolu işletmesinin uçuş noktaları arasındaki rekabet gücünü ve konumunu tanımlar. Bu yüzden, havayolu işletmesinin karlılığında anahtar bir belirleyicidir [42]. Network taşıyıcılar için de sistemin kalitesi ve sürdürülebilirliği transfer yolculara bağlı olduğundan, hub&spoke yapısını işleten bu taşıyıcılar için bağlantı verilebilirlik büyük önem arz etmektedir.

Mevcut tarife üzerinde değişiklik yaparak bağlantı verilebilirliği arttırmak mümkündür. Ancak tarife değişiklikleri sadece mevcut kullanılabilir slot olduğu müddetçe yapılabilir. Özellikle büyük taşıyıcılar için slot, tarife planlama sürecindeki en büyük kısıtlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuyla ilgili 2000 yılında Cao ve Kanafani [43] tarafından gerçekleştirilen ve havayolları için kalkış slotlarının değerini ele alan çalışmada, uçuşların yeniden çizelgenmesi ve havayolu karı arasındaki ilişkin incelenmiştir. Yeniden çizelgelemenin etkisini hesaplamak için minimum akış maliyet modeli kurulmuş ve modelin çözülmesiyle yeni bir optimum tarife elde edilmiştir. Çalışmada mevcut bir tarifedeki değişikliklerin slot değeri üzerinden toplam kar zarar etkisi hesaplanmıştır. Çalışmanın ilk kısmında, slot kısıtının olmadığı durumdaki optimal tarife orijinal tarife olarak adlandırılmış. İkinci kısımda slot kısıtının olduğu durumda değişiklik yapabilmek için minimum akış maliyet modeli kurulmuş. Üçüncü kısımda ise orijinal tarife ile gerçekleşen tarife karşılaştırılarak slot değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yeni optimum tarifede amaç fonksiyonu kar maksimizasyonu olarak belirlenmiş. Zaman bağımlı talepten yola çıkarak, her bir alternatif uçuş saati için alternatif zaman bağımlı kar hesaplamıştır.

Hub&spoke yöntemi sadece yolcu firmaları tarafından değil, uçak kargosu ve diğer taşıma firmaları tarafından da sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Öncelikle 1995 yılında doktora tezi olarak hazırlanan daha sonra Armacost vd. [44] tarafından makaleye çevrilerek bir

konferansta sunulan çalışmada, hızlı teslimat hizmeti sunabilmek için bir network tasarlanması problemi için yeni bir yaklaşım tanımlamışlardır. En iyi veya en iyiye yakın uçuş serim (network) tasarımı oluşturmak için geliştirdikleri modeli UPS kargo firmasında uygulamışlar ve sonuç olarak operasyon maliyetlerinin %7 ve gerekli filo sayısının %10 oranında azaltıldığını ifade etmişlerdir.

Bağlantı verilebilirliğin artırılmasını uçuşların doğru saatlere konumlandırılmasının haricinde arttıran başka bir etmen de frekans sayısıdır. Uçulan hatların frekans sayısı, bağlantı verilebilirliği etkilediği gibi başka birçok sonuç üzerinde de büyük etkilere sahiptir. Tarifeye koyulan her bir yeni frekans milyonlarca liralık kara veya zarara kapı açabilmektedir. Bu nedenle de frekans kararı, havayolu firmaları açısından oldukça önemli bir husustur. Aynı bağlamda 1993 yılında Lederer [45], kar maksimizasyonu güden bir havayolunun uçuş frekanslarına ve ücretlere karar verirken, sağlanan servisin maliyeti ve getireceği gelir arasındaki dengenin iyi gözetilmesinden bahsetmiştir. Ancak bu dengeyi gözetmek her zaman çok kolay değildir. Teodorovic ve Krcmar-Nozic [46] de çalışmasında frekans belirleme probleminin kompleks bir problem olabileceğinden bahsetmiştir. Hsu ve Wen [47] de 2003 yılında yaptıkları çalışmada frekans kararı konusunu ele almışlar ve yolcu talebi ve uçuş frekansları arasındaki arz talep etkileşimine bağlı olarak frekans sayılarına karar vermeyi amaçlamışlardır. Bunun için öncelikle bir talep alt modeliyle uygulama yapılan havayolu için tüm hatlardaki pazar payları ve tüm O&D çiftleri için pazar büyüklükleri tahmin edilmiştir. Arz alt modeli, havayolunun networkünde yer alan her bir bağımsız hattın optimal frekansına ve temel ücretine karar vermiştir. Son olarak arz ve talep modeli bir arada ele alınarak arz-talep etkileşimi analiz edilmiştir.

Ryerson ve Kim [48] tarafından 2013 yılında gerçekleştirilen çalışmada da frekans sayısının önememi vurgulanmış ve bir hub havalimanında frekans sayısı, hub hiyerarşisinin tanımlanmasında anahtar değişken olarak tanımlanmıştır.

Hsu ve Wen [49], 2005 yılında yaptıkları çalışmada, öngörülen havayolu rekabet etkileşimlerine cevaben, olması gereken uçuş frekanslarına bulanık mantıkla karar verebilmeyi amaçlamışlardır. Bu konu, orta vadeli network planlama fazında çözülmesi gereken bir optimizasyon problemi olarak tanımlanmıştır. Önerilen model, üç alt model içermektedir: havayolu pazar payı modeli, uçuş frekansı programlama modeli ve bulanık

mantık tabanlı rekabet etkileşimi modeli. Rekabet etkileşimli bir havayolu networkü uçuş frekansları, bu üç modelin kombinasyonu ile çözülmüştür. Sonuçlar, önerilen modelin geçerliliğini doğrulamıştır.

Barla ve Constantatos [50] 1999 yılında yaptıkları çalışmada, havayollarının hub&spoke ağ yapısını işletmeleri için bir sebep ortaya koymuşlardır. Bir havayolunun, talep şartları tam olarak bilinmezken kapasite kararını vermek zorunda kalması durumunda, hub&spoke yöntemiyle farklı pazarlardan gelen yolcuları havuzlamak suretiyle aynı uçağa almasının, düşük taleple karşılaşılması durumunda ortaya çıkabilecek fazla kapasite maliyetini düşürmeye yardımcı olacağını ifade etmişlerdir. Ters durumda, yüksek taleple karşılaşılması halinde ise kapasite dağılımını geliştireceğini belirtmişlerdir. Böylelikle havayoluna kapasite paylaşma konusunda havayolunun esnekliğinin artacağını göstermişlerdir.

2012 yılında Bingxiang vd. [51] tarafından bir konferansta sunulan uygulama çalışmasında, Air China'nın Beijing hub inşası konusu ele alınmıştır. İki hususta derinlemesine bir analiz gerçekleştirilmiştir. Öncelikle mevcut uçuş ağı incelenmiş, ikinci olarak ise pazar alt yapısı ve rekabet analizi gerçekleştirilmiştir. Nihai olarak Air China'nın hub networkünün kurulması gerektiği belirtilmiştir.

Burke vd. [52] tarafından 2010 yılında yapılan çalışmada, havayolu tarifelerindeki bozulmazlık amacına yönelik çok amaçlı bir optimizasyon yaklaşımı sunulmuştur. Çalışma, mevcut uçuş tarifesinde artan değişiklikler yapmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Önerilen multi-meme memetic temelli çözüm metodolojisi, tarifelerindeki gelişmeyi görmek amacıyla KLM havayollarından alınan gerçek veriye uygulanmıştır. Geliştirilen tarifelerin operasyonel performansı, büyük ölçekli bir simülasyon çalışmasıyla tahmin edilmiştir.

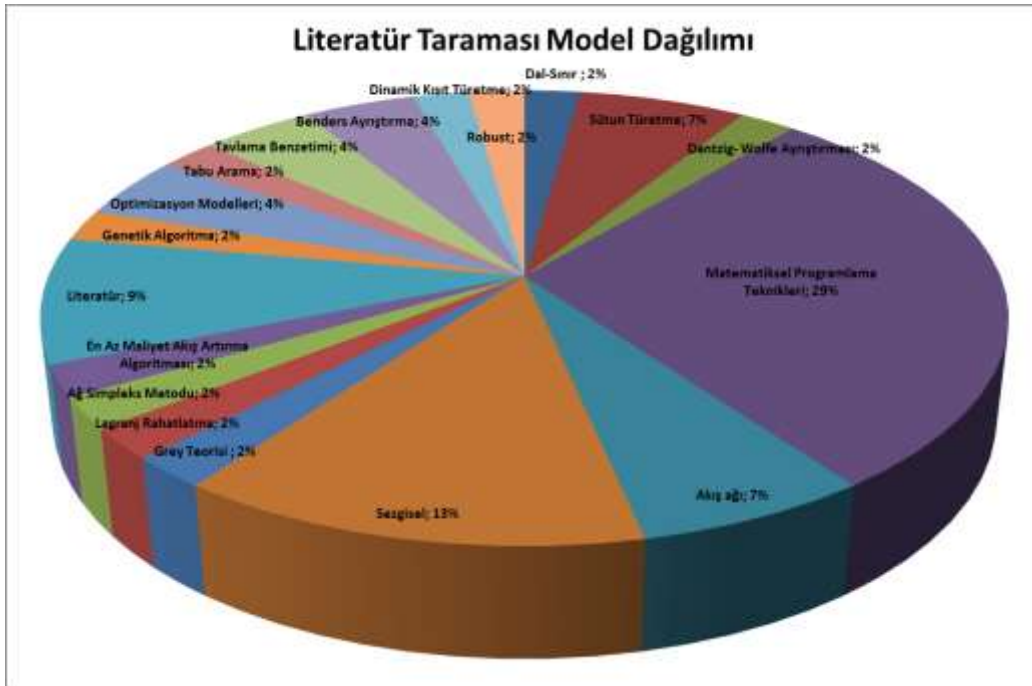
Jiang ve Barnhart tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada [53] dinamik havayolu tarifesi çizelgelemede, rezervasyon döneminde yeniden filo atama, yeniden zamanlama konularında yapılacak küçük değişimlerin, kapasite kullanımını buna bağlı olarak da karı önemli ölçüde arttırabileceği gösterilmiştir. Yine Jiang ve Barnhart [54] tarafından 2013 yılında yapılan çalışmada son on yıllık süreçte Amerikalı büyük taşıyıcıların daha düşük operasyonel maliyetleri sağlayabilmek amacıyla dalgalı hub&spoke yönteminden, dalgasız hub&spoke yönteme geçtiklerinden bahsedilmiştir. Bu geçişe istinaden, dalgasız hub&spoke operasyonlarında dinamik çizelgeleme uygulamalarını kolaylaştıran tarifeler üretmek

amacıyla, sağlam tarife tasarım modelleri ve algoritmaları geliştirilmiştir. Geliştirilen sağlam tarife tasarım modeli, gelirle ağırlıklandırılmış potansiyel bağlantı verilebilir bacaların sayısını en büyükmeyi amaçlamaktadır. Yapılan uygulama ile modelin kar artırımını başardığı görülmüştür.

Literatürdeki çalışmalarda, network taşıyıcılar için en önemli performans göstergelerinden biri olmasına rağmen, genellikle transfer yolcu sayısı kapsam dışı bırakılmıştır. Bunun en büyük sebeplerinden biri transfer yolcu sayısı verisine ulaşmanın ve verinin işlenmesinin zorluğudur. Bu çalışmada, gerçek transfer yolcu sayıları ile yolcu tercihini birleştiren bir amaç fonksiyonu kullanılmıştır ve çalışmamız bu açıdan literatürdeki çalışmalardan ayrılmaktadır.

1.6 Literatürdeki Çözüm Metotlarının Dağılımı

İncelenen uçuş çizelgeleme çalışmalarında kullanılan metotlar arasında (36 çalışmadan) en fazla payı %29 ile matematiksel programlama teknikleri almaktadır. Bunu %13 ile sezgisel yöntemler ve %7 ile akış ağı yöntemleri takip etmektedir. Bu çalışmada tanımlanan problem, tam sayılı matematiksel programlama modeli olarak yazılmış ve çözülmüştür. Şekil 1.1’de, literatürde karşılaşılan uçuş çizelgeleme yöntemlerinin dağılımını gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 1.1 Literatürde karşılaşılan çizelgeleme problemlerinin çözüm yöntemlerinin

Literatürde karşılaşılan temel çalışmaların çözüm yöntemlerinin rakamsal dağılımı ise Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1.2 Literatürdeki temel çalışmaların çözüm yöntemlerinin rakamsal dağılımı

| ÇÖZÜM YÖNTEMİ | RAKAMSAL DAĞILIM (ADET) |
|--|----------------------------|
| Dal-Sınır | 1 |
| Sütun Türetme | 3 |
| Dantzig- Wolfe Ayrıştırması | 1 |
| Matematiksel Programlama Teknikleri | 13 |
| <i>Kısıt Programlama</i> | |
| <i>Çok amaçlı programlama</i> | |
| <i>Doğrusal tam sayılı programlama</i> | |
| <i>İki aşamalı belirsiz programlama</i> | |
| <i>Doğrusal olmayan karma tam sayılı programlama</i> | |
| Akış ağı | 3 |
| <i>CPM/PERT</i> | |
| <i>Tam sayılı çoklu ürün ağ akışı</i> | |
| <i>Max akışlı ağ</i> | |
| Sezgisel | 6 |
| Grey Teorisi | 1 |
| Lagranj Rahatlatma | 1 |
| Ağ Simpleks Metodu | 1 |
| En Az Maliyet Akış Artırma Algoritması | 1 |
| Literatür | 4 |
| Genetik Algoritma | 1 |
| Optimizasyon Modelleri | 2 |
| Tabu Arama | 1 |
| Tavlama Benzetimi | 2 |
| Benders Ayrıştırma | 2 |
| Dinamik Kısıt Türetme | 1 |
| Robust | 1 |

HAVAYOLU SEKTÖRÜ GENEL DEĞERLENDİRME

2015 yılı hem havacılık sektörü genelinde hem de Türk Hava Yolları özelinde birçok açıdan zorlu bir sene oldu. Havayollarının en büyük maliyet kalemi olan akaryakıt fiyatlarında yaşanan %30-35'lere varan düşüş, sektörde kapasite artışını ve beraberinde artan rekabet koşullarını getirdi. IATA'ya göre dünya çapında havayolları yolcu gelirleri %5,7, kargo gelirleri ise %16,4 oranında geriledi. Talep ve havayolları finansalları üzerinde etkili olan bir diğer faktör de kurlarda yaşanan dalgalanmalar oldu. Özellikle Euro'nun ve tüm gelişen ülke para birimlerinin USD karşısındaki değer kaybı sektörün fiyatlama ve planlama konusunda zorlanmasına sebep oldu. Bu durum Şekil 2.1'de gösterilmiştir [55].

| Havayolu Sektörü Gelir/Gider | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| GELİRLER (milyar \$) | 642 | 706 | 720 | 758 | 710 | 717 |
| Yolcu Geliri | 512 | 531 | 539 | 557 | 525 | 533 |
| Kargo Geliri | 67 | 64 | 61 | 63 | 52 | 51 |
| Trafik | | | | | | |
| Yolcu Km Gelişimi (ÜYK) % | 6,3 | 5,3 | 5,7 | 6,0 | 6,7 | 6,9 |
| Kargo Ton Km Gelişimi (ÜKTK) % | 0,4 | -0,9 | 0,6 | 5,0 | 1,9 | 3,0 |
| OPERASYONEL GİDERLER (milyar \$) | 623 | 687 | 695 | 716 | 655 | 658 |
| Akaryakıt | 191 | 228 | 230 | 226 | 180 | 135 |
| Akaryakıtın toplam giderlerdeki payı(%) | 31 | 33 | 33 | 32 | 27 | 21 |
| Akaryakıt dışı giderler | 431 | 460 | 465 | 490 | 476 | 523 |
| OPERASYONEL KAR (milyar \$) | 19,8 | 18,4 | 25,3 | 41,7 | 55,0 | 58,6 |
| Operasyonel Kar Marjı (%) | 3,1 | 2,6 | 3,5 | 5,5 | 7,7 | 8,2 |
| NET KAR (milyar \$) | 8,3 | 9,2 | 10,7 | 17,3 | 33,0 | 36,3 |
| Net Kar Marjı (%) | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 2,3 | 4,6 | 5,1 |

Şekil 2.1 Havayolu sektörü yıllara göre gelir/gider tablosu

Buna rağmen 2015 yılında global yolcu trafiği artışı uzun süredir gördüğü en yüksek seviyesine ulaşarak %6,5 civarında gerçekleşti.

Dünya havacılık sektöründe, 2015 yılında bir önceki yıla göre yolcu kapasitesinde %5,6 artış gözlenmiş olup, uluslararası trafik gelişmekte olan bölgelerin etkisiyle %6,5, iç hatlar trafiği %6,3 büyümüştür. Kargo kapasitesindeki %6,1 artışa karşılık, trafik büyümesi %2,2 olarak gerçekleşmiştir. IATA tarafından yayımlanan raporda [56] 2015 Ocak - Aralık döneminde sektörde en fazla kapasite artışının %12,6 ile Orta Doğu'da gerçekleştiği, bunu geliştirmekte olan diğer pazarlar olan Uzak Doğu ve Güney Amerika'nın takip ettiği görülmektedir. Türk Hava Yolları faaliyet gösterdiği tüm bölgelerde sektörün üzerinde büyüme gerçekleştirmiştir.

2.1 Türk Hava Yolları A.O.

1933 yılında kurulan Türk Hava Yolları A.O.'nun ("THY" veya "Ana Ortaklık") ana faaliyet konusu yurtiçi ve yurt dışında yolcu ve kargo hava taşımacılığı yapmaktır. %49,12 si T.C. Başbakanlık Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'na aittir. Kalan %50,88' i ise halka arzdır [56].

2.1.1 Türk Hava Yolları Uçuş Ağı

31 Aralık 2015 tarihi itibarıyla, uçulan ülke - şehir - meydan bilgileri Çizelge 2.1'de gösterilmektedir. Buna göre uçuş ağında, 51 iç hat 236 dış hat olmak üzere toplamda 287 havalimanı yer almaktadır.

Çizelge 2.1 Bölge bazlı uçulan şehir ve havalimanı sayıları

| | ÜLKE | ŞEHİR | HAVAALANI |
|-----------------|------------|------------|------------|
| İÇ HAT | 1 | 49 | 51 |
| DIŞ HAT | 112 | 235 | 236 |
| AVRUPA | 42 | 107 | 108 |
| UZAKDOĞU | 22 | 34 | 34 |
| ORTADOĞU | 13 | 34 | 34 |
| AFRİKA | 31 | 48 | 48 |
| AMERİKA | 4 | 12 | 12 |
| TOPLAM | 113 | 284 | 287 |

2.1.2 Trafik Sonuçları

Türk Hava Yolları yıllık faaliyet raporuna göre 31 Aralık 2015 itibarıyla 12 aylık trafik sonuçları Şekil 2.2’de, yurtdışı üretim figürleri ise Şekil 2.3’te gösterilmektedir [55].

| | TOPLAM | | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2014 | 2015 | Değişim (%) |
| Konma Sayısı | 413.492 | 452.982 | 9,6% |
| Arzedilen Koltuk Km ('000) | 134.808.945 | 153.209.252 | 13,6% |
| Ücretli Yolcu Km ('000) | 106.913.334 | 119.371.923 | 11,7% |
| Yolcu Doluluk Oranı (%) | 79,3% | 77,9% | -1,4 pt |
| Yolcu Sayısı | 54.790.402 | 61.248.192 | 11,8% |
| Dıştan Dışa Transfer Yolcu Sayısı | 15.564.242 | 18.385.283 | 18,1% |
| Kargo + Posta (Ton) | 662.689 | 720.440 | 8,7% |
| Uçak Sayısı | 261 | 299 | 14,6% |
| Koltuk Kapasitesi | 48.163 | 56.899 | 18,1% |
| Uçulan Nokta | 261 | 284 | 8,8% |
| Uçulan Km ('000) | 791.602 | 864.586 | 9,2% |
| Uçulan Saat | 1.156.163 | 1.289.771 | 11,6% |
| Utilizasyon* | 12:42 | 12:43 | 0,1% |

* 2014/252 uçak - 2015/279 uçak sonucudur.

Şekil 2.2 31 Aralık 2015 itibarıyla 12 aylık trafik sonuçları

| | YURT DIŞI | | |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2014 | 2015 | Değişim (%) |
| Konma Sayısı | 241.674 | 261.497 | 8,2% |
| Arzedilen Koltuk Km ('000) | 117.466.043 | 133.594.391 | 13,7% |
| Ücretli Yolcu Km ('000) | 92.703.815 | 103.001.491 | 11,1% |
| Yolcu Doluluk Oranı (%) | 78,9% | 77,1% | -1,8 pt |
| Yolcu Sayısı | 32.063.585 | 34.944.245 | 9,0% |
| Kargo + Posta (Ton) | 611.663 | 668.189 | 9,2% |
| Uçulan Km ('000) | 685.650 | 746.796 | 8,9% |

Şekil 2.3 Yurtdışı üretim figürleri

2016 yılında iç hatlarda 30,6 milyon; dış hatlarda 40,8 milyon olmak üzere, özel kira ve hacumre yolcusu ile birlikte toplam 72,4 milyon yolcu taşınması hedeflenmektedir [57].

Türkiye'de %11, Amerika'da %31, Afrika'da %27, Uzak Doğu'da %23, Avrupa'da %17 ve Orta Doğu'da %17 kapasite artışı gerçekleştirerek toplamda %21 artışla 186 Milyar AKK'ya ulaşılması planlanırken yolcu doluluk oranının %78 olması beklenmektedir.

2016 yılında %13 artış ile 815 bin ton kargo taşınması hedeflenmektedir.

2.1.3 Filo Durumu

31 Aralık 2015 tarihi itibarıyla THY'nin mevcut filo durumu Şekil 2.4'te görülmektedir [55]. 2016 yıl sonunda 240 dar gövde, 87 geniş gövde ve 12 kargo uçağı olmak üzere toplam uçak sayısının 339'a, yıl içerisinde açılacak 6 yeni hat ile uçulan nokta sayısının 290'a ulaşması planlanmaktadır.

| 31.12.2015 | Tip | Sahip Olunan | Finansal Kira | Opr./Wet Lease | Koltuk Kapasitesi | Ort. Filo Yaşı | Toplam |
|---------------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|-------------------|----------------|------------|
| Geniş Gövde | A330-200 | | 5 | 15 | 4,702 | 8.3 | 20 |
| | A330-300 | | 25 | 1 | 7,516 | 2.5 | 26 |
| | A340-300 | 4 | | | 1,080 | 17.6 | 4 |
| | B777-3ER | | 23 | | 7,883 | 3.0 | 23 |
| | Toplam | 4 | 53 | 16 | 21,181 | 5.1 | 73 |
| Dar Gövde | B737-900ER | | 15 | | 2,355 | 2.5 | 15 |
| | B737-9 MAX | | | | | | |
| | B737-800 | 25 | 33 | 10 | 10,940 | 9.7 | 68 |
| | B737-700 | | | 3 | 372 | 9.9 | 3 |
| | B737-8 MAX | | | | | | |
| | A321 NEO | | | | | | |
| | A319-100 | | 6 | 8 | 1,848 | 7.7 | 14 |
| | A320-200 | | 12 | 17 | 4,572 | 8.6 | 29 |
| | A321-200 | | 52 | 4 | 10,170 | 4.3 | 56 |
| | B737-800 WL | | | 24 | 4,536 | 9.3 | 24 |
| | B737-700 WL | | | 1 | 149 | 8.8 | 1 |
| | E190 WL/E195 WL | | | 6 | 684 | 6.9 | 6 |
| | Toplam | 25 | 118 | 73 | 35,626 | 7.4 | 216 |
| Kargo | A330-200F | | 6 | | | 3.2 | 6 |
| | Wet Lease | | | 4 | | 19.0 | 4 |
| | Toplam | | 6 | 4 | | 9.5 | 10 |
| GENEL TOPLAM | | 29 | 177 | 93 | 56,807 | 6.9 | 299 |

Şekil 2.4 Filo Durumu

HAVAYOLU SEKTÖRÜNDEKİ TEMEL OPERASYONEL PROBLEMLER

Amerika'da 1970'lerin sonlarında özelleşmelerin akabinde çok sayıda yolcu bağlantısını mümkün kılan ve hub havalimanı olarak isimlendirilen bir havalimanına sahip uçuş ağları yapılandırılmaya başlanmıştır. Bu, taşıyıcıların kalkış ve varış çifti (orijin ve destinasyon) anlamında sundukları ürünü büyük ölçüde genişletmelerine imkân vermiştir.

Taşıyıcılar frekans sayılarını artırarak ve sundukları direkt uçuş segmentlerini genişleterek kapasitelerini artırmışlardır. Artan trafik hacmi, orta ve büyük ölçekli birçok havalimanında birleşmelerin artmasına neden olmuştur. Yeni gelen rakipler, özellikle de LCC'ler (düşük maliyetli taşıyıcı) direkt ve çok bağlantılı uçuşlar sunmuşlardır. Birçok örnekte, düşük işletme maliyetleri nedeniyle LCC'ler uçuş ağlarını genellikle şehrin dış kısımlarında yerleşik olan ikincil havalimanlarına yoğunlaştırmışlardır. Büyük oyuncular ise birincil havalimanlarında kalmışlardır. Örneğin Türk bayrak taşıyıcı THY de birincil havalimanı olan Atatürk Havalimanı'nı kullanırken, bir LCC olan Pegasus havayolları ikincil havalimanı olan Sabiha Gökçen Havalimanı'nı kullanmaktadır.

1997 yılında Avrupa hava taşımacılığının özelleştirilmesi süreci, iç hatların tamamen özelleştirilmesiyle birlikte kritik bir noktaya ulaşmıştır. 1996-2008 yılları arasında Avrupa'da arz edilen koltuk kapasitesi yıllık %4 artmıştır.

Bu da kapasite sıkıntılarının baş göstermesine neden olmuş ve planlama faaliyetlerini zorlaştırmıştır. Türkiye özelinde, Atatürk Havalimanı'nda S15 (yaz 2015) tarife döneminde günlük konma sayısı 983'e ulaşmıştır. Bu da kısıtlar çerçevesinde optimum karlı büyüme amacını oldukça zorlaştırmıştır.

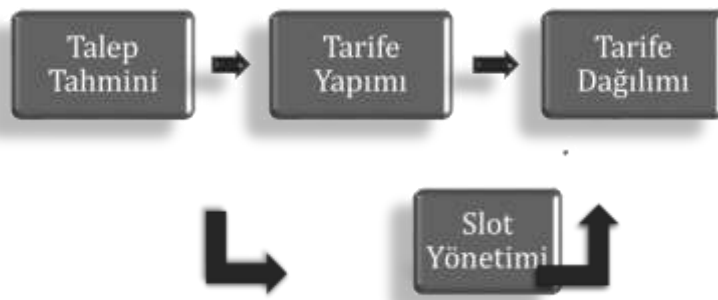
Optimum karlı büyümenin gerçekleştirilmesi için havayollarının ele alması gereken 4 temel planlama faaliyeti bulunmaktadır. Bunlardan ilki hangi noktaya, günde kaç kere ve hangi saatlerde uçulacağını gösteren uçuş tarifesinin planlanmasıdır.

İkincisi, uçak planlanmasıdır. Uçak planlama, ilk adımda detayları belirlenen uçuş noktasına öncelikle hangi filo tipinin daha sonra ise spesifik olarak hangi uçağın atanacağını belirleyen aşamadır. Uçak atama işlemleri gerçekleştirilirken bakım kısıtlarının da dikkate alınması, bu kısıtlar dâhilinde atamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bir sonraki aşamada ise, ekip planlama gelmektedir. Nereye, günde kaç kere ve hangi saatlerde uçulacağı belirlendikten ve ilgili rotalara uçak atamaları yapıldıktan sonra uçuş ekibi ve kabin ekibi personellerinin atamaları gerçekleştirilir.

Bütün planlamalar yapılmasına rağmen olumsuz hava koşulları, teknik sebepler, siyasi dinamikler gibi nedenler operasyonların planlanandan sapmasına neden olabilmektedir. Örneğin THY'nin Avrupa'ya yoğun bir şekilde sefer gerçekleştirdiği bir dönemde İzlanda'da yaşanan yanardağ patlaması nedeniyle ortaya devasa bir kül bulutu çıkmış ve bu nedenle Avrupa'da 17 ülke hava sahasını kapatmıştır ve THY günlerce 14 ülkeye sefer gerçekleştirememiştir. Bu gibi durumlara düzensiz olay denilmektedir ve bu problem de düzensiz olay problemi olarak adlandırılmaktadır.

3.1 Uçuş Tarifesinin Tasarımı ve Planlama Fazları

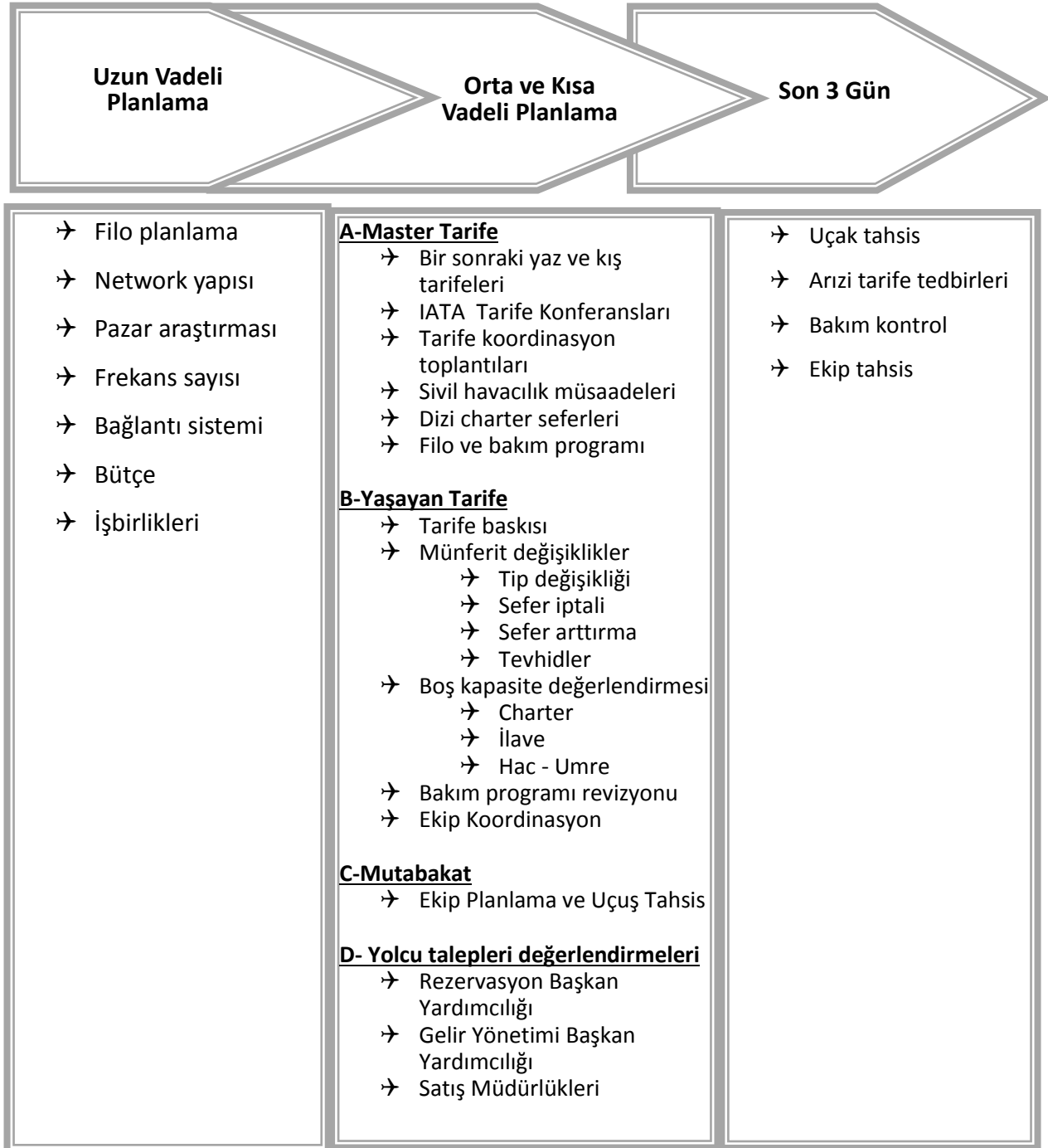
Havayolu uçuş tarifesi hazırlanırken öncelikle talep tahmini gerçekleştirilir. Yolcu talebine göre oluşturulan tarifenin tasarımı ve slot kısıtı çerçevesinde zaman içerisinde uygun şekilde dağılımı süreci Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1 Tarife tasarım süreci

Tarife planlama, havayolu açısından orta vadeli planlama sürecidir. Havayollarının uzun, orta ve kısa vadeli planlama süreçleri Çizelge 3.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 Planlama fazları



Bir tarifeyi etkileyen temel eleman ve süreçler Çizelge 3.2’de yer almaktadır.

Çizelge 3.2 Tarifeyi etkileyen temel eleman ve süreçler

| |
|--|
| Hat Araştırma Süreci |
| Mevcut Hat Değerlendirme |
| Hat Performanslarının Değerlendirilmesi |
| Hatta Ait Pazarın Değerlendirilmesi |
| Frekans ve Bağlantı Analizi |
| Trafik Hakları Takibi |
| Yeni Hat Değerlendirme |
| Pazar Analizi |
| Rakip Analizi |
| Trafik Hakları Takibi |
| Finansal Değerlendirme |
| Operasyonel Değerlendirme |
| Bütçe Hazırlama Süreci |
| Ticari İşbirliği Değerlendirme Süreci |
| Master Tarife Hazırlama Süreci |
| Frekanslar İçin Uçak İmkânı Değerlendirme |
| Blok Süre ve Yerde Kalış Süresi Analizi |
| Dizi Charter Sefer Değerlendirme ve Planlama |
| Meydan Slotlarının Temini |
| Uçak Rotasyonu ve Uçak Tipi Atama |
| Uzun Vadeli Stratejik Planlama Süreci |

Çizelge 3.2 Tarifeyi etkileyen temel eleman ve süreçler (devamı)

| |
|--|
| Dalga ve Bağlantı Optimizasyonu |
| Uzun Vadeli Hat Planlama |
| Yaşayan Tarife Süreci |
| Seferlerin uçak tipi, saat ve frekans değişikliklerini değerlendirme |
| Slotları tarifedeki değişikliklere göre revize etme |
| Seferlerin münferit/dönemsel iptallerini değerlendirme |
| İptal edilen seferlerin slotlarının silinmesi |
| Sefer tevhitlerini değerlendirme |
| İlave Sefer Değerlendirmesi |
| Uçak İmkânı Araştırılması ve Tarife Planlama Sisteminde Planlama Yapılması |
| Sefer İcrası ve Sefer Sonrası Kontrol |
| Wetlease Anlaşması ile Sefer Değerlendirme |
| Piyasa ve Uçak Araştırması |
| Kaynak Yazılımlarının Yönetimi Süreci |
| Veri Temini ve Girişi |
| Veri Optimizasyonu |
| Veri aktarımı |
| Versiyon güncelleme |
| Rezervasyon Sistemleri Entegrasyon Süreci |
| Uçuş Tarifelerini rezervasyon sistemlerine aktarma |
| Uçuş Tarifelerini diğer havayolları ile paylaşma |
| Tarife Kitapçığı Hazırlanması ve Basımı Süreci |

3.2 Tarife Planlama Problemlerinde Karşılaşılan Genel Kavramlar

Bu bölümde, çalışmanın anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak için, tarife planlama sürecinde sıklıkla karşılaşılan teknik kavramların tanımları yer almaktadır.

3.2.1 Utilizasyon (Uçak Kullanım Oranı)

Uçakların kullanımı demektir; bir uçağın 24 saatte ne kadar kullanıldığını gösterir. Başka bir tanımla uçak utilizasyonu, bir uçak tipinin günlük kullanım oranını saat ve dakika cinsinden belirten bir göstergedir. Utilizasyon, farklı dönemler (haftalık, aylık, yıllık vb.) için ayrı ayrı hesaplanabilir. "Uçak Utilizasyonu", "toplam blok sürenin", hesaplanan periyot içerisinde filoda bulunan "ortalama uçak sayısı ve toplam gün sayısı çarpımına" bölünmesiyle saat ve dakika cinsinden elde edilen sonuçtur. Buradaki blok süre uçağın kapı kapatmasından açmasına kadar geçen, yani uçağın kullanımda olduğu süredir.

Uçak Utilizasyonu = (Toplam Blok Süre) / (Ortalama Uçak Sayısı * Toplam Gün Sayısı) şeklinde hesaplanır.

Uçak maliyetleri düşünüldüğünde, utilizasyon önemli bir performans göstergesidir. Kapasite kullanım oranı olarak da düşünülebilir.

THY'nin 2014 ve 2015 yaz dönemi utilizasyon durumu Çizelge 3.3'te gösterilmiştir [56].

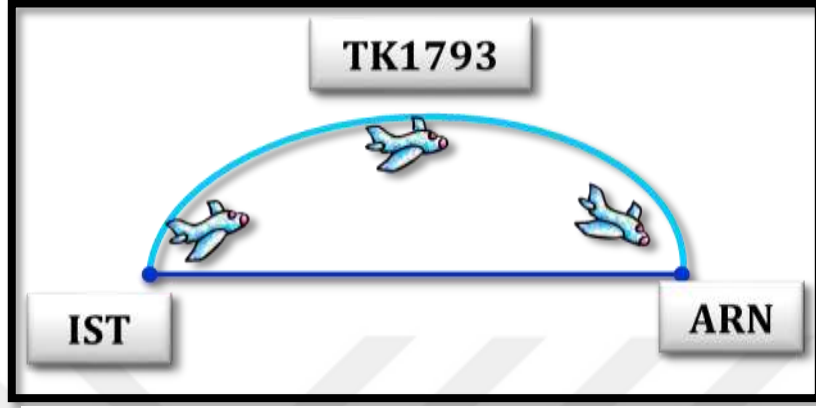
Çizelge 3.3 2014-2015 Yaz dönemleri utilizasyon değerleri

| Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim |
|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|
| 13:04 | 12:57 | 13:25 | 12:56 | 13:10 | 12:49 | 12:30 |
| 13:23 | 13:21 | 13:08 | 13:25 | 13:35 | 13:12 | 12:24 |

THY rakiplerine göre oldukça iyi bir utilizasyona sahiptir. Uçulan nokta ve frekans sayısını arttırmak suretiyle de sürekli olarak utilizasyonu arttırmaktadır.

3.2.2 Non-Stop Pazar

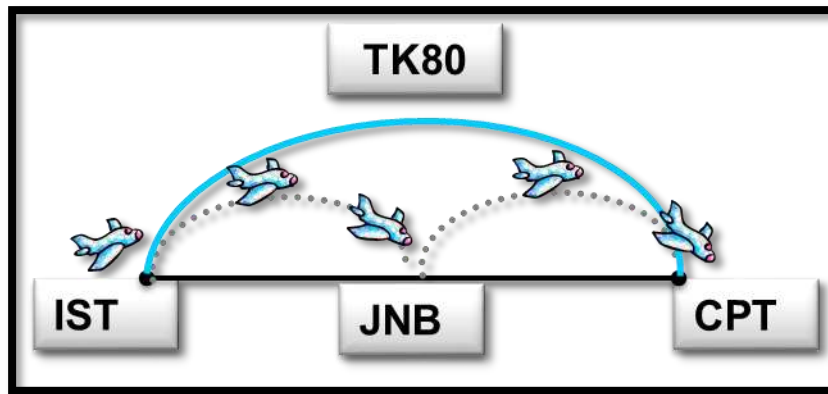
Bir pazarda (O&D), tek uçuş numarası ve bir bacakla gerçekleştirilen trafik tipine verilen isimdir. Non-stop pazar Şekil 3.2’de şematize edilmiştir [57].



Şekil 3.2 Non-stop market

3.2.3 Direkt (Through) Pazar

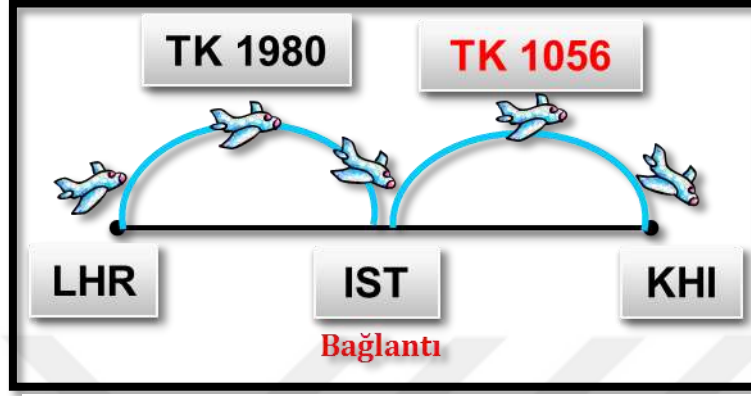
Tek uçuş numarası ve en az 2 bacakla gerçekleştirilen servise verilen isimdir. Direkt pazar Şekil 3.3’te görselleştirilmiştir [57].



Şekil 3.3 Direkt Market

3.2.4 Bağlantılı (Connect) Pazar

Birden fazla uçuş numarasıyla icra edilen ve en az 1 duraklamayla servis yapılan pazarlara verilen isimdir. Bağlantılı pazar Şekil 3.4'te gösterilmiştir [57].



Şekil 3.4 Connect Market

3.2.5 Minimum Bağlantı Süresi (MCT-Minimum Connection Time)

Transfer uçuşlarda hub havalimanında bağlantı vermek için gerekli asgari zaman.

3.2.6 Maksimum Bağlantı Süresi (MACT-Maksimum Connection Time)

Transfer uçuşlarda hub havalimanında yolcuya sunulabilecek en uzun bağlantı süresi.

3.2.7 O&D (Orijin-Destinyasyon)

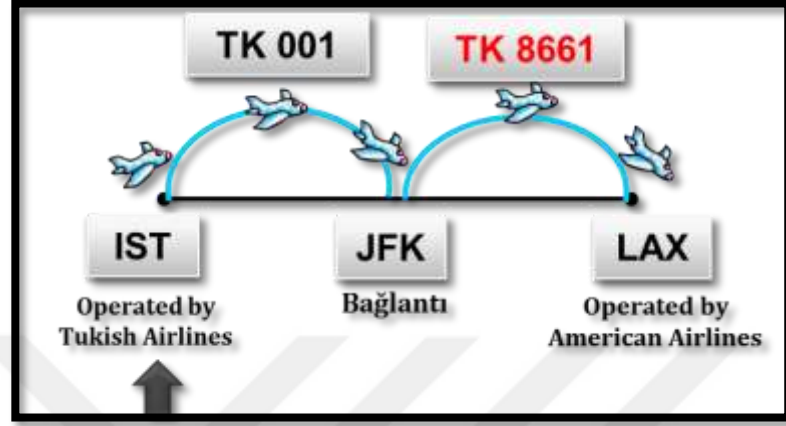
Yolcunun seyahatinin başlangıç noktası ile bitiş noktasıdır. Market (pazar) ve trip deyimleriyle eş anlamlıdır.

3.2.8 Online Uçuş

Tek bir havayolu tarafından icra edilen uçuşlara denir.

3.2.9 Interline uçuş

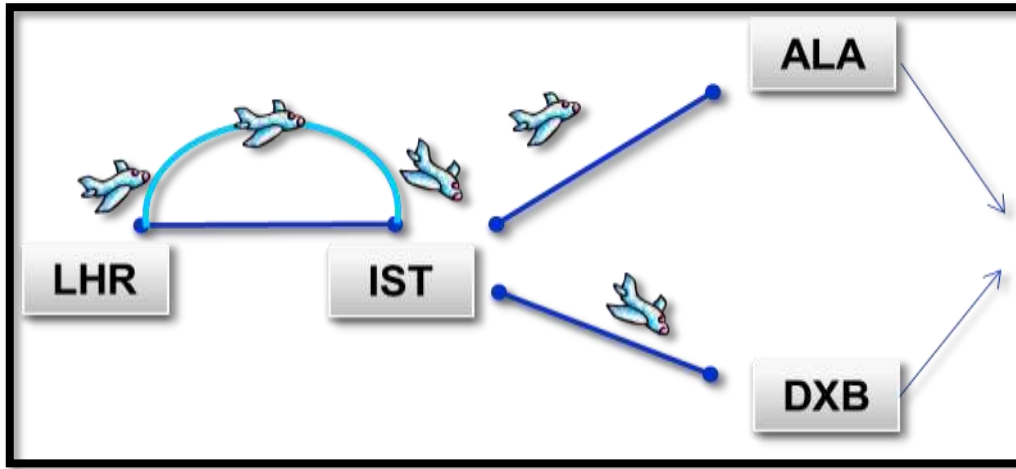
Birden fazla havayolunun anlaşmaya dayanarak icra ettiği uçuşlara denir. Şekil 3.5'te görselleştirilmiştir [57].



Şekil 3.5 Interline uçuş

3.2.10 Feeder - De-Feeder

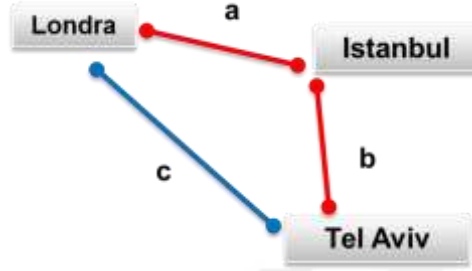
Şekil 3.6'da, LHR'den IST'a gelen yolcuların devam ettiği noktalar, ALA ve DXB, Londra'nın de-feeder'ı, tersi duruma ise feederı denir. Aynı zamanda ALA ve DXB, Londra-İstanbul segmentinin öte (beyond) noktalarıdır [57].



Şekil 3.6 Feeder ve De-feeder

3.2.11 De-Tour Faktör (Circuitry)

Yolcunun, gideceği yere x havayolu yerine y havayolu ile gitmeyi tercih etmesi durumunda fazladan katlanması gereken yolu ifade eder. Havacılık sektöründe genellikle 1.2'den küçük değerler anlamlı; büyük değerler anlamsız kabul edilir. De-tour faktör Şekil 3.7'de şematize edilmiştir [57].



Şekil 3.7 Detour Faktör

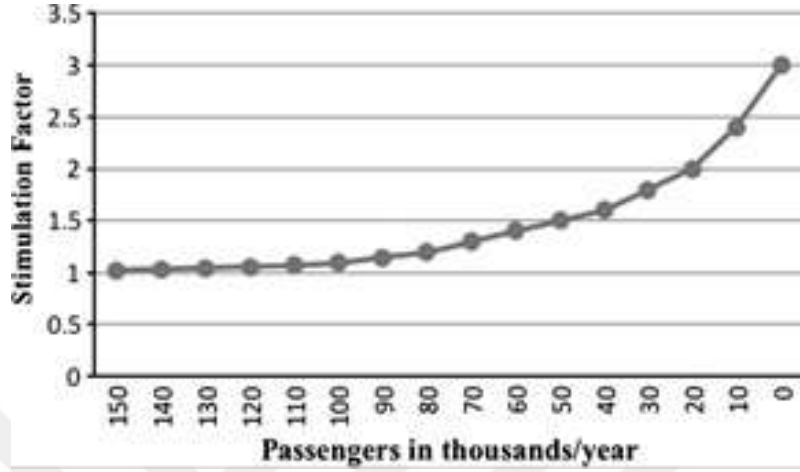
$$\text{Detour Factor} = \frac{a + b}{c}$$
$$\text{Detour Factor} = \frac{2510 \text{ km} + 1134 \text{ km}}{3585 \text{ km}} = 1,02$$

Örnekte çıkan sonuç 1.2'den küçük olduğu için Londra'dan Tel Aviv'e gidecek bir yolcu için direkt uçuş yerine İstanbul aktarmalı uçuşu tercih etmek kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.

3.2.12 Stimülasyon

Bir havayolunun daha önce uçmadığı bir noktaya uçmaya başlamasıyla birlikte uçmak üzere tetiklenecek yolcuyu ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle daha önce o rotada uçuş eğilimi yokken, ilgili havayolunun uçmaya başlamasıyla birlikte bir kısım yolcunun o rotada uçuş hale gelmesini ifade etmektedir. Stimülasyon etkisi sadece lokal pazar için göz önüne alınmaktadır. Ancak Afrika gibi daha önce hiç uçuş yapılmayan veya hiç uluslararası uçuş olmayan bakir pazarlarda da stimülasyon etkisinden bahsetmek mümkündür.

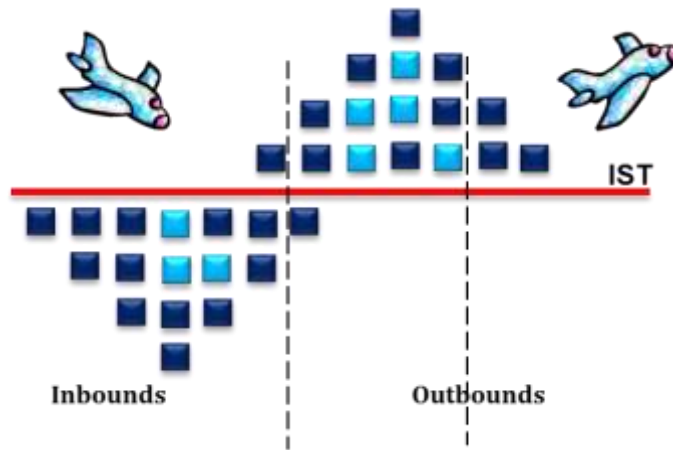
Uluslararası bir havayolu birliği olan IATA'nın yayınlamış olduğu stimülasyon grafiği Şekil 3.8'de yer almaktadır. Buna göre hiç yolcunun olmadığı bir pazara girilmesi durumunda en fazla ortaya çıkabilecek stimülasyon etkisi %300'dür [55].



Şekil 3.8 Stimülasyon grafiği (IATA)

3.2.13 Inbound-Outbound

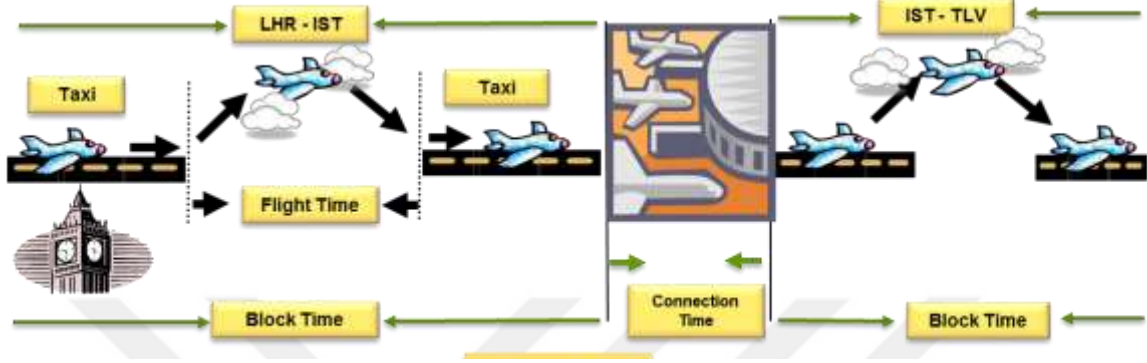
Network taşıyıcının hub havalimanına gelen uçuşlar inbound, giden uçuşlar ise outbound olarak adlandırılır. Inbound ve outbound uçuşlar Şekil 3.9'da görselleştirilmiştir [57].



Şekil 3.9 Inbound-Outbound

3.2.14 Süre kavramları

Havacılıkta kullanılan birçok süre kavramı bulunmaktadır. Bu süreler Şekil 3.10'da görsel üzerinde gösterilmiş [57], [58] ve devamında detaylı tanımlarına yer verilmiştir.



Şekil 3.10 Süreler

Blok süre

Uçağın sefere başlamadan önce kapı kapatılması ile başlayıp, sefer sonrası kapı açılmasına kadar geçen süredir.

Uçuş Süresi

Uçağın yerden teker kesmesinden tekrar teker koymasına kadar geçen süreyi ifade etmektedir, başka bir deyişle havada kalış süresidir.

Taksi Süresi

Uçağın motor çalıştırmısından, teker kesmesine kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Bunun tersi de doğrudur. Teker yere değdikten sonra motor durdurulmasına kadar geçen süre de taksi süresi olarak adlandırılır.

Bağlantı süresi

Transfer iki uçuş arasında yolcuların bir uçaktan diğer uçağa aktarma yapmaları için gerekli süreyi ifade etmektedir. Bağlantı süresi, transfer uçuşun yapısına göre farklılık göstermektedir. Türk Hava Yolları'nda bağlantı süreleri dıştan dışa (bir dış hattan gelip başka bir dış hata gidenler) 60 dakika, dıştan içe 75 dakika (bir dış hattan gelip İstanbul dışında bir iç hata gidenler), içten içe (İstanbul dışında bir iç hattan gelip yine İstanbul dışında bir iç hata gidenler) 45 dakika olarak uygulanmaktadır.

Elapse süre

Uçtan uca süreyi ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle, uçağın ilk hareketinden, aradaki beklemler dâhil yolculuğun son noktasına varıp motor kapatmasına kadar geçen süreyi ifade etmektedir.

Yerde Kalış Süresi (Ground Time)

Uçağın bir seferden dönüp diğer bir sefere verilene kadar yerde kaldığı süredir (yerde kalış süresi).

3.2.15 Gidilen Yol (Itinerary)

Gidilen yol demektir. Örneğin İstanbul aktarmalı olarak Londra'dan Tel Aviv'e giden bir yolcunun izlediği yol LHR-IST-TLV şeklindedir.

3.2.16 Yaz Tarifesi

Mart ayının son Pazar günü başlar, Ekim ayının son Pazar gününden önceki Cumartesi sona erer.

3.2.17 Kış Tarifesi

Ekim ayının son Pazar günü başlar, Mart ayının son Pazar gününden önceki Cumartesi sona erer.

3.2.18 Kullanılan yazılımlar

Netline Sched

Yaşayan, taslak ve çeşitli senaryo tarifeleri planlama ve geliştirme amacıyla kullanılan yazılımdır. Uygulama aşamasında Türk Hava Yolları'nın mevcut tarifesi bu programdan alınmıştır.

OAG

Havayollarının, global rezervasyon sistemlerinde satışa açık olan geçmiş ve güncel tarifelerini toplu halde raporlayan web tabanlı bir sistemdir. Bu toplu veriler dünyanın global dağıtım sistemlerini ve seyahat portallerini beslemektedir.

MIDT (Marketing Information Data Tapes)

Havayolları pazar paylarının acente detayına kadar görülebildiği, yeni pazar potansiyellerinin araştırıldığı yazılımdır.

SRS

Havayollarının, global rezervasyon sistemlerinde satışa açık olan geçmiş ve güncel tarifelerini toplu halde raporlayan web tabanlı bir sistemdir. OAG ile benzer fonksiyonlara sahiptir.

DDS (Direct Data Solutions)

Havayolları pazar paylarının acente detayına kadar görülebildiği, yeni pazar potansiyellerinin araştırılabilmesine imkân sağlayan, yolcu sayısı ve birim gelir bilgilerini içeren, yolcu bilet bilgilerinden oluşturulan veri tabanı.

3.2.19 Slot

Koordinatör tarafından havayoluna tahsis edilen gün ve saatte, meydan imkânlarının havayolu tarafından kullanım hakkıdır (Belli bir döneme ait, haftanın belli bir gününün spesifik bir saati için ilgili havayolunun meydan otoritelerinden talep ettiği iniş ve kalkış izni).

Türkiye'de ilgili otorite, slot koordinasyonu uygulanan meydanlardaki meydan kapasite limitlerini dikkate alarak IATA'nın belirlediği standart ve usuller ile SHGM tarafından yayınlanan Slot Uygulama Prensipleri Talimatı'na uygun olarak, taşıyıcıların taleplerini değerlendirir.

Havayollarının slot koordinasyonu ile ilgili ekipleri, yılda iki kere (yaz ve kış tarife dönemleri için) düzenlenen IATA Tarife Koordinasyon Konferansları'na, ECAC'ın düzenlediği slot konulu toplantılara, AB Slot Koordinatörleri Birliği'nin yılda bir kere (yaz tarife dönemi) düzenlediği Tarife Optimizasyon Toplantısı'na, kullanılan yazılımın Kullanıcı Grup Toplantıları'na (yılda iki kere), Slot Teknik Komitesi toplantılarına ve kapasite tespit çalışmalarına katılır.

Hâlihazırda ülkemizde koordinasyon kapsamındaki havaalanları dışında, kapasitesi üzerinde hava trafiğine maruz kalan başka bir havaalanı tespit edilmesi halinde IATA, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü'nün belirlediği esaslar çerçevesinde söz konusu havaalanının da koordine edilmesini sağlar. Koordine edilen

meydanlara ilişkin havayolu uçuş tarifesi için gerekli slot tahsisini yapar; uçuş trafiğindeki büyümenin slot değerlendirme kriterlerine uygun olup olmadığını tespit eder ve uçuş planlayıcı ünitelere bilgi akışını sağlar.

3.2.20 Peak

Yaz ve kış tarife dönemlerinde, yolcu talebinin en yoğun olduğu zaman dilimidir.

3.2.21 Shoulder

Bölgesel etkinliklerin yolcu taleplerini etkilediği dönemdir. En fazla yoğun olan dönemle karıştırılmamalıdır.

3.2.22 Off – peak

Peak ve shoulder dönemlerinin dışında yolcu taleplerinin rutin olduğu dönem.

3.2.23 Transfer Yolcu

Transfer yolcu, yolculuğun başladığı ilk noktadan gidilecek olan son noktaya, herhangi bir ara noktada 24 saat içerisinde konfirme edilmiş bileti olması koşuluyla duraklama yaparak, aynı havayolu veya bir başka havayolu şirketi ile devam eden yolculardır.

Devam uçuşunu aynı havayoluyla yapacak yolcular için transfer yolcu, A havalimanından hub havalimanına getirilip burada en az MCT en fazla MACT (maksimum bağlantı süresi) kadar bekletildikten sonra B havalimanına gönderilen yolcuları ifade etmektedir.

GELİŞTİRİLEN MODEL

4.1 Problem Tanımı ve Modelin Oluşturulması

Türk Hava Yolları'nda son yıllarda kapasite kısıtından dolayı yerde bekleme ve uçuş süreleri minimum sınırlarda tutulmakta, böylece daha fazla sefer planlanması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bununla, havayolu açısından önemli bir performans göstergesi olan utilizasyonun (uçak kullanım oranı) yüksek tutulması amaçlanmaktadır. Ancak, bu minimum sınırlardaki planlamalar küçük bir gecikmede yolcuların bağlantılı seferlerinde zincirleme kaçırmalara sebep olmuş, bu durum da yolcu memnuniyetsizliğine ve akabinde transfer yolcu kayıplarına neden olmuştur. Bu noktada, hem yolcunun bağlantılı seferini yakalamasına yetecek toleransla planlama yapabilmek hem de daha fazla sefer planlamaya müsait bir yapı kurmak, bunu yaparken de yolcu tercihinin dikkate alınması arasındaki dengeyi sağlamak önem arz etmektedir. Buna istinaden yapılan çalışmada, optimum dalga ve tarife yapısının oluşturulması, bu bağlamda ideal kalkış ve varış saatlerinin belirlenmesi ve bayrak taşıyıcı havayolu Türk Hava Yolları'na uygulanması amacıyla yönelik bir model oluşturulmuştur. Karar değişkeninin İstanbul'dan kalkış ve İstanbul'a varış saati olduğu modelde, her bir kalkış ve varış saati için potansiyel gelir bazlı toplam fayda skoru hesaplanmış ve alternatif saatler içinden kısıtlar gözetenerek en yüksek toplam skora sahip olan kalkış ve varış saati çifti seçilmiştir. Potansiyel gelir bazlı toplam fayda, yolcu tercihi ve transfer yolcu sayısı, birim yolcu geliri ve pazar payı kullanılarak hesaplanmıştır. Böylelikle, yolcu tercihi ve transfer yolcu gelirine bağlı faydanın artırılması hedeflenmiştir. Yolcu tercihinin bağlı fayda hesaplanırken tüm dünyadaki yolcuların O&D kalkış ve varış saati tercihlerini hub havalimanı

kalkış ve varış tercihlerine dönüştüren bir algoritma geliştirilmiştir. Transfer yolcu sayısına bağlı fayda hesaplanırken, her bir varış ve kalkış saatinde bağlı olarak ortaya çıkacak bekleme zamanına göre alınabilecek transfer yolcu oranı üzerinden potansiyel gelir hesaplanmıştır. Buna göre, alınabilecek transfer yolcu oranıyla, o O&D'deki toplam transfer pazar, tahmini TK payı ve o O&D'deki ortalama bilet fiyatı ile çarpılarak her bir planlama yapılan hattın her bir O&D'si ve her bir varış zamanı ihtimaline ait bir transfer varış fayda değeri elde edilmiştir. Aynı algoritma kalkış transfer fayda değerini elde etmek için de kullanılmıştır.

Genel olarak gerçek hayattaki uygulamadan motivasyonla problemde, havalimanı maksimum kalkış ve varış slot kapasitesi, uçakların dolaylı utilizasyonunu kontrol altına alan hub dışı havalimanında izin verilen maksimum bekleme zamanı, uçuş atama ve planlanan uçuşlar arasındaki ilişkileri tanımlayan kısıtlar kullanılmıştır.

4.2 Modele Giriş

Verilenler

- Uçulan noktalar ve mevcut baz tarife
- Uçulması planlanan veya yeniden planlanması istenilen noktalar
- Uçuş numaraları
- Geçmiş OD talebi datası
- Bilet ücretleri
- Uçuş süreleri
- Frekanslar
- Slot durumu (havalimanında her bir zaman dilimindeki kullanılabilir kalkış-varış slotu)
- MCT (minimum connection time)
- MACT (maximum connection time)
- Ground süre (karşı meydana izin verilen maksimum uçak yerde bekleme zamanı)

İstenen

- Planlanması istenen her bir uçuş için optimum kalkış ve varış saatleri (Şekil 4.1). Dolayısıyla burada karar değişkenimiz uçuşun İstanbul kalkış ve varış saatidir.



Şekil 4.1 Optimum kalkış saati örnek grafik

Model tarafından her bir slot için bir toplam fayda skoru hesaplanacak. Bu toplam faydaya göre eğer alternatifler içinde en büyük toplam fayda ise o uçuş o slotu atanacak.

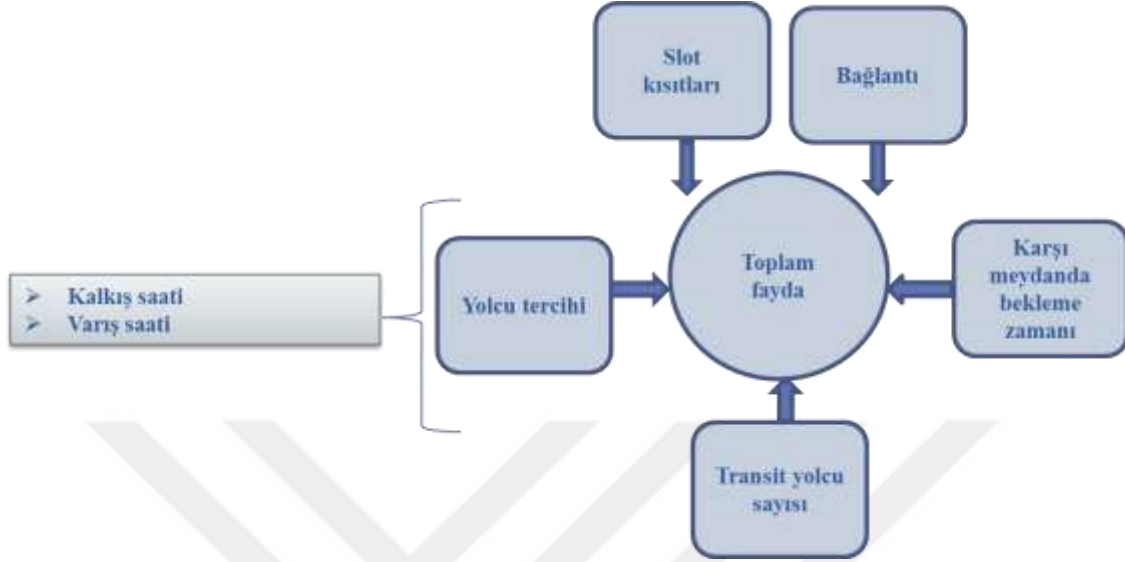
Amaç

- Amaç potansiyel gelir bazlı (yolcu tercihi ve transfer yolcuya bağlı) **fayda maksimizasyonudur**.

Uçulan veya uçulması planlanan noktaların, hem yolcu memnuniyetini sağlayacak hem de toplam yolcu sayısını arttırarak havayoluna gelecek toplam faydayı en büyükleyecek şekilde optimum kalkış ve varış saatlerine atanması, havayolu şirketlerinin en çok üzerinde durduğu konulardan bir tanesidir.

Yapılacak çalışmanın önemi, yukarıda sayılan tüm bu ölçütleri gerçekleyecek şekilde hâlihazırda bağımsız ve manuel olarak yapılan uygulamaları bilimsel tabanlı modellere dayandırarak, karar verme sürecinde gelecek çalışmalar için yol gösterici bir kaynak olmayı hedeflemesine dayanmaktadır.

Özetle, transfer yolcu sayısını ve yolcu tercihini de dikkate alarak toplam fayda açısından optimum kalkış ve varış saatinin atanması hedeflenmektedir. Geliştirilen modelin temel bileşenleri Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Geliştirilen modelin bileşenleri

4.2.1 İndis ve Kümeler

Formülasyonda kullanılan indis ve kümeler aşağıda listelenmiştir:

K: Planlamaya dâhil edilecek uçuşlar kümesi, indis k

FP: 5'er dakikalık zaman dilimlerinde planlama periyodu son değeri

FP2: Planlama periyodu son değeri+5

TH: 5'er dakikalık zaman dilimlerinin kümesi (0, 5, 10, ..., FP)

TH10: 10'ar dakikalık zaman dilimlerinin kümesi (0, 10, 20, ..., FP)

TH30: 30'ar dakikalık zaman dilimlerinin kümesi, (0, 30, 60, ..., FP)

W: Bağlantı süreleri kümesi (0, 180, 360, .., 1440)

i: hub havalimanından kalkış zamanı indisi

j: hub havalimanına varış zamanı indisi

4.2.2 Parametreler

Formülasyonda kullanılan parametreler aşağıda listelenmiştir:

| | |
|-----------------|--|
| GT_k | k uçuşu için hub dışındaki meydana izin verilen maksimum bekleme zamanı |
| AC_j | Hub'da j periyodundaki varış slot kapasitesi |
| DC_i | Hub'da i periyodundaki kalkış slot kapasitesi |
| PC_{ijk} | k uçuşu ve i kalkış, j varış periyotları için yolcu tercihi bazlı fayda değeri |
| $TRANSARR_{jk}$ | k uçuşunun j periyodunda hub'a varışındaki mevcutta kalkan uçaklara göndereceği transfer yolcu sayısı bazlı fayda değeri |
| $TRANSDEP_{ik}$ | k uçuşunun i periyodunda hub'dan kalkışında mevcutta varan uçaklardan alacağı transfer yolcu sayısı bazlı fayda değeri |
| A_{k1k2} | Planlanacak k1 ve k2 uçuşları arasındaki O&D transfer yolcu sayısı bazlı fayda |
| B_w | Bağlantı süresi w için belirlenen transfer yolcu yakalama oranı |
| W_{ijk} | i kalkış ve j varış periyodu ve k uçuşunun blok süresine göre hesaplanan karşı meydana beklenen süre parametresidir |
| α_k | k uçuşu için PC fayda değeri ile transfer fayda değeri arasındaki uyumluluk katsayısı |

4.2.3 Değişkenler

Formülasyonda kullanılan karar değişkenleri aşağıda listelenmiştir.

$$X_{ijk} \begin{cases} =1 & \text{eğer } k \text{ uçuşu } i \text{ İstanbul kalkış ve } j \text{ İstanbul varış zamanına atanırsa,} \\ =0 & \text{atanmazsa} \end{cases}$$

$$Y_{jik_1k_2} \begin{cases} =1 & \text{eğer } k_1 \text{ uçuşu } j \text{ İstanbul varışına ve } k_2 \text{ uçuşu } i \text{ İstanbul kalkışına atanırsa} \\ =0 & \text{atanmazsa} \end{cases}$$

4.3 Matematiksel Programlama Modeli

Bu bölümde, geliştirilen matematiksel programlama modelinin detayları verilmektedir.

Amaç fonksiyonu: Yolcu tercihi ve potansiyel transfer yolcu geliri bazlı fayda maksimizasyonu

$$\begin{aligned}
 Z = \max & \sum_{i,j \in TH} \sum_{i1,j1 \in TH} \sum_{k \in K} \alpha_k PC_{i1j1k} X_{ijk} \\
 & + \sum_{i \in TH} \sum_{j \in TH} \sum_{k \in K} TRANSDEP_{ik} X_{ijk} + \sum_{i \in TH} \sum_{j \in TH} \sum_{k \in K} TRANSARR_{jk} X_{ijk} \\
 & + \sum_{k1 \in K} \sum_{k2 \in K} \sum_{j \in TH} \sum_{i \in TH} \sum_{w \in W} A_{k1k2} B_w Y_{jik1k2}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Kısıt 1: Toplam atanan uçuş sayısı, toplam kullanılabilir kalkış slotu sayısından küçük veya eşit olmalıdır.

$$\sum_{j \in TH} \sum_{k \in K} X_{ijk} + X_{i+5jk} \leq DC_i, \forall i \in TH10 \tag{4.2}$$

Kısıt 2: Toplam atanan uçuş sayısı, toplam kullanılabilir varış slotu sayısından küçük veya eşit olmalıdır.

$$\sum_{i \in TH} \sum_{k \in K} X_{ijk} + X_{ij+5k} \leq AC_j, \forall j \in TH10 \tag{4.3}$$

Kısıt 3: Her k uçuşu mutlaka bir i İstanbul kalkışı, j İstanbul varışına atanmalıdır.

$$\sum_{i \in TH} \sum_{j \in TH} X_{ijk} = 1, \quad \forall k \in K \tag{4.4}$$

Kısıt 4: Karşı meydana bekleme süresi tanımlı maksimum yerde bekleme süresinden küçük olmalıdır.

$$\sum_{i \in TH} \sum_{j \in TH} W_{ijk} X_{ijk} \leq GT_k, \quad \forall k \in K \tag{4.5}$$

Kısıt 5,6,7,8: Yeni/yeniden planlanan hatların birbiri ile ilişkisini tanımlayan Y değişkeninin X değişkeni ile arasındaki ilişkiyi tanımlayan kısıtlar

Eğer yeni/yeniden planlanan k1 uçuşu j İstanbul varışına ve yeni planlanan k2 uçuşu i İstanbul kalkışına atanırsa, yeni planlanan iki nokta arasında bir transfer akışı ortaya çıkacaktır. Bu transfer akışı bazen çok yüksek seviyelerde olup, iyi bağlantı verilmesi durumunda çok yüksek gelir yakalama şansı ortaya çıkmaktadır. Bu transfer yolcu modele Y değişkeni ile dâhil edilmiştir.

Bu kısıtlar, Y değişkeninin, ancak bütün X'lerin 1 olması durumunda 1 olabileceğini, diğer durumlarda 0 değerini alacağını göstermektedir.

$$\sum_{i \in TH} Y_{jik1k2} \leq \sum_{i \in TH} X_{ijk1}, \quad \forall j, k1, k2 \quad (4.6)$$

$$\sum_{j \in TH} Y_{jik1k2} \leq \sum_{t \in TH} X_{itk2}, \quad \forall i, k1, k2 \quad (4.7)$$

$$\sum_{j \in TH} Y_{jik1k2} \geq \sum_{i \in TH} X_{ijk1} + \sum_{i \in TH} X_{itk2} - 1, \quad \forall k1, k2, i, j \quad (4.8)$$

$$\sum_j \sum_i Y_{jik1k2} = 1, \quad \forall k1, k2 \quad (4.9)$$

Kısıt 9,10: Karar değişkenlerinin 0 veya 1 değerini alması

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, i, j \in TH \quad (4.10)$$

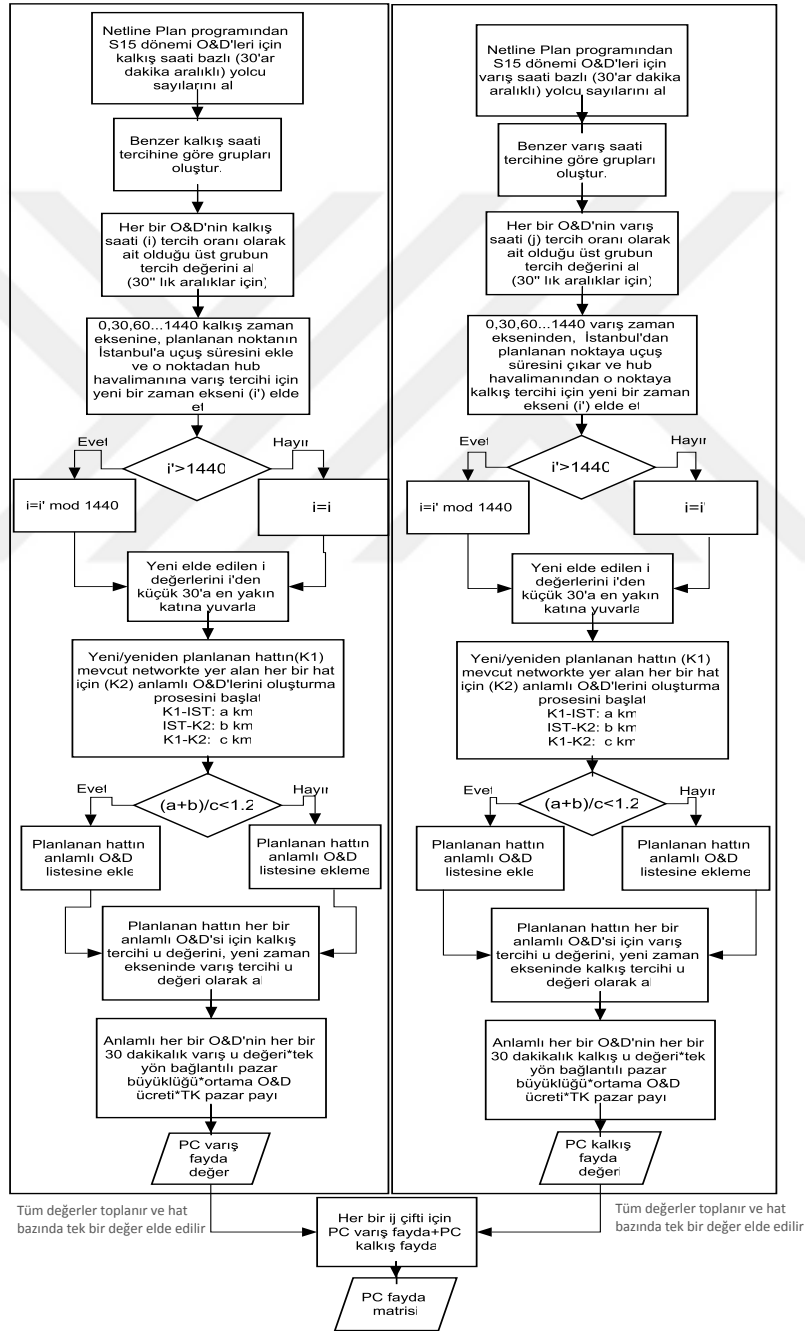
$$Y_{jik1k2} \in \{0,1\} \quad \forall k1, k2 \in K, i, j \in TH \quad (4.11)$$

4.4 Amaç fonksiyonu

4.4.1 Yolcu Tercih Bazlı Fayda Fonksiyonu

4.4.1.1 Yolcu Tercih Bazlı Fayda Fonksiyonu Değerlerinin Akış Diyagramı

k uçuşunun hub meydana i saatinde kalkıp j saatinde varması durumundaki yolcu tercihi PC_{ijk} değerini elde etmek için geliştirilen algoritma Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 PC fayda fonksiyonu değerlerini oluşturma akış diyagramı

4.4.1.2 Fonksiyon Adımlarının Matematiksel Denklemleri

Şekil 4.3'te gösterilen adımların özeti ve matematiksel ifadeleri aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Tüm dünyadan O&D bazlı kalkış ve varış saati tercihleri girdi olarak alınmış ve bu O&D kalkış varış tercihleri İstanbul hubü kalkış varış tercihlerine dönüştürülmüştür. Burada k ve t uçulan iki noktayı, D[k] k uçuşunun blok süresini ifade etmektedir.

$P1_{ktm}$ = O&D (k-t) için uçuşun k meydanından m periyodunda kalkması durumunda yolcu tercihi

$S1_{tkn}$ = O&D (t-k) için uçuşun k meydanına n periyodunda varması durumunda yolcu tercihi

$$P1_{ktm} \rightarrow P2_{ktj}, \forall m \quad (\text{P1 değerlerinin P2'ye dönüştürülmesi})$$

$$P2_{ktj} = P1_{ktm}, \forall m \in \text{TH30}, k \in K, t \in K \mid m + D[k] - \text{mod}(m + D[k], 30) = j \quad (4.12)$$

$$S1_{tkn} \rightarrow S2_{tki}, \forall n \quad (\text{S1 değerlerinin S2'ye dönüştürülmesi})$$

$$S2_{tki} = S1_{tkn}, \forall n \in \text{TH30}, k \in K, t \in K \mid n + D[k] - \text{mod}(n + D[k], 30) = i \quad (4.13)$$

Adım 2 : Kalkış ve varış yolcu tercihi değerlerinin talep ve fiyat ile ağırlıklandırılması

$$P3_{kj} = \sum_{\forall t} P2_{ktj} * Demand[kt] * Price[kt] * Marketshare[kt] \quad (4.14)$$

$$P3_{ki} = \sum_{\forall t} P2_{kti} * Demand[kt] * Price[kt] * Marketshare[kt] \quad (4.15)$$

$$S3_{kj} = \sum_{\forall t} S2_{tkj} * Demand[tk] * Price[tk] * Marketshare[tk] \quad (4.16)$$

$$S3_{ki} = \sum_{\forall t} S2_{tki} * Demand[tk] * Price[tk] * Marketshare[tk] \quad (4.17)$$

Burada Demand[kt], (k-t) arasındaki S15 döneminde gerçekleşen tek yön OD talebini, Price[kt] (k-t) arasındaki S15 döneminde gerçekleşen ortalama ücreti, Marketshare[kt] ise THY için öngörülen pazar payını göstermektedir. Bu pay, THY'nin S14 ve S15 dönemlerinde ilgili iki bölge arasındaki toplam pazardan aldığı payların ortalaması alınarak bulunmuştur. Örneğin k noktası Avrupa'da, t noktası Afrika'da olsun. THY'nin S14 ve S15 dönemlerinde Avrupa-Afrika pazarından aldığı payların ortalaması Marketshare[kt] olarak kullanılmıştır.

Adım 3: Bir k uçuşunun kalkış ve varış tercihlerinin birleştirilerek PC_{ijk} değerlerinin elde edilmesi

$$PC_{ijk} = PC'_{ijk} = P_{3kj} + S_{3ki}, \forall ijk \quad (4.18)$$

4.4.1.3 Yolcu Tercihi Fonksiyonunda Lokal Yolcunun Ağırlığının Arttırılması

Yolcu tercihi bazlı fayda matrisleri oluşturulurken tüm O&D datası kullanıldığından, planlanan hattın (örneğin Boston (BOS) hattı) tüm BOS varış ve kalkışlı O&D'lerinin (örneğin Bombay-BOS, Dubai – BOS, BOS – Atina, vb. gibi tek yönde yaklaşık 250, çift yönde yaklaşık 500 adet) verisi kullanılmıştır. Bu O&D'lerden ikisi lokal yolcu olarak tanımlanan İstanbul çıkışlı BOS varışlı (IST-BOS) veya BOS çıkış IST varışlı (BOS-IST) yolcularıdır. Bu şekilde bakıldığında, lokal yolcunun yolcu tercihi bazlı fayda değerlerinin toplam transfer yolcu tercihi fayda değerlerine oranı, gerçekte o hatta taşınan transfer ve lokal yolcu sayısı oranlarından farklı olabilmektedir. Bu problemi ortadan kaldırarak lokal ve transfer yolcuların birbirine göre etkisini gerçek hayatta havayolunun mevcut talebine uygun seviyeye getirmek amacıyla bir ağırlıklandırma yapılmıştır. Lokal yolcunun ağırlığı belirlenirken, her bir hatta ait 2015 yaz dönemi transfer ve lokal yolcuya ait yolcu sayısı verisi kullanılarak her bir hat için bir oran elde edilmiştir. Bu oran β_k parametresiyle modele dâhil edilmiştir. Uygulamada kullanılmak üzere elde edilen β_k değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Lokal yolculara ait yolcu tercihi fayda değerleri ile transfer yolcunun fayda değerlerinin arasındaki ilişkinin gerçek hayatta olması hedeflenen seviyeye ulaşması için modelde lokal yolcuya ait yolcu tercihi parametreleri Denklem 4.19'da gösterildiği gibi (ϕ_{ijk}) ile ağırlıklandırılmıştır. Bu ağırlıklandırma ile lokal yolcu ve transfer

yolcunun yolcu tercihi etkisi gerçek hayattaki önem ilişkilerine göre bir seviyeye çekilebilmiştir. Ayrıca bu parametre, havayolunun transfer ve lokal oranları ile ilgili stratejisi değiştiğinde, bu stratejinin amaç fonksiyonuna iletilebilmesi esnekliğini sağlamaktadır.

Çizelge 4.1 lokal yolcu ağırlığını belirlemek için kullanılan oranlar

| Hat üçlü kodu | Transfer yolcu sayısı /lokal yolcu sayısı (β_k) |
|---------------|---|
| BOS | 2.4 |
| FMO | 0.4 |
| ABV | 2.5 |
| MNL | 6.8 |
| AWZ | 0.4 |
| LAX | 1.8 |
| SZG | 1.0 |
| NDJ | 3.6 |
| KUL | 1.9 |
| ELQ | 0.7 |

$$PC_{ijk} = PCT(i, j, k) + PCL(i, j, k) * \phi_{ijk}$$

$$\phi_{ijk} = PCT_{ijk} / PCL_{ijk} * \beta_k \quad (4.19)$$

Öyle ki;

PCT= Transfer Yolculara ait yolcu tercihi

PCL= Lokal yolculara ait yolcu tercihi

4.4.1.4 Yolcu Tercihi (PC) Parametresi Uygulama Detayları

Yolcu tercihi fonksiyonu oluşturulurken, O&D bazlı bilet datası kullanılmış (data kaynağı olarak MIDT kullanılmıştır) ve 113,954 O&D için ilgili orijinden (kalkış noktası) tüm destinasyonlara kalkış saati bazlı (30'ar dakikalık zaman dilimleri için) yolcu sayısı dağılımı ve tüm orijinlerden ilgili destinasyona varış saati bazlı (30'ar dakikalık zaman dilimleri için) yolcu sayısı dağılımları çıkarılmıştır.

Uçulan O&D'ler 116 kategoriye (Avrupa-Uzakdoğu bağlantılı düşük frekanslı, Avrupa-Afrika direkt yüksek frekanslı... vs gibi) ayrılmış ve her bir kategori için bir u, yolcuların ilgili zaman diliminde kalkış/varış tercihi oranı değeri oluşturulmuştur. Bunun için Netline Plan

programından yararlanılmıştır. Planlanacak hatlar için olası anlamlı tüm O&D'ler de-tour faktör göz önüne alınarak belirlenmiş, akabinde her bir anlamlı O&D'nin ait olduğu kategori tespit edilmiştir. Bir sonraki aşamada ise kategorilere ait u değerleri O&D u değeri olarak atanmıştır.

Yeni açılacak olan hat için de hangi kategoriye aitse o kategorinin u değeri yeni hattın ilgili O&D'sine direkt uygulanmıştır.

Öncelikle S15 (yaz 2015) dönemindeki tüm yolcu kalkış saati ve varış saati bilgilerinden yola çıkılarak O&D bazında kalkış ve varış saati tercihleri bulunmuştur.

Çalışmamızın ilgi alanı olan İstanbul hub meydanı için geliştirilen algoritma çerçevesinde O&D kalkış varış saati tercihleri hub kalkış varış saati tercihlerine dönüştürülmüştür. Buna göre örneğin Londra'dan kalkan tüm yolcuların kalkış saati tercihi, aynı zamanda İstanbul hub meydana varış zamanı tercihini içinde barındırır. Öyle ki; Londra'dan t anında kalkan bir yolcu, aktarma noktası olan İstanbul'a $[t+(Londra-İstanbul \text{ uçuş süresi})]$ sonunda varmayı tercih etmiş sayılmaktadır. Tam tersi durumda ise dünyada uçulmakta olan tüm noktalardan Londra'ya gelen yolcular aynı zamanda İstanbul hub meydanından kalkış tercihini içinde barındırmaktadır. Öyle ki, Londra'ya t anında varış yapan bir yolcu, aynı zamanda İstanbul aktarma noktasından $[t-(İstanbul-Londra \text{ uçuş süresi})]$ zamanında kalkış yapmayı tercih etmiş sayılmaktadır. Yolcu tercihleri, 30 dakikalık aralıklar için hesaplanmıştır.

Yolcuların İstanbul hub meydanına varış saati tercihi için, yeni/yeniden planlanacak her bir hattın mevcut zaman eksenine ilgili hattın İstanbul'a tek yön uçuş süresi eklenmiş, böylece yeni bir zaman eksenine elde edilmiştir.

Yolcuların İstanbul hub meydanından kalkış saati tercihi için ise yeni/yeniden planlanacak her bir hattın mevcut zaman ekseninden, İstanbul'dan ilgili hatta tek yön uçuş süresi çıkarılmış, böylece yeni bir zaman eksenine elde edilmiştir. Zaman eksenine olarak 1 günlük dakika birimli eksen kullanılmış ve eksen 1440 dakikada sonlandırılmıştır.

Çalışmada bir günlük planlama yapıldığı için, mevcut zaman eksenine uçuş sürelerinin eklenmesiyle gün aşımına uğrayan değerler, 1440'a (24 saat*60 dk.) göre mod alınmak suretiyle birinci güne döndürülmüştür.

Bir sonraki aşamada, yeni elde edilen zaman eksenindeki yeni değerler 30'un en yakın katına yuvarlanmıştır.

Daha sonra ise ilgili noktaya, örneğin BOS, ait her bir O&D için (BOS-CGK, BOS,LHR, BOS-BKK, BOS-CPT...) hub varış tercihini bulmak üzere eski zaman çizelgesinin kalkış yolcu tercihi değeri (dönüştürülmüş u değeri), yeni varış zaman çizelgesinde karşılık gelen zaman birimine yazılmıştır. Hub kalkış tercihini bulmak üzere ise eski zaman çizelgesinin varış yolcu tercihi değeri, yeni kalkış zaman çizelgesinde karşılık gelen zaman birimine yazılmıştır.

Böylelikle, ilgili hattın her bir anlamlı O&D'si için ve her 30 dakikalık zaman dilimi için bir kalkış ve varış yolcu tercihi fayda değeri elde edilmiştir. Her bir kalkış varış çifti için tek bir PC_{ijk} değeri elde etmek amacıyla, ilgili kalkış ve varış kombinasyonuna ait değerleri toplanmış böylelikle her bir kalkış varış kombinasyonu için nihai PC_{ijk} fayda değeri elde edilmiştir.

Anlamlı O&D'leri oluşturmak için de-tour faktör (circuitry) kullanılmıştır. Buna göre, uygulama aşamasında kullanılan networkü oluşturan her bir hat için, uçulan tüm noktalar arasından de-tour faktörü 1.2'den küçük olanlar o hattın anlamlı O&D'leri olarak alınmıştır.

10 hatlık networke dâhil olan her bir hattın her bir anlamlı O&D'si için tek yön bağlantılı pazar büyüklüğü, ilgili O&D'nin ortalama bilet ücreti ve TK'nın o iki bölge arasında uçmasıyla elde edilecek tahmini pazar payı çarpılmış ve her bir O&D için PC_{ijk} fayda değeri elde edilmiştir (Denklem 4.18).

4.4.1.5 Transfer Yolcu Faydası İle Yolcu Tercihi Faydası Uyumluluk Katsayısı

Yolcu tercihi (PC) ve transfer yolcu (TRANS) faydalarının aynı anda amaç edinildiği durumda PC ve TRANS değerleri arasında ilişki kurabilmek ve normalize olduğu için çok küçük olan PC değerlerini TRANS değerlerine yaklaştırmak amacıyla α uyumluluk katsayısı modele dahil edilmiştir. Uyumluluk katsayısı, planlamaya dâhil edilen her bir hat için $\alpha_k = (TRANSARR_{jk} + TRANSDEP_{ik}) / PC_{ijk}$ işlemiyle elde edilmiştir. Yolcu tercihi bazlı fayda ile transfer yolcu bazlı fayda değerlerini toplarken birbiri ile uyumlu hale getirmek için, başka bir deyişle iki terimi aynı ölçek seviyesine getirebilmek amacıyla kullanılan uyumluluk katsayısı alpha (α_k) için uygulama aşamasında 3 farklı α matrisi kullanılarak duyarlılık analizi yapılmıştır: α_{max} , α_{min} ve α_{ort} . Her farklı α senaryosu için model tekrar çalıştırılmıştır. Tüm transfer

fayda değerlerinin, tüm yolcu tercihi fayda değerlerine bölünmesiyle elde edilen oranların ortalaması α_{max} olarak alınmıştır. Daha sonra iki seviye daha düşürülerek α_{ort} ($\alpha_{max} * 0.05$) ve α_{min} ($\alpha_{ort} * 0.1$) değerleri ile model tekrar çalıştırılarak sonuçlar alınmış ve değerlendirilmiştir.

Bu parametre ile amaç fonksiyonunda yolcu tercihi ve transfer yolcu bazlı fayda değerleri arasındaki ilişki parametre bağımlı olarak çeşitlendirilebilmiştir. Gelecekte model kullanıldığında, havayolu tarife planlayıcılarının iki fayda konusunda stratejileri değiştiğinde bu strateji amaca entegre edilebilecektir.

Her iki amacın aynı anda hedeflenmesi durumunda PC fayda ve transfer yolcu fayda değerleri amaç fonksiyonunda eş zamanlı yer alacağından, iki terimi aynı ölçeğe getirecek olan uyumluluk katsayısı devreye girecek, bu durumda $PC_{ijk} = PC'_{ijk} * \alpha_k$ olacaktır.

4.4.2 Transfer Yolcu Geliri Bazlı Fayda Fonksiyonu

k uçuşunun hub meydana i saatinde kalkıp j saatinde varması durumundaki transfer fayda değerini elde etmek için geliştirilen algoritma aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

4.4.2.1 TRANSDEP_{ik} ve TRANSARR_{jk} Parametreleri

TRANSDEP_{ik} parametresi

Adım 1: Bağlantı süresi matrisinin elde edilmesi

K_{ti} : Yeni planlanan k uçuşunun i'de kalktığına, mevcut tarifede varan t uçuşu ile arasındaki minimum bekleme zamanını ifade etmektedir.

Birden fazla t noktasından gelen frekans var ise en yakın bekleme zamanı alınmaktadır.

Adım 2: k uçuşunun i'de kalkması durumundaki potansiyel yolcu geliri bazlı faydanın hesabı

$$TRANSDEP_{ki} = \sum_{\forall t} \sum_{w \in W | w \rightarrow Kti} Demand[kt] * Price[kt] * Marketshare[kt] * B_w$$

Öyle ki;

(4.20)

$Demand[kt]$: $k-t$ O-D sindeki dönemlik transfer yolcu talebi

$Price[kt]$: $k-t$ O-D sindeki dönemlik ortalama bilet ücreti

$Marketshare[kt]$: $k-t$: pazarından havayolunun alabileceği transfer pazar payı

B_w: Bağlantı süresi ilişkili pazar payı; w -> K_{ti}

$$B_w = \begin{cases} 1 & \text{eger } K_{ti} \leq 180 \\ 0.8 & \text{eger } K_{ti} \leq 360 \\ 0.6 & \text{eger } K_{ti} \leq 540 \\ 0.2 & \text{eger } K_{ti} \leq 720 \\ 0 & \text{diger} \end{cases}$$

TRANSARR_{jk} parametresi

Adım 1: Bağlantı süresi matrisinin elde edilmesi

K_{tj} : Yeni planlanan k uçuşunun j 'de varlığında, mevcut tarifede kalkan t uçuşu ile arasındaki minimum bekleme zamanını ifade etmektedir.

Birden fazla t noktasına giden frekans var ise en yakın bekleme zamanı alınmaktadır.

Adım 2: k uçuşunun j 'de varması durumundaki potansiyel yolcu geliri

$$TRANSARR_{jk} = \sum_{\forall t} \sum_{w \in W | w \rightarrow K_{ti}} Demand[kt] * Price[kt] * Marketshare[kt] * B_w$$

B_w: Bağlantı süresi ilişkili pazar payı; w -> K_{tj}

(4.21)

$$B_w = \begin{cases} 1 & \text{eger } K_{tj} \leq 180 \\ 0.8 & \text{eger } K_{tj} \leq 360 \\ 0.6 & \text{eger } K_{tj} \leq 540 \\ 0.2 & \text{eger } K_{tj} \leq 720 \\ 0 & \text{diger} \end{cases}$$

4.4.2.2 Transfer Yolcu Sayısı Parametreleri Uygulama Esasları

Geliş ve gidiş transfer yolcular $TRANSARR_{jk}$ ve $TRANSDEP_{ik}$ olmak üzere iki farklı parametre ile modele dahil edilmiştir. Bekleme zamanına bağlı olarak toplam transfer yolcudan alınabilecek paylar aşağıdaki Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. 3 saate kadar olan bağlantı süresiyle tüm transfer yolcuların yakalanabileceği varsayılırken, 12 saatten fazla bağlantı süresinde transfer yolcuların hiçbirinin alınamayacağı varsayılmıştır.

Çizelge 4.2 Bekleme zamanına bağlı yolcu yakalama oranları (Bw)

| Bekleme Zamanı (sa) | Bekleme Zamanı (dk) | Yolcu yakalama oranı (Bw) |
|---------------------|---------------------|---------------------------|
| 3 | 180 | 1 |
| 6 | 360 | 0.8 |
| 9 | 540 | 0.6 |
| 12 | 720 | 0.2 |
| 15 | 900 | 0 |
| 18 | 1080 | 0 |
| 21 | 1260 | 0 |
| 24 | 1440 | 0 |

Buna göre örneğin yeni planlanan sefer hub meydan Atatürk Havalimanı’na 00:25’te varırsa, mevcut tarifede yer alan 3 frekans New York (JFK) seferlerinden en kısa süreyle bağlantı verilebilen sefere 230 dakikayla bağlantı verilmektedir. 1440 dakikalık zaman eksenini ve 5’er dakikalık aralıklar ve yaz 2015 döneminde uçulan 280 hattın her biri için bu hesaplama yapılmış ve bekleme zamanları çizelgesi oluşturulmuştur. Buna göre, örneğin İstanbul’a 00:00’da varan bir sefer, mevcut tarifedeki IST (İstanbul)-JFK (New York) seferlerinin en yakın olanına 255 dakika bekleme süresiyle bağlantı verecektir. Bekleme zamanları çizelgesinden örnek bir parça Çizelge 4.3’te görülmektedir.

Çizelge 4.3 Transfer yolcu bekleme zamanları

| Hat | Sıra | Uçuşun Hub Havalimanına Varış Zamanına Bağlı Bekleme Zamanları (dk) | | | | | | | |
|-----|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| JFK | 1 | 255 | 250 | 245 | 240 | 235 | 230 | 225 | 220 |
| ORD | 2 | 640 | 635 | 630 | 625 | 620 | 615 | 610 | 605 |
| IAD | 3 | 640 | 635 | 630 | 625 | 620 | 615 | 610 | 605 |

Çizelge 4.3 Transfer yolcu bekleme zamanları (devamı)

| | | | | | | | | | |
|-----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LAX | 4 | 585 | 580 | 575 | 570 | 565 | 560 | 555 | 550 |
| GRU | 5 | 390 | 385 | 380 | 375 | 370 | 365 | 360 | 355 |
| YYZ | 6 | 645 | 640 | 635 | 630 | 625 | 620 | 615 | 610 |
| PEK | 7 | 1325 | 1320 | 1315 | 1310 | 1305 | 1300 | 1295 | 1290 |
| TPE | 8 | 1315 | 1310 | 1305 | 1300 | 1295 | 1290 | 1285 | 1280 |
| PVG | 9 | 1300 | 1295 | 1290 | 1285 | 1280 | 1275 | 1270 | 1265 |
| IAH | 10 | 620 | 615 | 610 | 605 | 600 | 595 | 590 | 585 |
| YUL | 11 | 670 | 665 | 660 | 655 | 650 | 645 | 640 | 635 |
| JNB | 12 | 1330 | 1325 | 1320 | 1315 | 1310 | 1305 | 1300 | 1295 |
| KIX | 13 | 1310 | 1305 | 1300 | 1295 | 1290 | 1285 | 1280 | 1275 |
| NRT | 14 | 650 | 645 | 640 | 635 | 630 | 625 | 620 | 615 |
| SIN | 15 | 1300 | 1295 | 1290 | 1285 | 1280 | 1275 | 1270 | 1265 |
| CGK | 16 | 1340 | 1335 | 1330 | 1325 | 1320 | 1315 | 1310 | 1305 |
| KUL | 17 | 1335 | 1330 | 1325 | 1320 | 1315 | 1310 | 1305 | 1300 |
| BKK | 18 | 1025 | 1020 | 1015 | 1010 | 1005 | 1000 | 995 | 990 |
| HKG | 19 | 1335 | 1330 | 1325 | 1320 | 1315 | 1310 | 1305 | 1300 |
| CAN | 20 | 1320 | 1315 | 1310 | 1305 | 1300 | 1295 | 1290 | 1285 |
| SFO | 21 | 605 | 600 | 595 | 590 | 585 | 580 | 575 | 570 |
| BOS | 22 | 625 | 620 | 615 | 610 | 605 | 600 | 595 | 590 |

Her bir varış saatine bağlı olarak ortaya çıkacak bekleme zamanına göre alınabilecek transfer yolcu oranıyla o O&D'deki toplam transfer pazar, tahmini TK payı ve o O&D'deki ortalama bilet fiyatı ile çarpılarak her bir planlama yapılan hattın herbir O&D'si ve her bir varış zamanı ihtimaline ait bir transfer varış fayda değeri elde edilmiştir. Aynı adımlar, kalkış transfer fayda değerini elde etmek için de kullanılmıştır.

4.4.3 Yeni Planlanan Seferlerin Birbiriyle İlişki Fonksiyonu

Uçuş planlaması çok dinamikli ve oldukça komplike bir yapıdır. Tek bir hattın planlaması yapılırken dahi birçok etkileşimli kriterin/kısıtın da dikkate alınması gerekir. Örneğin yeni iki hattın planlaması yapılırken sadece hatların münferit olarak mevcut tarifedeki anlamlı O&D'leri ile ilişkisini hesaplamak ve değerlendirmek yetmez, bu iki yeni hattın birbiriyle potansiyel ilişkisini de göz önünde bulundurmak gerekir. Mesela Londra ve Delhi hatlarının aynı anda ilk kez planlandığını veya aynı anda yeniden planlandıklarını düşünelim. Bu iki nokta arasında çok büyük bir trafik hacmi vardır ve bu iki hat planlanırken birbiri arasındaki

ilişki dikkate alınmazsa birbirlerinin en büyük besleyicisi olan iki hattın bağlantısının olmaması durumu oluşabilir, bu da yıllık milyonlarca dolarlık gelir kaybına sebebiyet verebilir.

Bu çalışmada, 10 hatlık networkün planlaması yapılırken, bütün hatların birbiriyle ilişkisi de dikkate alınmıştır. İki nokta arasındaki bağlantılı pazar büyüklüğü ile hatların ait olduğu bölgeler arasındaki mevcut TK pazar payı ve gelir çarpılarak, yeni planlanan her iki hat arasındaki ilişki amaç fonksiyonunda A matrisi ile modele dahil edilmiştir.

4.5 Utilizasyon Kapsamında Uçağın Yerde Bekleme zamanı

Hub meydana ve karşı meydana uçakların yerde bekleme zamanlarını azaltmak suretiyle uçakların utilizasyonları arttırılabilir. Bunun için de etkin bir uçak rotasyonu planlaması gereklidir. Utilizasyon hedefini bu çalışmanın kapsamına dâhil etmek üzere uçakların hub meydana dışında maksimum yerde bekleme zamanları kısıtlanmıştır. Bu uygulamada maksimum izin verilen bekleme zamanı 8 saat olarak belirlenmiştir. Bu kısıt ile uçakların karşı meydana kalkışı ile IST'a varış saati planlanırken transfer yolcu ve kalkış varış tercihinin yanında utilizasyonun da göz ardı edilmemesi sağlanmıştır.

Hub havalimanından kalkan uçak, karşı meydana indikten sonra önceden belirlenmiş bir hazırlık süresini tamamladıktan itibaren uçuşa hazırdır. Ancak hub havalimanındaki varış slotunun müsaitlik durumuna göre fazladan bir süre daha beklemesi gerekebilir. Örneğin 12:00'da IST limanından kalkan Beyrut uçağı tam 1 saat 50 dakikalık uçuş mesafesi sonrasında 13:50'de karşı meydan BEY'e ulaşır. Önceden tanımlı minimum yerde kalış süresi (uçuşa hazırlık süresi) 55 dk'dır ve uçak utilizasyonunu artırmak için bu süre bitiminde uçağın kaldırılması istenir. Ancak Beyrut'tan kalkan uçağın İstanbul'a varacağı saatte slot müsaitliğinin olmaması durumunda (varıştaki transfer yolcu potansiyeli ve kalkış yolcu tercihinin göre biraz daha beklemesi gibi bir durum söz konusu olduğunda) karşı meydana fazladan bir süre beklemesi gerekebilir. Karşı meydana kalkış uçuşun, minimum fazladan bekleme süresini sağlayacak uygun varış slotuna denk gelecek şekilde karşı meydana kalkış saati planlamasının yapılması gerekmektedir. Örnek durumda 55 dakikalık minimum yerde kalış süresi sonrasında 14:45'te BEY meydanından kalkması ve 1 saat 55 dakikalık uçuş süresi sonunda 16:40'ta IST'a varması istenir. 16:40'ta hub havalimanı IST'da müsaitlik olmaması durumunda (amaç değerine göre seçilen farklı bir saatte de aynı durumla karşılaşılması söz

konusu olabilir) bir sonraki müsait varış slotunda IST meydanına inecek şekilde bir planlamayla karşı meydana kalkışı gerçekleştirilmelidir.

4.6 Modelin Kapsamı

Model ile iki durumun değerlendirilmesi mümkündür:

i) Yeni açılacak hatlar

Açılmasına karar verilen yeni hatlar hangi saatte konumlandırılmalı?

ii) Mevcut hatlar

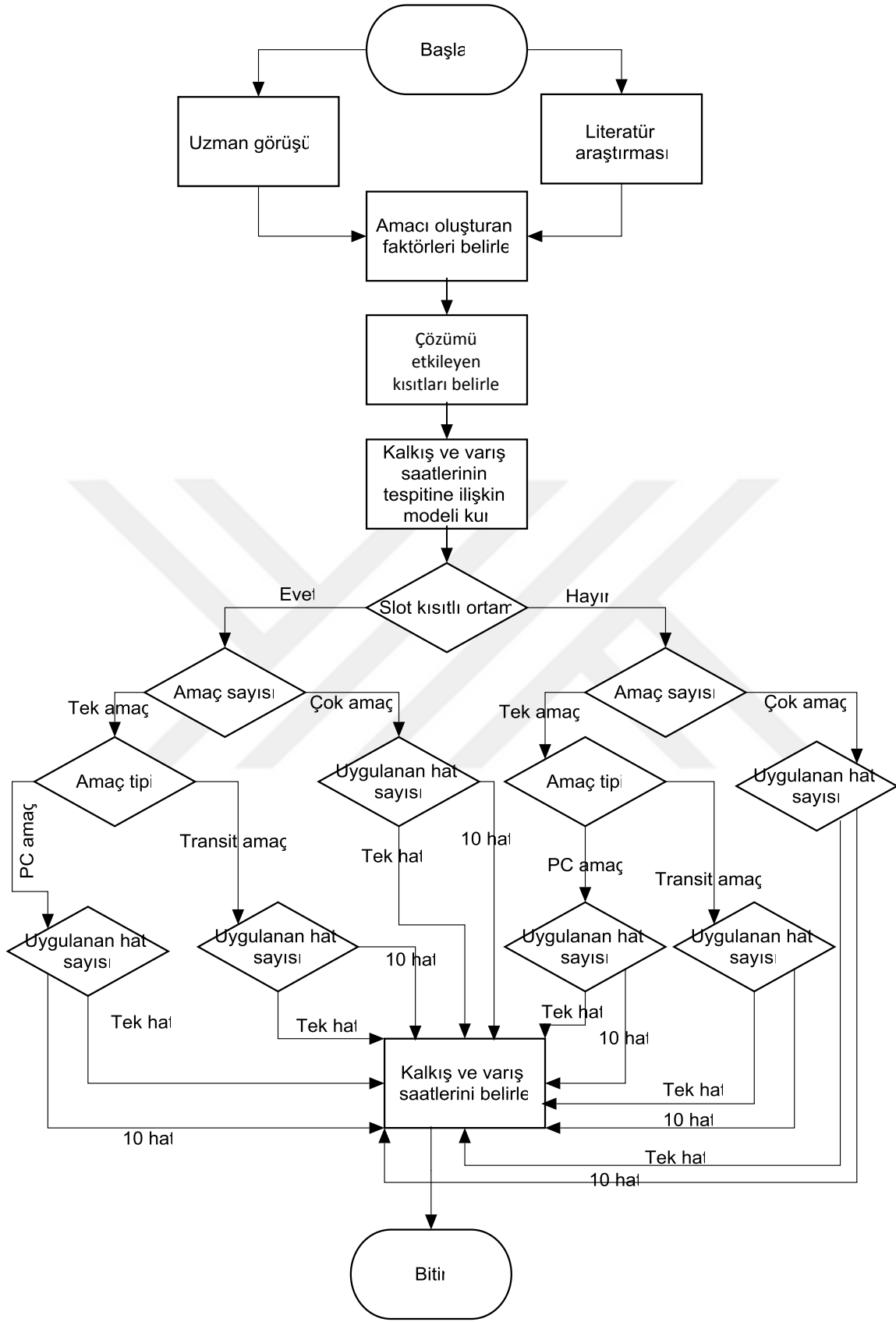
Mevcut seferler yerinde durmalı mı başka bir yere kaydırılmalı mı?

Mevcut seferlerde yapılacak frekans artışları hangi saatte konumlandırılmalı?

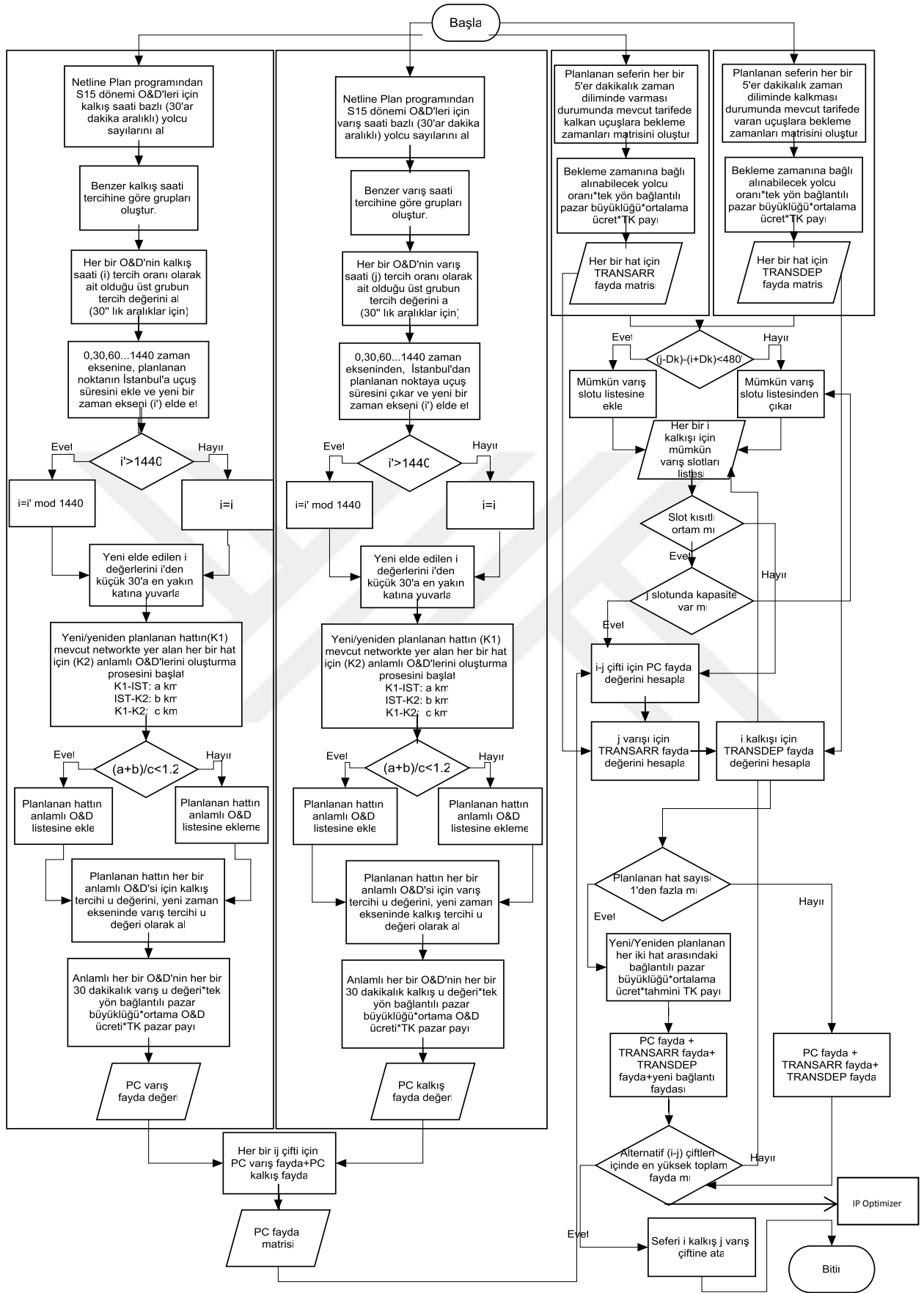
Problem Çözüm Adımları Genel Bakış

Çalışma kapsamında önerilen çözüm metodolojisine ve uygulama senaryolarına ait genel akış diyagramı, Şekil 4.4'te verilmiştir.

Çalışma kapsamında ilk olarak problem tespiti gerçekleştirilmiş, bunun neticesinde de amacı oluşturan faktörlerin ve çözümü etkileyen kısıtların tespiti yapılmıştır. Çalışmanın ikinci aşaması, kalkış ve varış saatlerinin tanımlanan amaç ve kısıtlar doğrultusunda bulunmasını sağlayacak matematiksel modelinin oluşturulmasıdır. Matematiksel modelin oluşturulmasından sonra modelin ve sonuçlarının test edilmesi amacıyla farklı uygulama senaryoları oluşturulmuştur: slot kısıtlı ortamda ve slot kısıtsız ortamda, tek amaç veya çok amaçlı durumlarda, birden fazla hattın mevcut tarife içerisinde planlanması durumlarının analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4). Modele ve uygulamaya ilişkin detaylı akış diyagramı ise Şekil 4.5'te yer almaktadır.



Şekil 4.4 Geliştirilen modelin mümkün senaryolarını gösteren genel akış diyagramı



Şekil 4.5 Uygulama senaryolarına genel bakış

4.7 Varsayımlar

- Her O&D pazarının sabit talebe sahip olduğu varsayılacak. Haftanın her gününün aynı ve haftanın bütününün kendini tekrarladığı varsayılacak
- Her O&D ücretinin sabit olduğu varsayılacak.
- En fazla bir aktarmalı uçuş sunulabiliyor.
- Zaman doğrusu sonlu (1 gün) kabul edilmiştir.
- Kalkış ve varışlar kesikli (birim) zaman aralıklarında gerçekleşecek.
- MCT'lerin bilindiği varsayılmaktadır. Dıştan dışa bağlantı süresi 60 dakika.
- Gidiş geliş =1 frekanstır.

4.8 Genel Hususlar

Uygulama aşamasında, TK'nın İstanbul uçuş ağı merkezindeki dalga yapısının yeniden tasarlanması sürecinde aşağıdaki hususlar dikkate alınacaktır:

- TK için hub, bank ve dalga yapısı tasarlanırken 2015 yaz (S15) tarifesi baz alınacaktır.
- S15 öncesinde icra edilmeye başlanan destinasyonları içeren rotasyon kurulacak.
- Öncelikle dış hatların dalga üzerinde konumlandırılması yapılacaktır. İç hatların kalan uygun slotlara yerleştirilebileceği varsayılmıştır.

EN KISA BAĞLANTI SÜRESİ (MCT) VE YOLCU TERCİHİ DETAYLI ANALİZİ

Bu bölümde, tarife planlamasını etkileyen minimum gerekli bağlantı süresi (minimum connection time, MCT) ve yolcuların uçuş zamanı tercihleri parametreleri detaylı olarak analiz edilmiştir. MCT'nin, hâlihazırda THY tarafından kabul edilen ve bu çalışmada da kabul edildiği şekliyle kullanılan 60 dakikalık süreden farklı olduğu 3 durumda transfer yolcu sayısının ve bağlantı sayısının nasıl etkilendiği analiz edilmiş ve sonuçları gösterilmiştir. Ayrıca yolcuların uçuş zamanı tercihleri de bu bölümde genel olarak ele alınarak analiz edilmiştir.

Transfer yolcu sayısı, network taşıyıcılar için en önemli performans göstergelerinden biridir. Zira karlılık açısından transfer yolcu sayısının artırılması önem teşkil etmektedir.

Literatürdeki çalışmalarda en önemli performans göstergelerinden biri olmasına rağmen transfer yolcu sayısı kapsam dışı bırakılmıştır. Bunun en büyük sebeplerinden biri transfer yolcu sayısı verisine ulaşmanın ve bu veriyi işlemenin zorluğudur. Bizim çalışmamızda gerçek transfer yolcu sayıları kullanılmıştır ve bu açıdan literatürdeki çalışmalardan ayrılmaktadır.

Transfer yolcular için bir havayolunu tercih ederken en önemli karar kriterlerinden biri bağlantı süresidir. Bağlantı süresi, yolcunun takip eden uçuşuna kadar hub havalimanında beklemek zorunda olduğu süreyi ifade eder.

Bağlantı süreleri, yolcu açısından olduğu kadar havayolu açısından da çok büyük önem arz etmektedir. Zira 5 dakika gibi kısa bir süreyle bir yolcu bağlantılı uçuşunu kaçırap memnuniyetsizlik yaşayabilirken, havayolu da bir yolcusunu kaybetmiş, başka bir deyişle

para kaybetmiş olmaktadır. Havayolları tarafından önceden tanımlanan gerekli minimum bağlantı süreleri de bu açıdan hayati önem taşımaktadır.

Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’de, yaz 2015 döneminde THY’nin transfer yolcularının bağlantı süresi ve zaman dilimine göre dağılımı gösterilmektedir. Buna göre gelen yolcuların %32’si 1-2 saatlik bağlantılı uçuş süresiyle seyahatini gerçekleştirirken, bunu 2-3 saatlik bağlantı süresiyle seyahatini gerçekleştiren %28’lik kısım takip etmektedir. En fazla çoğunluğu oluşturan bu iki grubun toplamı, varan (İstanbul’a gelen) tüm transfer yolcuların yarısından çok daha fazla orana, yaklaşık %60’a tekabül etmektedir.

Yolcuların en az tercih ettiği bağlantı süresi ise 0-1 saatlik ve 8+ saatlik bağlantı süreleridir. 0-1 saatlik bağlantı süresi, ilk uçuşta yaşanacak en küçük bir gecikmede dahi, bağlantılı uçuşun kaçırlmasına neden olmaktadır. Uzun bağlantı süreleri ise yolcunun havalimanında geçireceği uzun saatleri ve varacağı noktaya geç varmasını ifade ettiğinden yine yolcular tarafından memnuniyetsizlik sebebi olarak ortaya çıkmaktadır. Özetle bu çizelgeler, çok kısa ve çok uzun bekleme sürelerinin yolcu memnuniyetsizliğini arttırdığını göstermektedir.

Çizelge 5.1 Bağlantı süresi bazlı transfer yolcu oranları-varan yolcu

| Connx Time | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | Total | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 0-1 hrs | 12% | 0% | 0% | 0% | 1% | 0% | 1% | 1% | 2% | 1% | 1% | 0% | 1% | 1% | 2% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% | 4% | 1% | 0% | 3% | 1% |
| 1-2 hrs | 19% | 1% | 14% | 2% | 18% | 22% | 43% | 52% | 12% | 12% | 27% | 41% | 33% | 46% | 28% | 27% | 29% | 35% | 39% | 47% | 31% | 27% | 28% | 62% | 33% | |
| 2-3 hrs | 9% | 26% | 3% | 1% | 34% | 41% | 26% | 11% | 28% | 30% | 29% | 20% | 28% | 22% | 21% | 23% | 27% | 25% | 29% | 17% | 15% | 27% | 47% | 12% | 28% | |
| 3-4 hrs | 9% | 9% | 37% | 5% | 25% | 18% | 6% | 15% | 20% | 20% | 17% | 11% | 14% | 9% | 19% | 18% | 17% | 19% | 8% | 8% | 12% | 27% | 10% | 2% | 14% | |
| 4-5 hrs | 4% | 5% | 27% | 62% | 5% | 4% | 5% | 7% | 12% | 11% | 8% | 9% | 5% | 6% | 14% | 13% | 12% | 4% | 4% | 6% | 19% | 3% | 6% | 2% | 7% | |
| 5-6 hrs | 5% | 9% | 3% | 12% | 5% | 4% | 4% | 7% | 9% | 4% | 4% | 4% | 4% | 6% | 9% | 8% | 3% | 2% | 5% | 11% | 6% | 3% | 2% | 1% | 4% | |
| 6-7 hrs | 10% | 20% | 7% | 10% | 3% | 3% | 6% | 3% | 3% | 2% | 2% | 4% | 6% | 4% | 3% | 2% | 2% | 4% | 6% | 2% | 0% | 0% | 1% | 1% | 3% | |
| 7-8 hrs | 15% | 18% | 6% | 5% | 2% | 2% | 3% | 2% | 2% | 1% | 3% | 2% | 3% | 2% | 0% | 1% | 3% | 4% | 1% | 0% | 1% | 0% | 1% | 3% | 2% | |
| 8-9 hrs | 7% | 1% | 0% | 1% | 2% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 3% | 2% | 1% | 1% | 0% | 2% | 3% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | |
| 9+ hrs | 11% | 12% | 3% | 4% | 5% | 4% | 5% | 2% | 11% | 7% | 7% | 6% | 5% | 3% | 4% | 5% | 3% | 5% | 7% | 6% | 12% | 10% | 4% | 10% | 6% | |
| Grand Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | |

Çizelge 5.2 Bağlantı süresi bazlı transfer yolcu oranları-kalkan yolcu

| Connx Time | 00:00 | 01:00 | 02:00 | 03:00 | 04:00 | 05:00 | 06:00 | 07:00 | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | Total | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 0-1 hrs | 1% | 1% | 0% | 0% | 0% | 32% | 1% | 1% | 0% | 2% | 4% | 2% | 0% | 1% | 0% | 2% | 2% | 2% | 1% | 2% | 1% | 1% | 2% | 2% | 1% | 1% |
| 1-2 hrs | 35% | 17% | 4% | 0% | 4% | 16% | 67% | 46% | 29% | 13% | 28% | 36% | 33% | 34% | 20% | 30% | 34% | 45% | 34% | 36% | 25% | 22% | 36% | 54% | 33% | |
| 2-3 hrs | 33% | 42% | 8% | 7% | 6% | 3% | 8% | 35% | 43% | 23% | 10% | 29% | 31% | 26% | 29% | 23% | 18% | 22% | 25% | 25% | 25% | 27% | 19% | 10% | 28% | |
| 3-4 hrs | 6% | 25% | 6% | 8% | 12% | 5% | 2% | 1% | 21% | 36% | 16% | 6% | 13% | 18% | 19% | 20% | 12% | 8% | 13% | 16% | 19% | 20% | 18% | 7% | 14% | |
| 4-5 hrs | 4% | 3% | 64% | 45% | 15% | 8% | 1% | 3% | 0% | 10% | 18% | 7% | 3% | 7% | 14% | 13% | 4% | 6% | 6% | 6% | 14% | 12% | 9% | 7% | 7% | |
| 5-6 hrs | 4% | 3% | 11% | 21% | 28% | 4% | 2% | 0% | 1% | 1% | 12% | 9% | 5% | 2% | 7% | 5% | 8% | 5% | 3% | 3% | 6% | 8% | 7% | 5% | 4% | |
| 6-7 hrs | 4% | 2% | 1% | 3% | 22% | 7% | 3% | 1% | 0% | 2% | 1% | 6% | 7% | 3% | 2% | 3% | 4% | 4% | 5% | 3% | 1% | 3% | 5% | 7% | 3% | |
| 7-8 hrs | 4% | 2% | 0% | 2% | 2% | 15% | 7% | 1% | 1% | 0% | 1% | 0% | 3% | 3% | 5% | 0% | 2% | 2% | 4% | 2% | 1% | 1% | 2% | 3% | 2% | |
| 8-9 hrs | 2% | 2% | 1% | 2% | 2% | 4% | 5% | 3% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 2% | 1% | 1% | 1% | 2% | 3% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | |
| 9+ hrs | 6% | 3% | 4% | 13% | 8% | 6% | 4% | 9% | 5% | 13% | 10% | 5% | 4% | 3% | 3% | 4% | 5% | 7% | 7% | 5% | 6% | 6% | 3% | 4% | 6% | |
| Grand Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | |

S15'te 50+ yolcu taşınan O&D'lerdeki bekleme süresi bazlı bağlantı sayıları Çizelge 5.3'tedir.

Çizelge 5.3 50+ yolculu O&D'lerdeki bağlantı sayıları

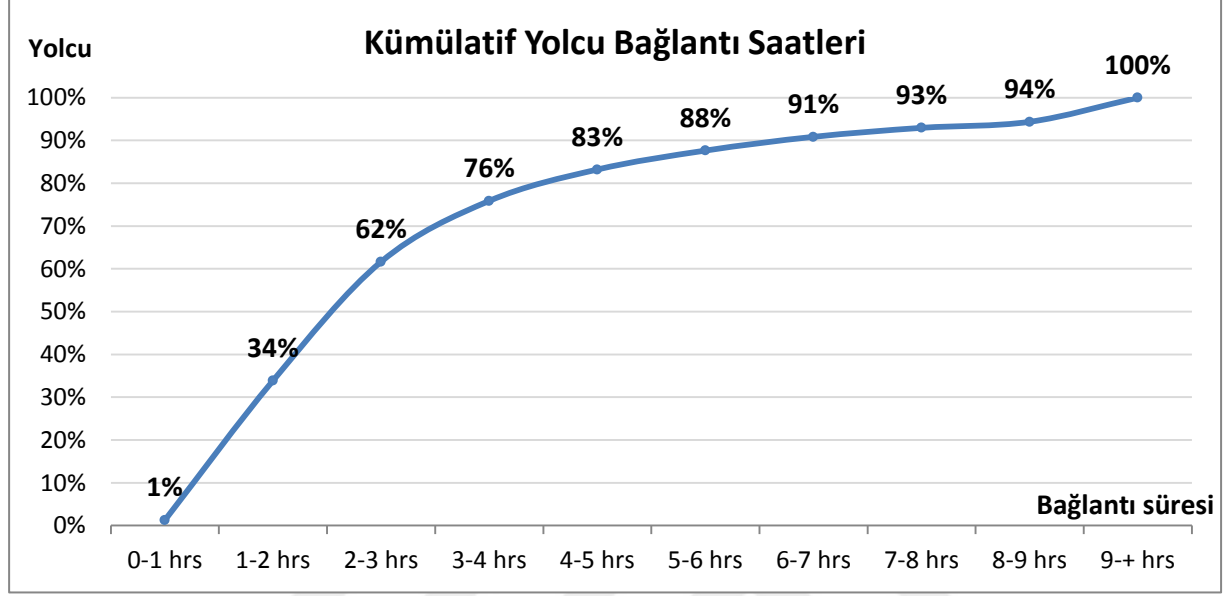
| S15 | Bağlantı Süresi | TOPLAM | DIŞ DIŞ |
|--|------------------------|----------------|----------------|
| | | S15 | S15 |
| 50+ yolcu taşınan OD'lerdeki Durum (Haftalık Bağlantı Sayısı) | 0-3 Saat | 97,906 | 50,726 |
| | 3-6 Saat | 115,064 | 43,307 |
| | 6-9 Saat | 116,173 | 47,170 |
| | 9-12 Saat | 106,642 | 35,061 |
| | Toplam | 435,785 | 176,264 |

200 yolcu ve üzeri taşınan O&D'lerdeki durum ise Çizelge 5.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.4 200+ yolculu O&D'lerdeki bağlantı sayıları

| S15 | Tüm Hatlardaki Durum | TOPLAM | DIŞ DIŞ |
|---|-----------------------------|----------------|----------------|
| | | S15 | S15 |
| 200+ yolcu taşınan OD'lerdeki Durum (Haftalık Bağlantı Sayısı) | 0-3 Saat | 92,036 | 58,154 |
| | 3-6 Saat | 109,072 | 54,093 |
| | 6-9 Saat | 110,633 | 57,102 |
| | 9-12 Saat | 97,934 | 43,332 |
| | Toplam | 409,675 | 212,681 |

Türk Hava Yolları'nın S15 dönemindeki mevcut yaklaşık 80bin O&D'sinin tamamı dikkate alındığında bağlantı süresi bazında yolcuların kümülatif dağılımı Şekil 5.1'deki gibi olmaktadır. Buna göre, transfer yolcuların %76'sı 4 saate kadar olan bağlantılarla taşınmaktadır.



Şekil 5.1 Kümülatif yolcu bağlantı saatleri

Yoğun bankların olduğu saatlerde yolcuların taşındığı saatlerin tercih değil sunulan ürüne göre şekillendiği görülmektedir. Örneğin, 5:00-6:00 arası varan yolcuların ortalama bağlantı süreleri daha uzunken 6-7 arası varan yolcuların bağlantı sürelerinin daha kısa olduğu görülmektedir. 15 - 18 arası yoğun ve sürekli bir bank ortaya çıkmaktadır.

5.1 Bağlantı Süresine Bağlı Transfer Yolcu Sayısı Değişimi

Bu bölümde, mevcutta uygulanmakta olan 60 dakikalık MCT'nin 5, 10 ve 15 dakika artırılması sonucunda bağlantı sayılarında, transfer yolcu sayılarında ve buna bağlı olarak ortalama ücret üzerinden hesaplanan gelir değişiminde oluşacak değişikliklerin detaylı analizi yapılmıştır. MS Excel Macro kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde çarpıcı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Model, 3 farklı bağlantı süresi artış parametresi için çalıştırılmıştır: 5 dakika, 10 dakika ve 15 dakika. Artışlarla elde edilecek bağlantı sayısı, transfer yolcu ve gelir değerleri mevcut tarifedeki değerlerle karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Uygulamada uçuş noktaları 10 bölge altında gruplandırılarak sonuçlar özetlenmiştir.

Bağlantı süresinin 5 dakika arttırılması durumu ve sonucu

Minimum bağlantı süresinin 5 dakika arttırılması sonucu elde edilen bölgeden bölgeye oluşan bağlantı ve transfer yolcu sayısının mevcut tarifedeki değerlere göre değişimi sırasıyla Çizelge5.5 ve Çizelge5.6 'da görülmektedir. Buna göre, minimum bağlantı süresinin 5 dk. arttırılması durumunda dış hat transfer yolcuların % 2 oranında azalacağı öngörülmektedir. Bu oran, yıllık yaklaşık 280 bin transfer yolcuya karşılık gelmektedir. Gelir kaybı ise 70 milyon dolar olarak öngörülmektedir.

Çizelge5.5 MCT'deki 5 dakikalık artışın bağlantı sayısına etkisi

| 00:05 Bağlantı Sayısı Değişimi (Negatif) | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------|-----|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|-----------|----------|
| | Afrika | Amerika | CIS | Doğu Avrupa | Güney Asya | Kuzey Afrika | Kuzey Avrupa | Orta Avrupa | Orta Doğu | Uzakdoğu |
| Afrika | 0% | 3% | 1% | 2% | 0% | 1% | 2% | 3% | 1% | 3% |
| Amerika | 3% | | 1% | 2% | 1% | 6% | 0% | 1% | 1% | 0% |
| CIS | 1% | 1% | 2% | 2% | 1% | 1% | 2% | 1% | 2% | 1% |
| Doğu Avrupa | 2% | 2% | 2% | 18% | 1% | 4% | 2% | 3% | 3% | 1% |
| Güney Asya | 0% | 1% | 1% | 1% | | 0% | 2% | 1% | 5% | 0% |
| Kuzey Afrika | 1% | 6% | 1% | 4% | 0% | 0% | 0% | 4% | 2% | 1% |
| Kuzey Avrupa | 2% | 0% | 2% | 2% | 2% | 0% | | 0% | 1% | 0% |
| Orta Avrupa | 3% | 1% | 1% | 3% | 1% | 4% | 0% | 0% | 1% | 0% |
| Orta Doğu | 1% | 1% | 2% | 3% | 5% | 2% | 1% | 1% | 3% | 3% |
| Uzakdoğu | 3% | 0% | 1% | 1% | 0% | 1% | 0% | 0% | 3% | |

Çizelge5.6 MCT'deki 5 dakikalık artışın yolcu sayısına etkisi

| 00:05 Beklenen Yolcu Değişimi (Negatif) | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|-----|------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|----------|
| | Afrika | Amerika | CIS | Doğu Avr.. | Güney As.. | Kuzey Afr.. | Kuzey Av.. | Orta Avru.. | Orta Doğu | Uzakdoğu |
| Afrika | 0% | 1% | 1% | 2% | 0% | 1% | 2% | 4% | 2% | 2% |
| Amerika | 1% | | 1% | 3% | 0% | 7% | 0% | 1% | 1% | 0% |
| CIS | 1% | 1% | 0% | 3% | 4% | 1% | 5% | 2% | 1% | 1% |
| Doğu Avrupa | 2% | 3% | 3% | 27% | 2% | 4% | 3% | 2% | 4% | 0% |
| Güney Asya | 0% | 0% | 4% | 2% | | 0% | 2% | 1% | 6% | 0% |
| Kuzey Afrika | 1% | 7% | 1% | 4% | 0% | 0% | 0% | 3% | 1% | 2% |
| Kuzey Avrupa | 2% | 0% | 5% | 3% | 2% | 0% | | 0% | 1% | 1% |
| Orta Avrupa | 4% | 1% | 2% | 2% | 1% | 3% | 0% | 0% | 1% | 0% |
| Orta Doğu | 2% | 1% | 1% | 4% | 6% | 1% | 1% | 1% | 1% | 5% |
| Uzakdoğu | 2% | 0% | 1% | 0% | 0% | 2% | 1% | 0% | 5% | |

Bağlantı süresinin 10 dakika artırılması durumu ve sonucu

Minimum bağlantı süresinin 10 dakika arttırılması sonucu elde edilen bölgeden bölgeye oluşan bağlantı ve transfer yolcu sayısının mevcut tarifedeki değerlere göre değişimi sırasıyla Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8’de görülmektedir. Minimum bağlantı süresinin 10 dk. artırılması durumunda dış hat transfer yolcuların %4 oranında azalacağı öngörülmektedir. Bu oran, yıllık yaklaşık **550 bin** transfer yolcuya karşılık gelmektedir. Gelir kaybı ise **133 milyon dolar** olarak öngörülmektedir.

Çizelge 5.7 MCT’deki 10 dakikalık artışın bağlantı sayısına etkisi

| 00:10 Bağlantı Sayısı Değişimi (Negatif) | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------|-----|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|-----------|----------|
| | Afrika | Amerika | CIS | Doğu Avrupa | Güney Asya | Kuzey Afrika | Kuzey Avrupa | Orta Avrupa | Orta Doğu | Uzakdoğu |
| Afrika | 0% | 4% | 1% | 5% | 0% | 1% | 4% | 4% | 1% | 3% |
| Amerika | 4% | | 2% | 4% | 2% | 8% | 0% | 2% | 3% | 0% |
| CIS | 1% | 2% | 7% | 6% | 1% | 3% | 3% | 2% | 5% | 1% |
| Doğu Avrupa | 5% | 4% | 6% | 32% | 1% | 6% | 5% | 4% | 6% | 1% |
| Güney Asya | 0% | 2% | 1% | 1% | | 4% | 3% | 2% | 7% | 0% |
| Kuzey Afrika | 1% | 8% | 3% | 6% | 4% | 0% | 2% | 5% | 3% | 2% |
| Kuzey Avrupa | 4% | 0% | 3% | 5% | 3% | 2% | | 12% | 3% | 0% |
| Orta Avrupa | 4% | 2% | 2% | 4% | 2% | 5% | 12% | 0% | 3% | 0% |
| Orta Doğu | 1% | 3% | 5% | 6% | 7% | 3% | 3% | 3% | 8% | 6% |
| Uzakdoğu | 3% | 0% | 1% | 1% | 0% | 2% | 0% | 0% | 6% | |

Çizelge 5.8 MCT’deki 10 dakikalık artışın yolcu sayısına etkisi

| 00:10 Beklenen Yolcu Değişimi (Negatif) | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|-----|------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|----------|
| | Afrika | Amerika | CIS | Doğu Avr.. | Güney As.. | Kuzey Afr.. | Kuzey Av.. | Orta Avru.. | Orta Doğu | Uzakdoğu |
| Afrika | 0% | 2% | 2% | 4% | 0% | 1% | 5% | 6% | 3% | 2% |
| Amerika | 2% | | 3% | 4% | 1% | 9% | 0% | 2% | 3% | 0% |
| CIS | 2% | 3% | 5% | 6% | 4% | 3% | 7% | 4% | 6% | 1% |
| Doğu Avrupa | 4% | 4% | 6% | 45% | 2% | 7% | 4% | 5% | 8% | 1% |
| Güney Asya | 0% | 1% | 4% | 2% | | 1% | 3% | 1% | 7% | 0% |
| Kuzey Afrika | 1% | 9% | 3% | 7% | 1% | 0% | 5% | 5% | 2% | 2% |
| Kuzey Avrupa | 5% | 0% | 7% | 4% | 3% | 5% | | 9% | 3% | 1% |
| Orta Avrupa | 6% | 2% | 4% | 5% | 1% | 5% | 9% | 0% | 4% | 1% |
| Orta Doğu | 3% | 3% | 6% | 8% | 7% | 2% | 3% | 4% | 2% | 9% |
| Uzakdoğu | 2% | 0% | 1% | 1% | 0% | 2% | 1% | 1% | 9% | |

Bağlantı süresinin 15 dakika artırılması durumu ve sonucu

Minimum bağlantı süresinin 15 dk. artırılması durumunda dış hat transfer yolcuların % 6 oranında azalacağı öngörülmektedir. Bu oran, yıllık yaklaşık **1 milyon** transfer yolcuya karşılık gelmektedir. Gelir kaybı ise **216 milyon dolar** olarak öngörülmektedir. Sonuçlar Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10'da görülmektedir.

Çizelge 5.9 MCT'deki 15 dakikalık artışın bağlantı sayısına etkisi

| 00:15 Bağlantı Sayısı Değişimi (Negatif) | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------|-----|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|-----------|----------|
| | Afrika | Amerika | CIS | Doğu Avrupa | Güney Asya | Kuzey Afrika | Kuzey Avrupa | Orta Avrupa | Orta Doğu | Uzakdoğu |
| Afrika | 10% | 6% | 3% | 8% | 0% | 1% | 8% | 7% | 2% | 4% |
| Amerika | 6% | | 2% | 6% | 4% | 8% | 0% | 3% | 4% | 0% |
| CIS | 3% | 2% | 7% | 9% | 3% | 4% | 4% | 3% | 7% | 2% |
| Doğu Avrupa | 8% | 6% | 9% | 44% | 2% | 8% | 8% | 9% | 9% | 1% |
| Güney Asya | 0% | 4% | 3% | 2% | | 6% | 6% | 4% | 8% | 8% |
| Kuzey Afrika | 1% | 8% | 4% | 8% | 6% | 0% | 4% | 6% | 6% | 2% |
| Kuzey Avrupa | 8% | 0% | 4% | 8% | 6% | 4% | | 12% | 5% | 0% |
| Orta Avrupa | 7% | 3% | 3% | 9% | 4% | 6% | 12% | 0% | 5% | 1% |
| Orta Doğu | 2% | 4% | 7% | 9% | 8% | 6% | 5% | 5% | 11% | 8% |
| Uzakdoğu | 4% | 0% | 2% | 1% | 8% | 2% | 0% | 1% | 8% | |

Çizelge 5.10 MCT'deki 15 dakikalık artışın yolcu sayısına etkisi

| 00:15 Beklenen Yolcu Değişimi (Negatif) | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|-----|------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|----------|
| | Afrika | Amerika | CIS | Doğu Avr.. | Güney As.. | Kuzey Afr.. | Kuzey Av.. | Orta Avru.. | Orta Doğu | Uzakdoğu |
| Afrika | 26% | 3% | 3% | 7% | 0% | 1% | 9% | 9% | 4% | 4% |
| Amerika | 3% | | 5% | 6% | 4% | 9% | 0% | 3% | 6% | 0% |
| CIS | 3% | 5% | 5% | 8% | 6% | 6% | 8% | 6% | 8% | 4% |
| Doğu Avrupa | 7% | 6% | 8% | 50% | 2% | 10% | 7% | 11% | 11% | 1% |
| Güney Asya | 0% | 4% | 6% | 2% | | 1% | 5% | 5% | 7% | 7% |
| Kuzey Afrika | 1% | 9% | 6% | 10% | 1% | 0% | 7% | 9% | 10% | 2% |
| Kuzey Avrupa | 9% | 0% | 8% | 7% | 5% | 7% | | 9% | 6% | 1% |
| Orta Avrupa | 9% | 3% | 6% | 11% | 5% | 9% | 9% | 0% | 6% | 1% |
| Orta Doğu | 4% | 6% | 8% | 11% | 7% | 10% | 6% | 6% | 2% | 13% |
| Uzakdoğu | 4% | 0% | 4% | 1% | 7% | 2% | 1% | 1% | 13% | |

Türk Hava Yolları'nın mevcut dıştan dışa bağlantılı uçuşlarında kullandığı 60 dakikalık minimum bağlantı süresinde gerçekleştirilecek 5, 10 ve 15 dakikalık değişimlerin bağlantı

sayısı ve beklenen yolcu açısından yaratacağı etki ve değişikliklerin detaylı analizi sonucunda her 5 dakikalık değişimin yolcu, bağlantı sayısı ve gelir açısından önemli değişiklikler ortaya çıkaracağı görülmüştür. Karşılaştırmalı sonuçlar Çizelge 5.11’de yer almaktadır. Buna göre minimum bağlantı süresinde gerçekleştirilecek 5 dakikalık artış bağlantı sayısında (bağlantı verilebilen uçuş sayısı) %2’lik kayba, 10 dakikalık artış %3 kayba, 15 dakikalık artış ise %5 kayba sebep olacaktır. Kaybedilen bağlantıya bağlı olarak kaybedilecek transfer yolcu sayılarında ise sırayla %2, %4 ve %6’lık azalma beklenmektedir. Gelir kaybının ise sırasıyla 70 milyon dolar, 133 milyon dolar, 216 milyon dolar olması öngörülmektedir. Tüm bu analizler, bağlantı süresinin, toplam yolcu sayısı dolayısıyla da havayolunun karlılığı açısından ne kadar önemli ve kritik olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.11 MCT değerlerine göre karşılaştırmalı bağlantı sayısı ve yolcu sayısı değişimleri

| | Haftalık Bağlantı Sayısı | | | | | Beklenen Yolcu | | | |
|---------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| | Mevcut | -00:05 | -00:10 | -00:15 | | Mevcut | -00:05 | -00:10 | -00:15 |
| Orta Avrupa | 61,269 | 1% | 3% | 4% | Orta Avrupa | 53,060 | 2% | 3% | 6% |
| Orta Doğu | 61,416 | 2% | 4% | 6% | Orta Doğu | 61,925 | 2% | 4% | 7% |
| Doğu Avrupa | 34,295 | 3% | 5% | 8% | Doğu Avrupa | 32,141 | 3% | 6% | 8% |
| CIS | 27,826 | 2% | 3% | 5% | CIS | 28,841 | 2% | 4% | 6% |
| Kuzey Avrupa | 21,563 | 1% | 3% | 5% | Kuzey Avrupa | 25,301 | 2% | 4% | 6% |
| Afrika | 25,266 | 2% | 4% | 6% | Afrika | 16,721 | 2% | 4% | 7% |
| Uzakdoğu | 21,803 | 1% | 1% | 2% | Uzakdoğu | 23,668 | 1% | 2% | 3% |
| Amerika | 12,782 | 2% | 3% | 4% | Amerika | 22,373 | 2% | 3% | 5% |
| Güney Asya | 9,788 | 1% | 2% | 4% | Güney Asya | 14,596 | 1% | 2% | 4% |
| Kuzey Afrika | 7,794 | 2% | 3% | 5% | Kuzey Afrika | 5,886 | 2% | 3% | 7% |
| Toplam | 283,802 | 2% | 3% | 5% | Toplam | 284,511 | 2% | 4% | 6% |

* Yolcu sayıları örnek hafta üzerinden Online bağlantılı yolcular dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Türk Hava Yollarının, halihazırda uygulamakta olduğu 60 dakikalık MCT (minimum bağlantı süresi) üzerinde yapacağı değişiklikler sonucunda yukarıda verilen sonuçlarla karşı karşıya kalması beklenmektedir. Ancak bu sonuç, havayollarının kabul ettiği MCT’ye göre değişiklik gösterecektir. Transfer yolcunun bağlantılı uçuşunu yakalayabilmesi açısından hayati önem taşıyan MCT, havayolu perspektifinden bakıldığında da rekabet açısından önemli bir faktördür. Bir hava yolunun, operasyonu yönetebileceği seviyede en kısa bağlantı süresini vermesi, rekabet avantajı sağlayacaktır. Firmalar bir yandan rakiplerine göre daha kısa MCT uygulayıp uçak utilizasyonunu artırmaya ve aynı zamanda daha kısa bekleme zamanı sayesinde yolcu memnuniyetini yükseltmeye çalışırken, bir yandan da bu süreyi transfer yolcuyla kaçırmayacak uzunlukta tutarak aradaki dengeyi sağlamaya çalışmaktadırlar.

Bu dengeyi daha iyi şekilde sağlayan firmalar rakipleri karşısında üstünlük elde etmektedirler. Bu çalışma kapsamında Türk Hava Yolları'nda uygulanmakta olan dıştan dışa 60 dakikalık MCT'nin 5, 10 ve 15 dakika azaltılması durumunda gerçekleşecek değişliklerin de analizi yapılmış ve Bölüm 5'te detaylı olarak sunulmuştur. Ancak mevcut durumda Atatürk Havalimanındaki yoğunluk gibi operasyonel kısıtlardan dolayı MCT küçültülmesi yapılamamaktadır.

Türk Hava Yolları'nın rakibi konumundaki firmaların uygulamakta olduğu minimum bağlantı süreleri Çizelge 5.12'de yer almaktadır.

Çizelge 5.12 THY rakiplerinin dıştan dışa transfer için MCT verileri

| Havayolu | Hub | Dıştan Dışa MCT (dk) |
|----------|-----|----------------------|
| DL | ATL | 85 |
| EK | DXB | 75 |
| UA | ORD | 75 |
| BA | LHR | 60 |
| AF | CDG | 60 |
| EY | AUH | 60 |
| TK | IST | 60 |
| LH | MUC | 30 |
| LH | FRA | 45 |
| QR | DOH | 45 |
| TK | SAW | 45 |
| SQ | SIN | 50 |

DL: Delta EK: Emirates UA: United Airlines BA: British Airways AF: Air France EY: Ethiad TK:Türk Hava Yolları LH: Lufthansa QR: Qatar Airways SQ: Singapore Airlines

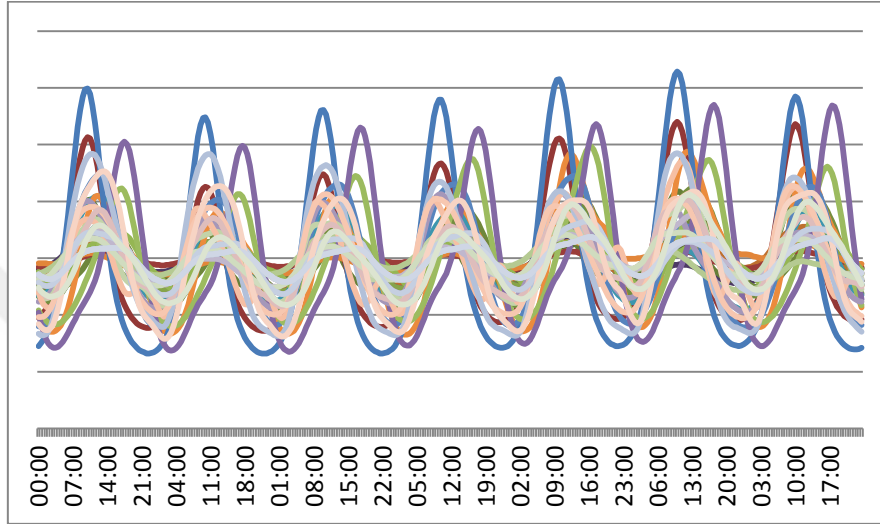
5.2 Yolcuların Kalkış Ve Varış Saati Tercihleri

5.2.1 Tüm Yolcu Tiplerinin Kalkış Ve Varış Saati Tercihleri

Bu bölümde, uçulan noktalar belli gruplara ayrılmış ve bu üst gruplar bazında yolcuların kalkış ve varış saati tercihleri analiz edilmiştir. Yolcu tercihlerinin her bir uçulan nokta ve hat bazında detaylı analizi ise bölüm 6'da gerçekleştirilmiştir.

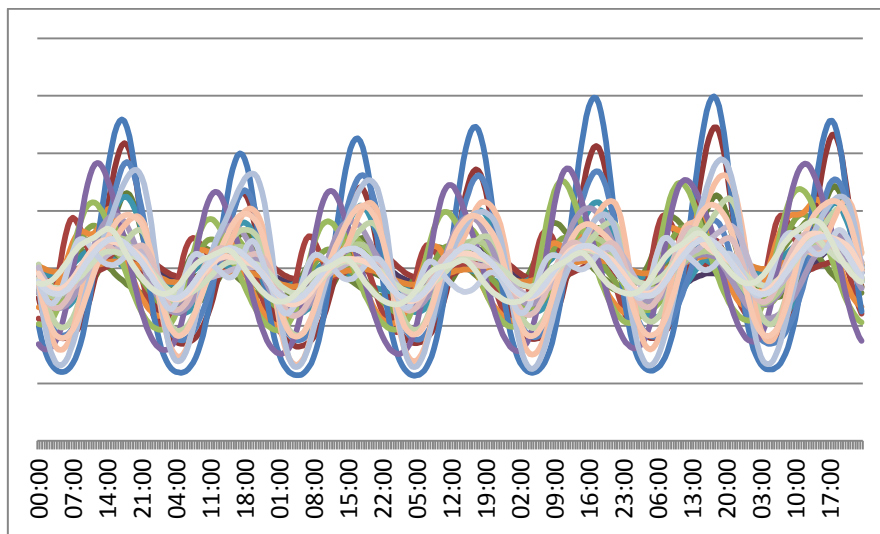
Öncelikle S15 dönemindeki tüm yolcu kalkış saati ve varış saati bilgilerinden yola çıkılarak O&D bazında kalkış ve varış saati tercihleri bulunmuştur. Bunun için Netline Plan programından yararlanılmıştır. Uçulan noktalar belli kategorilere (116 kategori) ayrılmış

(Avrupa-Uzakdoğu bağlantılı düşük frekanslı, Avrupa-Afrika direkt yüksek frekanslı... vs gibi) ve her bir kategori için yarım saatlik zaman dilimleri için kalkış ve varış saati tercihleri çıkarılmıştır. Buna göre tüm dünyadan havayolu yolcularının kalkış ve varış verisi incelendiğinde, 1 haftalık kalkış saatine göre yolcu sayısı dağılım grafiği, oluşturulan kategoriler bazında Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.2 Tüm dünya yolcularının 1 haftalık kalkış saati bazlı yolcu sayısı dağılım grafiği

Aynı şekilde yolcuların 1 haftalık varış saati dağılım grafiği ise Şekil 5.3’te görülmektedir.

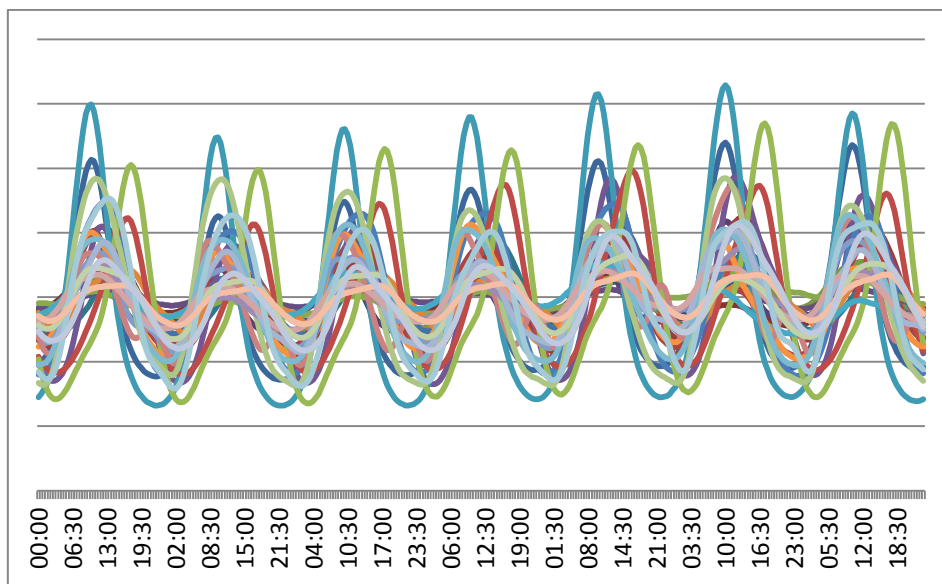


Şekil 5.3 Tüm dünya yolcularının 1 haftalık varış saati bazlı yolcu sayısı dağılım grafiği

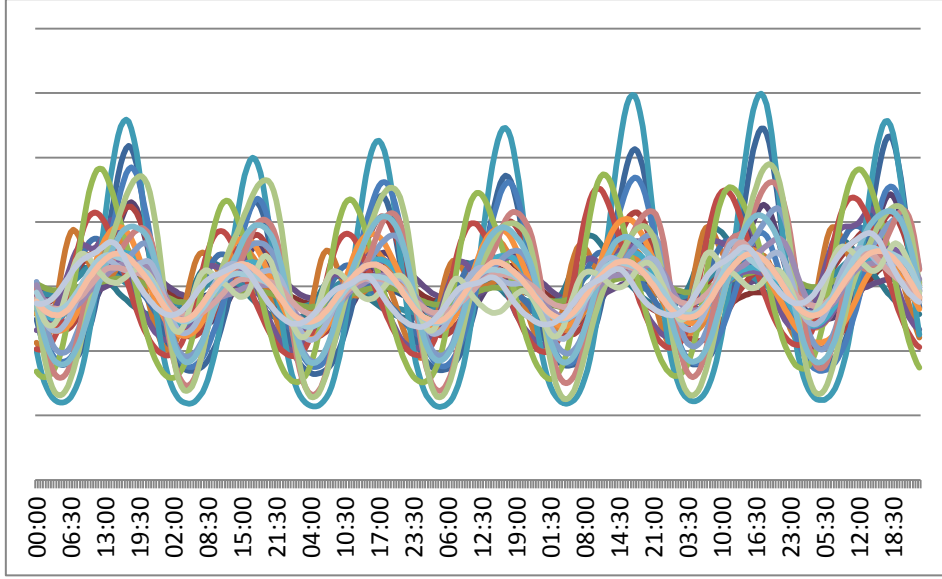
Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'teki grafikler incelendiğinde, haftanın her gününün birbirine benzer bir yolcu tercihiyle sahip olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle, yolcuların kalkış ve varış saati tercihlerinin kendi içinde haftanın her günü kendini tekrarladığı görülmektedir. Oluşturulan 116 kategoriden sadece birkaç kategori için hafta sonuna tekabül eden 6. ve 7. günler hafta içinden farklılık göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, tarife planlama sürecinde parçalı tarifeler yerine yeknesak tarifeler oluşturulması hem müşteri memnuniyetinde bir düşmeye neden olmayacak, hem de havayolu açısından kolaylık sağlayacaktır. Bu doğrultuda bizim çalışmamızda da tek gün için planlama yapılmış ve haftanın diğer günlerinde aynı tarifenin tekrarlandığı varsayılmıştır.

5.2.2 Transfer Yolcuların Kalkış ve Varış Saati Tercihleri

Havayollarının en önemli performans göstergelerinden biri de doluluk oranıdır (LF) . Doluluk oranının artması, uçak büyüklüğü sabit olduğu sürece, yolcu sayısının artmasıyla mümkündür. Toplam yolcu sayısı, lokal ve transfer yolcuların toplamını ifade etmektedir. Özellikle network taşıyıcılar için ağ sisteminin sağlıklı işleyebilmesi ve sürekliliğinin sağlanabilmesi açısından transfer yolcuların sayısının artırılması büyük önem arz etmektedir. Buna istinaden oluşturulan kategoriler bazında sadece transfer yolcuların kalkış ve varış saati bazında yolcu sayısı (transfer yolcu sayısı) dağılımı incelendiğinde Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'teki grafikler elde edilmiştir. Grafiklerdeki her bir dalga pazartesiye başlamak üzere haftanın bir gününü göstermektedir.



Şekil 5.4 Transfer yolcuların 1 haftalık periyottaki kalkış zamanları bazlı yolcu sayısı dağılımı

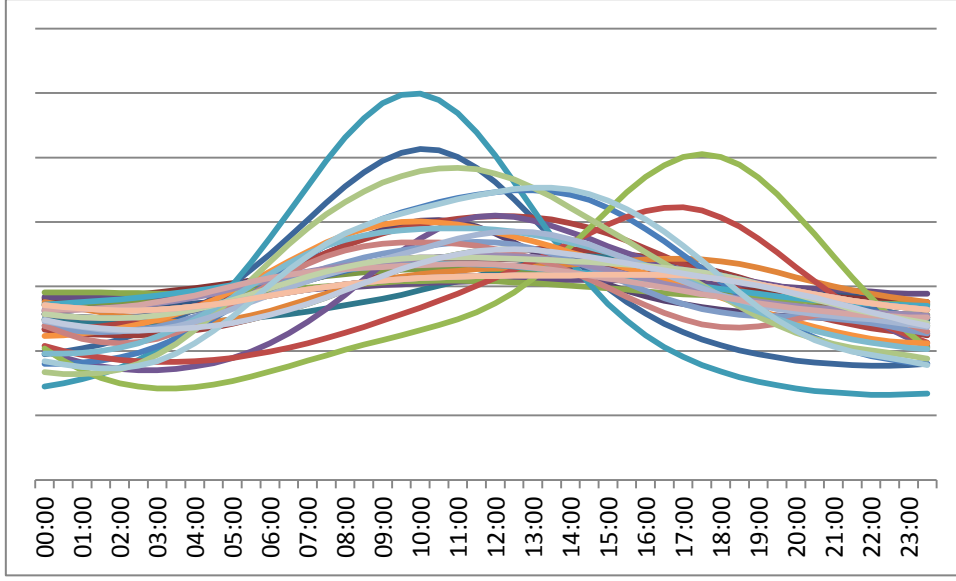


Şekil 5.5 Transfer yolcularının 1 haftalık periyottaki varış zamanları bazlı yolcu sayısı dağılımı

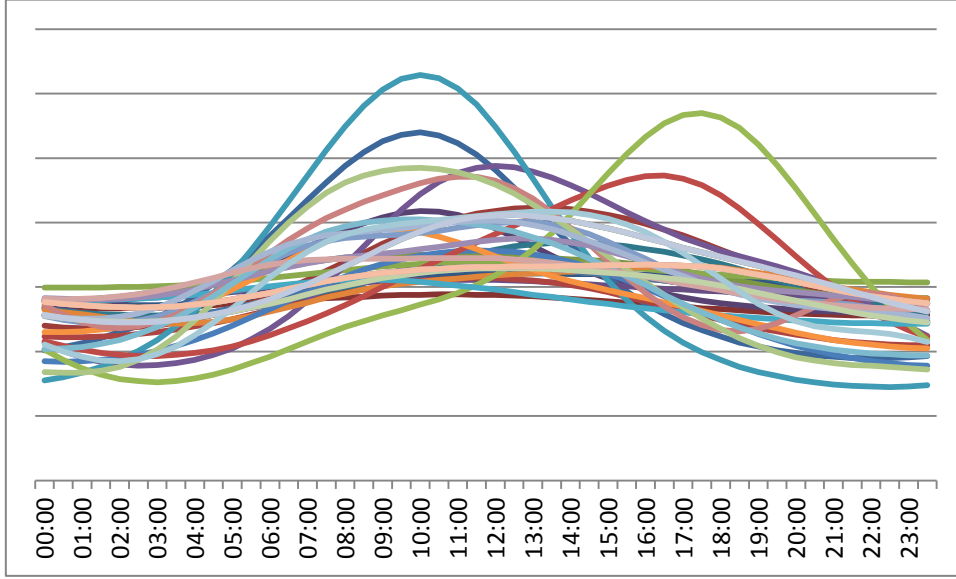
Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te yer alan grafikler incelendiğinde, transfer yolcuların kalkış ve varış saati tercihi ile bütün yolcuların kalkış ve varış saati tercihleri (Şekil 5.2 ve Şekil 5.3) benzer eğilim göstermektedir. Bunun en büyük sebebi ise tüm dünyada, transfer yolcuların, toplam yolcuların büyük çoğunluğunu oluşturmasıdır.

Yolcuların hafta içi ve hafta sonu tercihlerinde bir farklılaşma olup olmadığını görebilmek için veriler daha detaylı olarak incelenmiş ve aşağıdaki grafikler elde edilmiştir. Buna göre haftanın birinci (Şekil 5.6) ve altıncı günü (Şekil 5.7) için transfer yolcuların saatlik kalkış tercihi dağılımına bakıldığında, hafta içi ve hafta sonu için tercihlerin genel, bölgesel veya bizim oluşturduğumuz üst kategoriler bazında oldukça yüksek benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Yolcuların kalkış saati tercihlerinin gün içinde nasıl şekillendiği incelendiğinde sabah erken saatlerde, öğlen saatlerinde ve gece 22:00'a kadar olan saatlerde yolcuların daha çok kalkmayı tercih ettiği görülmektedir.

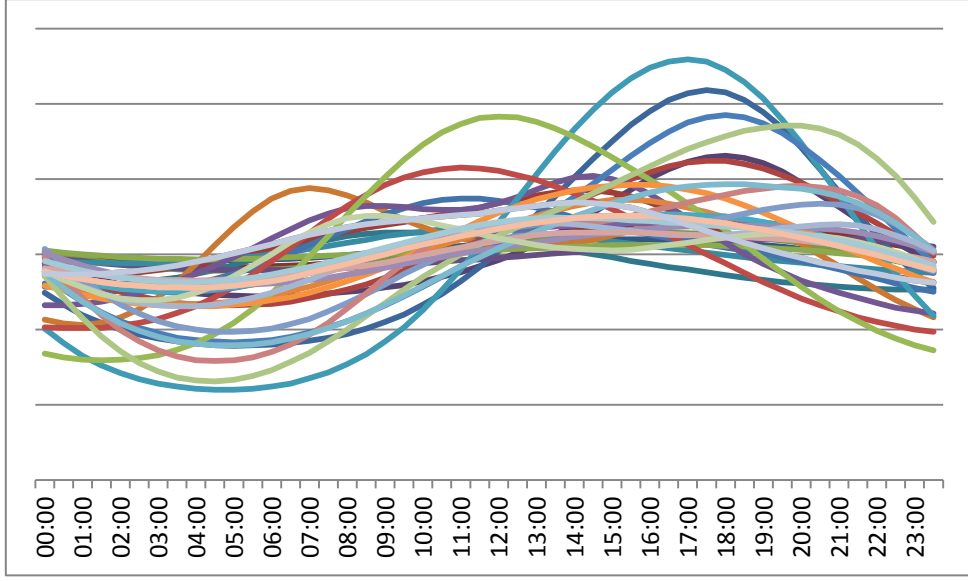


Şekil 5.6 Birinci gün saatlik transfer yolcuların kalkış dağılımı

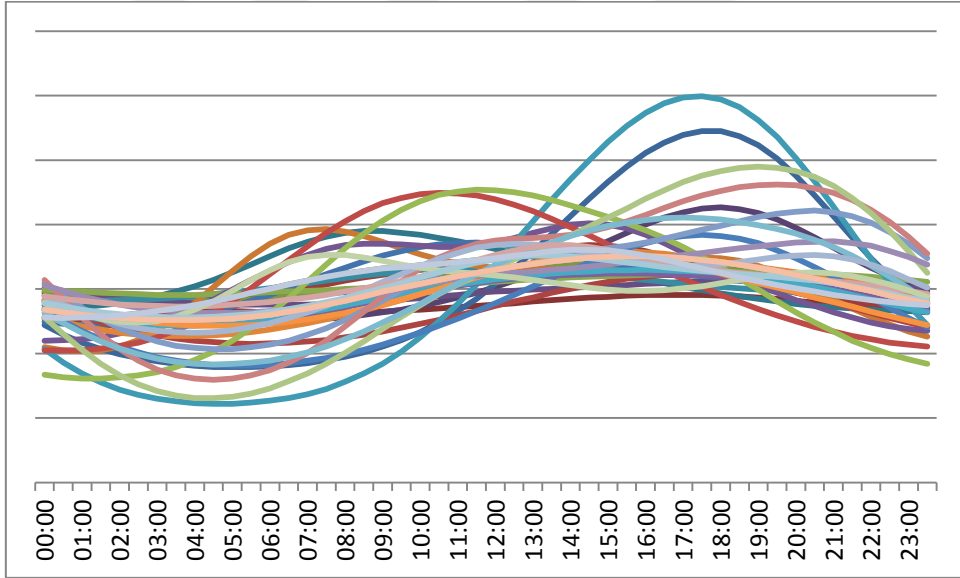


Şekil 5.7 Altıncı gün saatlik transfer yolcu kalkış dağılımı

Hafa içini temsilen haftanın birinci (Şekil 5.8) ve hafta sonunu temsilen haftanın altıncı günü (Şekil 5.9) için transfer yolcuların saatlik varış tercihi dağılımına bakıldığında ise, yine hafta içi ve hafta sonu için tercihlerin genel, bölgesel veya bizim oluşturduğumuz üst kategoriler bazında oldukça yüksek benzerlik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5.8 Birinci gün saatlik transfer yolcu varış dağılımı



Şekil 5.9 Altıncı gün saatlik transfer yolcu varış dağılımı

Yolcuların varış saati tercihlerinin gün içinde nasıl şekillendiği incelendiğinde ise kalkış saati tercih dağılımından farklı olarak sabah erken saatlerde değil, 8:00-9:00 sularında yoğunluğun artmaya başladığı görülmektedir. Kalkış tercihi benzer şekilde varış tercihi dağılımında da, öğlen saatlerinde ve gece 22:00'a kadar olan saatlerde yoğun banklar oluştuğu görülmektedir.

THY'nin S15 dönemi yolcu sayıları detaylı olarak incelendiğinde, Türk Hava Yolları'nın toplam yolcusunun yarısından fazlasını transfer yolcuların oluşturduğu (iç transfer + dış transfer), network taşıyıcılar açısından en yüksek gelirli yolcuğu ifade eden dış transfer yolcuların ise, toplam yolcunun yarısına yakını oluşturduğu görülmektedir. Bu açıdan, dış transfer yolcuların memnuniyetinin artırılması çok büyük önem arz etmektedir.



BÖLÜM 6

UYGULAMA

Bu bölümde, uçuş saati planlama probleminin çözümü için geliştirilmiş olan ve detayları 4. bölümde anlatılan tam sayılı matematiksel programlama modeli gerçek verilerle test edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Matematiksel model farklı amaç fonksiyonları ve kısıt kümesi ile çeşitlendirilerek farklı senaryolar değerlendirilmiş, çözüm sonuçları mevcut tarife ile karşılaştırılarak önerilen modelin havayoluna katkısı analiz edilmiştir. Ayrıca, havayolu stratejisine göre değişebilecek parametrelere karşı modelin duyarlılığı test edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

Geliştirilmiş olan tam sayılı matematiksel programlama modeli, AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming) programlama dili kullanılarak yazılmış ve CPLEX 12.6.3.0 çözücüsü ile çözülmüştür.

Önerilen modelde, potansiyel gelir bazlı fayda maksimizasyonu amaçlanmıştır. Yolcu tercihi ve transfer yolcu baz alınarak hesaplanan potansiyel gelir bazlı faydayı en büyükmek amacıyla geliştirilen bu model, slot kısıtlı ve slot kısıtsız ortam şartlarında Türk Hava Yolları için uygulanmıştır.

Geliştirilen model, her iki ortam şartında (slot kısıtlı ve slot kısıtsız) ve üç farklı amaç fonksiyonu (sadece yolcu tercihi bazlı fayda, sadece transfer yolcu bazlı fayda ve her iki amacın birlikte olduğu durumda fayda) kullanılarak 10 yeni/yeniden planlanan hattın mevcut tarife içinde planlanması durumları için test edilmiştir. Senaryolar Şekil 6.1'de

gösterilmektedir. Ayrıca kolay takip edebilmesi amacıyla senaryoların anlatıldığı kısımlar akış diyagramı okları üzerinde kırmızı ile yazılmıştır.

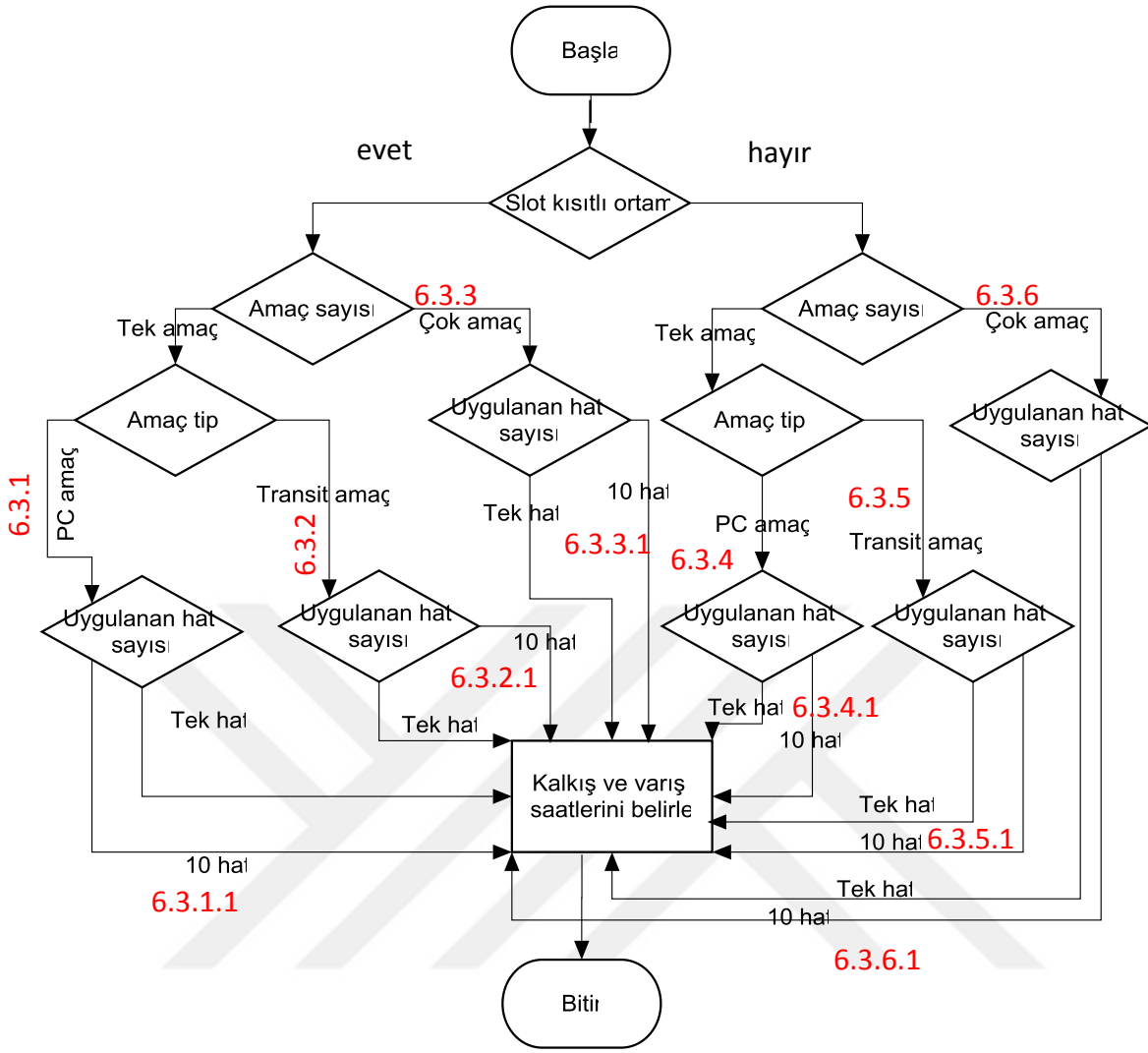
Uygulama aşamasında öncelikle Türk Hava Yolları bünyesinde kullanılan veri tabanları (Netline Sched, Netline Plan, MIDT, DDS, SRS, OAG) vasıtasıyla veri derlenmiş, daha sonra bu veriler temizlenerek işlenmiştir. Yaklaşık 250 milyon yolcu davranışı ve 113,954 O&D verisinin işlenmesiyle elde edilen sonuçlar girdi olarak kullanılıp, uygulama için seçilen 10 hattın mevcut network içerisine en iyi şekilde yerleştirilmesi için çalıştırılan modelin sonuçları bu bölümde detaylı olarak anlatılmaktadır.

Çalışmada, transfer yolcu için MCT, THY'nin kabul ettiği gibi 60 dakika alınmıştır. Modelde kullanılan karşı meydana beklemeye zamanı üst sınırı 480 dakika kabul edilmiştir.

Pratikte, THY uçuşlar için kalkış ve varış saati planlamasını zaman ekseninde 5'er dakikalık dilimlerde yapmaktadır. Ancak karar değişkeni sayısı 5'er dakikalık dilimlerle planlama yapılması durumunda 10'ar dakikalık veriye göre 4 kat kadar arttığından ve transfer ve yolcu tercihi bazlı faydanın beraber kullanıldığı modelde linerizasyon kısıtlarından (Denklem 4.6, 4.7, 4.8, 4.9) dolayı modelin çözüm süresi çok fazla uzadığından, 10'ar dakikalık zaman dilimleri için test yapılmasına karar verilmiştir. Tüm farklı senaryoları karşılaştırabilmek için uygulamanın tamamında 10'ar dakika kullanılmıştır.

Bölüm 4'te verilen model, jenerik olması açısından 5'er dakikalık durumlar için yazılmıştır. Bu bölümde, modeli hatırlatmak ve senaryoda kullanılan versiyonların ayrımını anlatabilmek için 10'ar dakikalık planlama yapan matematiksel modeli aşağıdaki gibi özetleyebiliriz. Planlama, sadece 1 gün için yapılmış, haftanın her gününün aynı ve haftanın bütününün kendini tekrarladığı varsayılmıştır. Böylece önerilen tarifenin, yeknesak uygulanacak tarife yapısıyla her gün gerçekleşmesi beklenmektedir.

Test edilen model senaryoları kırmızı yazılarla Şekil 6.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1 Test edilen model senaryoları ve ilgili bölümler (Uygulama akışı)

6.1 Matematiksel Model

$$Z1 = \sum_{i,j \in TH10} \sum_{i1,j1 \in TH30 \mid (i,j) \rightarrow (i1,j1)} \sum_{k \in K} \alpha_k PC_{i1,j1,k} X_{ijk}$$

(Yolcu tercihi bazlı fayda)

(6.1)

$$Z2 = \sum_{i \in TH10} \sum_{j \in TH10} \sum_{k \in K} TRANSDEP_{ik} X_{ijk} + \sum_{i \in TH10} \sum_{j \in TH10} \sum_{k \in K} TRANSARR_{jk} X_{ijk} \\ + \sum_{k1 \in K} \sum_{k2 \in K} \sum_{j \in TH10} \sum_{i \in TH10} \sum_{w \in W \mid (j,i) \rightarrow w} A_{k1k2} B_w Y_{jik1k2}$$

(6.2)

(Transfer yolcu bazlı fayda)

$$\text{Max } Z = Z1$$

(6.1a)

$$\text{Max } Z = Z2$$

(6.2a)

$$\text{Max } Z = Z1 + Z2$$

(6.3)

Öyle ki;

$$\sum_{j \in TH10} \sum_{k \in K} X_{ijk} \leq DC_i, \forall i \in TH10$$

(6.4)

$$\sum_{i \in TH10} \sum_{k \in K} X_{ijk} \leq AC_j, \forall j \in TH10$$

(6.5)

$$\sum_{i \in TH10} \sum_{j \in TH10} X_{ijk} = 1, \quad \forall k \in K$$

(6.6)

$$\sum_{i \in TH10} \sum_{j \in TH10} W_{ijk} X_{ijk} \leq GT_k, \quad \forall k \in K \quad (6.7)$$

$$\sum_{i \in TH10} Y_{jik1k2} \leq \sum_{i \in TH10} X_{ijk1}, \quad \forall j, k1, k2 \quad (6.8)$$

$$\sum_{j \in TH10} Y_{jik1k2} \leq \sum_{t \in TH10} X_{itk2}, \quad \forall i, k1, k2 \quad (6.9)$$

$$\sum_{j \in TH10} Y_{jik1k2} \geq \sum_{i \in TH10} X_{ijk1} + \sum_{i \in TH10} X_{itk2} - 1, \quad \forall k1, k2, i, j \quad (6.10)$$

$$\sum_{j \in TH10} \sum_{i \in TH10} Y_{jik1k2} = 1, \quad \forall k1, k2 \quad (6.11)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, i, j \in TH10 \quad (6.12)$$

$$Y_{jik1k2} \in \{0,1\} \quad \forall k1, k2 \in K, i, j \in TH10 \quad (6.13)$$

Amaç fonksiyonundaki PC, TRANSARR, TRANSDEP ve A parametrelerinin nasıl elde edildiği 4. bölümde detaylı olarak anlatılmaktadır.

6.2 Veri Tasarımı

Veriler oluşturulurken, Türk Hava Yolları'nın İstanbul Atatürk Havalimanı hub meydanındaki Yaz 2015 (S15) tarifesi baz alınmıştır. Tarifenin yeniden planlanması için, mevcut tarifede yer alan 10 adet farklı uçuş seçilmiştir. Bahse konu noktalar seçilirken, iç hatlar hariç her bölgeden ikişer temsili hat dâhil edilmiştir. Bu hatlar Çizelge 6.1'de görülmektedir. Dalga yapısı oluşturulurken, aynı bölgede yer alan hatların benzer konumlandırılması tercih edilir. Burada da örnek alınan her hat için çıkacak sonuç, ait olduğu bölgedeki diğer hatların planlanması sürecinde karar desteği sağlayacaktır.

Çizelge 6.1 Uçuş zamanları planlanacak hatlar

| Sıra No | Uçuş Numarası | Üçlü Kod | Şehir Adı | Ülke | Bölge |
|---------|---------------|----------|--------------|-----------------|----------|
| 1 | 81 | BOS | Boston | Amerika | Amerika |
| 2 | 1377 | FMO | Münster | Almanya | Avrupa |
| 3 | 623 | ABV | Abuja | Nijerya | Afrika |
| 4 | 84 | MNL | Manila | Filipinler | Uzakdoğu |
| 5 | 890 | AWZ | Ahvaz | İran | Ortadoğu |
| 6 | 9 | LAX | Los Angeles | Amerika | Amerika |
| 7 | 1381 | SZG | Salzburg | Avusturya | Avrupa |
| 8 | 585 | NDJ | N'djamena | Çad | Afrika |
| 9 | 60 | KUL | Kuala Lumpur | Malezya | Uzakdoğu |
| 10 | 120 | ELQ | Qassim | Suudi Arabistan | Ortadoğu |

Çalışmada 1 gün, 10'ar dakikalık toplamda 144 birime bölünerek zaman eksenini olarak kullanılmıştır (0, 10, 20, .., 144). Modelde kullanılan karşı meydana bekleme zamanı üst sınırı 480 dakika kabul edilmiştir. Amaç fonksiyonunda kullanılan yolcu tercihi faydası parametresi O&D bazlı bilet datası kullanılarak elde edilmiştir. Bu fonksiyonun oluşturulması Bölüm 4.4.1'de anlatılmaktadır. Aynı şekilde amaç fonksiyonundaki transfer yolcu faydası parametresi, mevcut tarife datası ile O&D transfer pazarı, tahmini TK payı ve ilgili O&D'deki ortalama bilet fiyatı verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu fonksiyonun detayları bölüm 4.4.2'de anlatılmaktadır. O&D bazında transfer pazar payı (TK payı) verileri, çıkış ve varış bölgesi bazında ilgili transfer pazarda TK yaz 2014 ve yaz 2015 dönemindeki pazar payları (MIDT kaynaklı veri) ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Örneğin Boston – Dubai O&D'si için pazar payının %14 (S14'te %14, S15'te %13 olarak gerçekleşmiş) olan Amerika – Ortadoğu bölgesi transfer pazar payı ile aynı olacağı tahmin edilerek bölgesel değerler kullanılmıştır.

Mevcut Havalimanı Şartlarında Slot Kısıtlı Ortam

İstanbul'un hâlihazırdaki birincil havalimanı konumundaki Atatürk Havalimanı, son yıllardaki hızlı havayolu büyümeleri karşısında kapasite anlamında yetersiz kalmaya başlamıştır. Bu durum da havayollarının uçuş planlaması yaparken en büyük kısıtı haline gelmiştir.

Atatürk Havalimanı'nda saatlik iniş kalkış kapasitesi yaklaşık 60 olarak açıklanmaktadır. Ancak havalimanı trafiği son yıllarda hızla büyümüştür. Dolayısıyla özellikle yoğun yaz haftalarında ve yoğun saatlerde havalimanı bu kapasitenin çok üzerinde faaliyet göstermektedir. Son yıllarda slot yetersizliği nedeniyle birçok havayolu Atatürk Havalimanı'ndan yeni frekans için; özellikle yoğun saatler için slot alamamaktadır.

Bu çalışmada, mevcut Türk Hava Yolları ve diğer havayolları tarifeleri dikkate alındığında, Atatürk Havalimanı'nda 10'ar dakikalık periyotlarla, gerçek veriye göre kalan kullanılabilir iniş ve kalkış slot kapasite verileri girdi olarak kullanılmıştır. Böylece, mevcut durumda olduğu gibi yeni planlanacak hatlar, slot kısıtlı olarak ancak kullanılabilir slot olan zaman dilimlerine göre planlanabilecektir.

2018 yılı itibarıyla yeni havalimanına geçilmesi ve böylece kapasite probleminin ortadan kalkması planlanmaktadır. 76 km²'lik alana yapılan 3. Havalimanı 500 uçaklık park pozisyonuna, 6 piste ve 4 terminal binasına sahip olacaktır ve yıllık 150 milyon yolcu kapasitesine sahip olacaktır. Başka bir deyişle ilk etapta kapasite kısıtsız bir sürece geçiş yapılmış olacaktır. Buna istinaden, uygulama kapsamında slot kısıtının olduğu durumdan sonra slot kısıtının olmadığı durum için de model çalıştırılmış ve iki durumun değerlendirilmesi yapılmıştır.

Mevcut Tarife ve Dalga Yapısı

Uygulamada kullanılan yaz-2015 tarifesi EK-A'da verilmiştir. Sonuçlar değerlendirilirken planlanacak hatların mevcut dalgaya göre değişikliğini gözlemleyebilmek için bölge bazlı dalga yapısı Çizelge 6.2'de gösterilmektedir. Dalga sınırları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Sabaha karşı: 04:00-05:00
- Sabah: 05:00-11:00

- Öğlen: 11:00-18:00
- Akşam: 18:00-22:00
- Gece: 22:00-04:00

Çizelge 6.2 S15 dönemi mevcut yapıda seferlerin bölge bazlı dalga konumları

| BÖLGE | ALT BÖLGE | KALKIŞ | VARIŞ |
|-------|------------------------------|---|--|
| EUM | Büyük Avrupalar | 07:30-08:30, 11:00-12:30, 14:30-16:30, 19:00-20:00 | 10:30-11:30, 14:30-16:00 18:30-19:30, 21:30-23:00 |
| EUM | Daily 3-4 Avrupa | 08:00-09:00, 14:00-16:30 19:00-20:00 | 10:30-12:00, 16:00-18:30 21:30-23:00 |
| EUM | Daily 2 Avrupa | 08:00-09:00, 14:00-16:00 | 15:00-16:30, 21:00-23:00 |
| EUM | Daily ve Altı Avrupa Kısa | 11:00-13:00 | 18:00-19:30 |
| EUM | Daily ve Altı Avrupa Uzun | 11:00-11:30 | 19:30-21:30 |
| EUN | Büyük Avrupalar | 07:30-08:30, 11:00-12:30, 14:30-16:30, 19:00-20:00 | 10:30-11:30, 14:30-16:00 18:30-19:30, 21:30-23:00 |
| EUN | Daily 3-4 Avrupa | 08:00-09:00, 14:00-16:30 19:00-20:00 | 10:30-12:00, 16:00-18:30 21:30-23:00 |
| EUN | Daily ve Altı Avrupa Kısa | 11:00-13:00 | 18:00-19:30 |
| EUN | Daily ve Altı Avrupa Uzun | 07:30-09:00, 12:30-14:00 | 17:00-18:00, 21:30-23:00 |
| EUN | Uzak Avrupalar | 07:30-09:00, 12:30-14:00 | 17:00-18:00, 21:30-23:00 |
| EUE | EUE – AA Arasına Sığabilecek | 07:30 | 13:00 |
| EUE | EUE - Dailyden Az | 12:30 | 17:00 – 18:00 |
| CIS | Yakın CIS | 00:30 | 05:30-06:30 |
| CIS | Uzak CIS | 00:00-01:00 | 09:00-10:30 |
| CIS | En Uzak CIS | 20:00-21:00 | 06:00, 10:00 |
| AA | AA - Uzak | 13:00 | 17:00 |

Çizelge 6.2 S15 dönemi mevcut yapıda seferlerin bölge bazlı dalga konumları (devamı)

| | | | |
|-----|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| AA | AA - Yakın | 13:30 | 16:30 |
| AA | Güney Amerika | 09:30 | 21:30 |
| AF | Batı Afrika | 15:00-16:00 | 06:00-08:00 |
| AF | Doğu Afrika | 18:00-19:00 | 10:00-11:00 |
| AF | Uzak Afrika | 00:00-01:00 | 05:30, 08:30, 17:30 |
| NAF | Kuzey Afrika | 09:00, 14:00, 22:00 | 15:00, 20:00, 06:00 |
| ME | Dailyden Fazla Ortadoğu - Uzak | 19:30-21:30, 23:00-01:30 | 10:00-12:00, 06:00-07:30 |
| ME | Dailye Kadar Ortadoğu - Uzak | 20:00-21:30 | 06:00-07:00 |
| ME | Dailye Kadar Ortadoğu - Yakın | 23:30-00:30 | 06:00-07:00 |
| FE | Uzakdoğu | 05:00-05:30 | 00:30-01:30 |
| SA | Güney Asya | 19:30-20:30 | 09:30-11:30 |

6.3 Uygulanan Senaryolar

Uygulama aşamasında, geliştirilen model, Şekil 6.1’de de görülebileceği gibi slot kısıtının olduğu ve slot kısıtının olmadığı ortamlar için ve her bir ortamda tek amaç ve çok amacın olduğu durumlar için ele alınmıştır. Aşağıdaki model versiyonları çözülerek değerlendirilmiştir.

1. Slot kısıtlı ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa
2. Slot kısıtlı ortamda sadece transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa
3. Slot kısıtlı ortamda transfer yolcu geliri ve yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa
4. Slot kısıtsız ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa
5. Slot kısıtsız ortamda sadece transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa
6. Slot kısıtsız ortamda transfer yolcu geliri ve yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa

İlgili modeller, 10 hat için çözülmüş ve mevcut tarifeye göre iyileşme miktarları hesaplanmış, hatlar için modelin çözümünde bulunan iniş ve kalkış zamanları, mevcut tarifeye ve dalga

yapısına göre değerlendirilmiştir. Geliştirilmiş olan tam sayılı matematiksel programlama modelleri, AMPL ile modellenmiş ve CPLEX 12.6.3.0 ile çözülmüştür.

6.3.1 Slot Kısıtlı Ortamda Sadece Yolcu Tercihinin Amaç Olduğu Model

Bu modelde slot kısıtlı ortamda, öncelikle yolcu memnuniyetinin artırılması amaçlanmıştır. Model, Denklem 6.1a, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.12, kullanılarak oluşturulmuştur.

6.3.1.1 10 Hattın Yeniden Planlanması

Amerika, Avrupa, Afrika, Uzakdoğu, Ortadoğu bölgelerinden temsili alınan ikişer hattan oluşan toplam 10 hattın mevcut network (uçuş ağı) içerisinde, sadece yolcu tercihi/memnuniyetinin artırılması amaçlanarak yeniden planlanması durumunda elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3'te yer almaktadır. Çizelge 6.4'te ise sonuçlar lokal saat (İstanbul saati) ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları karşılaştırılmalı olarak Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.3 10 hatlık networkün tek amaçla yeniden planlanması durumu - PC amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 120 | 410 | 10:25 | 13:25 | 02:00 | 06:50 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1220 | 480 | 08:45 | 16:15 | 20:20 | 08:00 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 1050 | 430 | 15:25 | 05:05 | 17:30 | 07:10 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1250 | 240 | 22:00 | 02:05 | 20:50 | 04:00 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1110 | 410 | 18:30 | 06:50 | 18:30 | 06:50 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 190 | 460 | 03:10 | 07:40 | 03:10 | 07:40 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 380 | 1190 | 06:20 | 19:50 | 06:20 | 19:50 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 260 | 0 | 04:20 | 00:00 | 04:20 | 00:00 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 150 | 70 | 02:30 | 01:10 | 02:30 | 01:10 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 440 | 0 | 07:20 | 00:00 | 07:20 | 00:00 |

Buna göre, Atatürk Havalimanı'ndaki mevcut slot kısıtı çerçevesinde yolcu tercihi/memnuniyetinin artırılması amaçlanarak (lokal yolcu faydasının lokal yolcu sayısı oranında artırılması durumunda) modelin çalıştırılması sonucunda:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin sabah erken dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabah dalgasına kaydırılması
- Akşam saatlerindeki Afrika kalkışlarının akşam ve sabah dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının gece ve sabah dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının sabah ve akşam dalgalarına kaydırılması önerilmektedir.

Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.6'da verilmiştir. Bu değişikliklerle birlikte yolcu tercihi fayda değerinde %34'lük artış elde edilmiştir ((yeni fayda-mevcut fayda)/ mevcut fayda)*100)

Çizelge 6.4 10 hatlık networkün yeniden planlanması durumu lokal saatler - PC amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:00 | 09:50 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:00 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 20:30 | 10:10 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 23:50 | 07:00 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 21:30 | 09:50 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 06:10 | 10:40 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 09:20 | 22:50 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 07:20 | 03:00 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 05:30 | 04:10 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 10:20 | 03:00 |

Çizelge 6.5 Yeni planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu – PC amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MAVCUT VARİŞ DALGA KONUMU | YENİ VARİŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Öğlen |
| 623 | ABV | Akşam | Akşam | Sabah | Sabah |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Akşam | Sabah | Sabah |
| 9 | LAX | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1381 | SZG | Sabah | Sabah | Öğlen | Gece |
| 585 | NDJ | Öğlen | Sabah | Sabah | Gece |
| 60 | KUL | Gece | Sabaha karşı | Sabah | Sabaha karşı |
| 120 | ELQ | Gece | Sabah | Sabah | Gece |

Çizelge 6.6 10 hatlık network planlama sonuçları - PC amaç

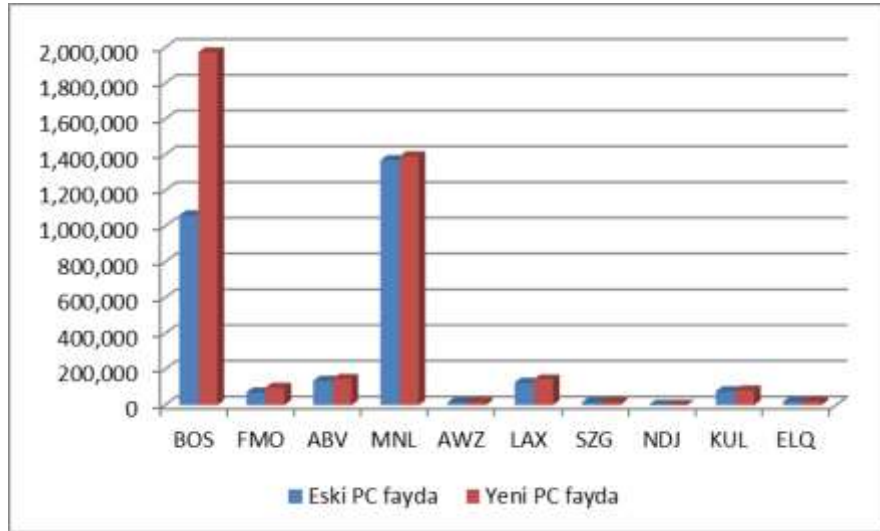
| Uçuş No | Hat Adı | Mevcut PC | Yeni PC | Eski fayda | Yeni fayda | LP | LP dual simpleks iterasyon | Değişken sayısı | Kısıt sayısı | MIP Simplex Iterasyon | Çözüm süresi (sn) | Çözüm süresi (CPU sn) |
|---------|---------|-----------|---------|------------|------------|---------|----------------------------|-----------------|--------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 1062621 | 1975423 | 2897885 | 3896361 | 3906008 | 34476 | 2280960 | 26318 | 31935 | 49.565 | 3.7596241 |
| 1377 | FMO | 71377 | 98146 | | | | | | | | | |
| 623 | ABV | 136873 | 146997 | | | | | | | | | |
| 84 | MNL | 1371101 | 1393060 | | | | | | | | | |
| 890 | AWZ | 15787 | 16330 | | | | | | | | | |
| 9 | LAX | 125460 | 144562 | | | | | | | | | |
| 1381 | SZG | 15098 | 16371 | | | | | | | | | |
| 585 | NDJ | 2242 | 2419 | | | | | | | | | |
| 60 | KUL | 78272 | 82401 | | | | | | | | | |
| 120 | ELQ | 19054 | 20652 | | | | | | | | | |

Ancak yeniden planlanan her bir hat için PC fayda değerindeki artış detaylı olarak incelendiğinde Çizelge 6.7'deki değerler bulunmuştur.

Çizelge 6.7 Hat bazında PC fayda değeri artış oranları

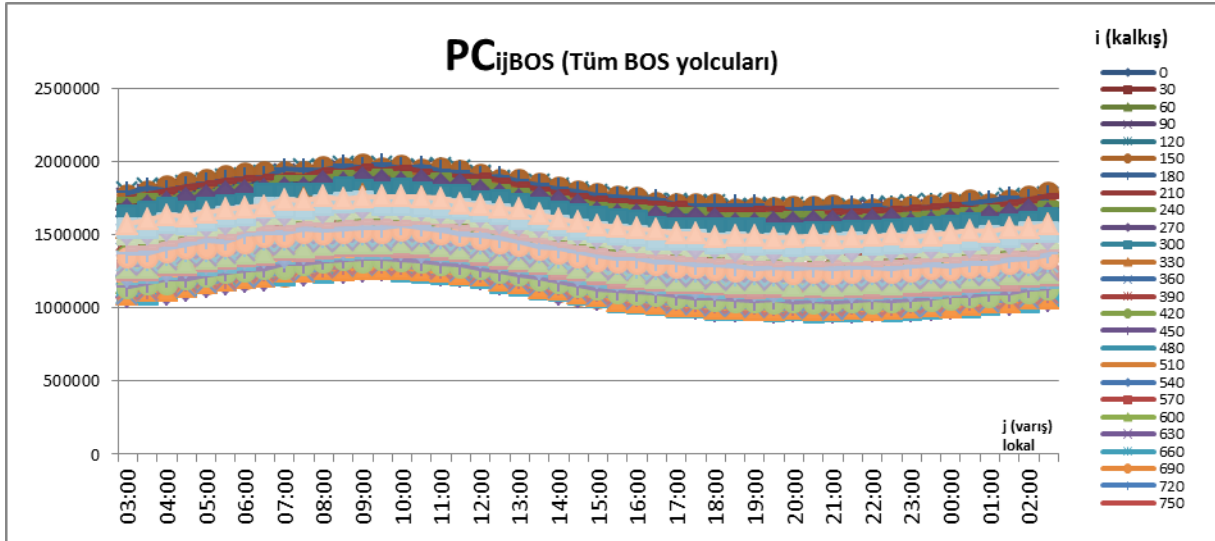
| Hat adı | PC fayda artış oranı |
|---------|----------------------|
| BOS | 86% |
| FMO | 38% |
| ABV | 7% |
| MNL | 2% |
| AWZ | 3% |
| LAX | 15% |
| SZG | 8% |
| NDJ | 8% |
| KUL | 5% |
| ELQ | 8% |

Mevcut slot kısıtının devamı halinde, bölgesel bazda değişikliğin getireceği fayda değerlerine bakıldığında (Çizelge 6.6), en yüksek katkının Amerika bölgesinde olacağı görülmektedir. Dalga yapısını tamamen değiştirmenin zorluğu göz önüne alındığında, bölgesel bazda dalga konumu değişikliğinin (sabahtan akşama, gecedan sabaha gibi) ilk etapta sadece Amerika için yapılması önerilmektedir.



Şekil 6.2 Eski ve Yeni PC fayda değerleri karşılaştırma

PC matrisinde BOS hattına ait değerler incelendiğinde, Boston hattına ait herhangi bir İstanbul kalkış tercihinin karşılık İstanbul'a varış saati tercihlerinin benzer eğilime sahip olduğu görülmektedir (Şekil 6.3). Bir başka deyişle, Boston hattı yolcusunun İstanbul'a varmak istediği saat belirli ve ortak bir eğilim göstermektedir. BOS hattı yolcularının genellikle sabah 09:00-10:00 bandında İstanbul'a varmayı tercih ettikleri görülmektedir.

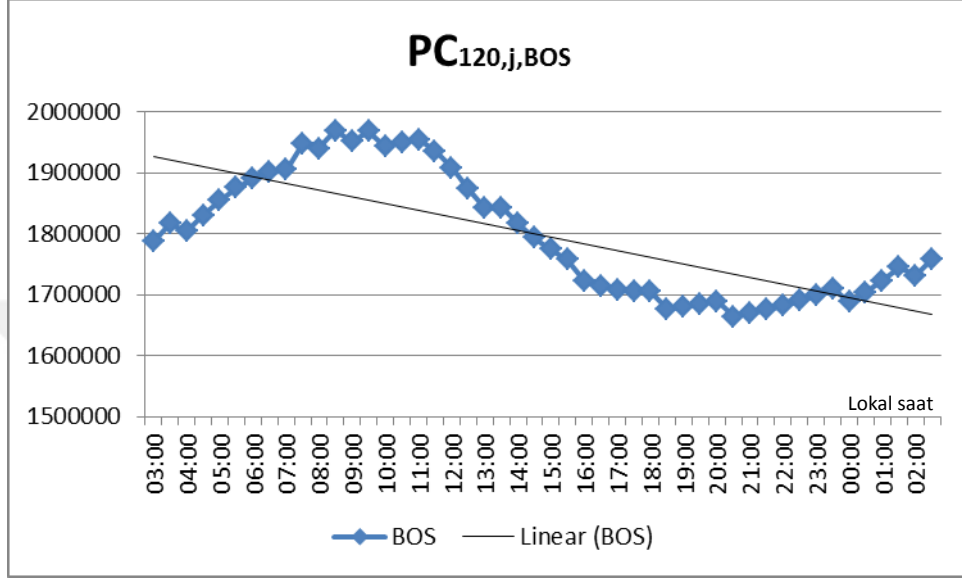


Şekil 6.3 BOS hattı her bir IST kalkış tercihi için varış zamanları tercih grafiği (lokal saat)

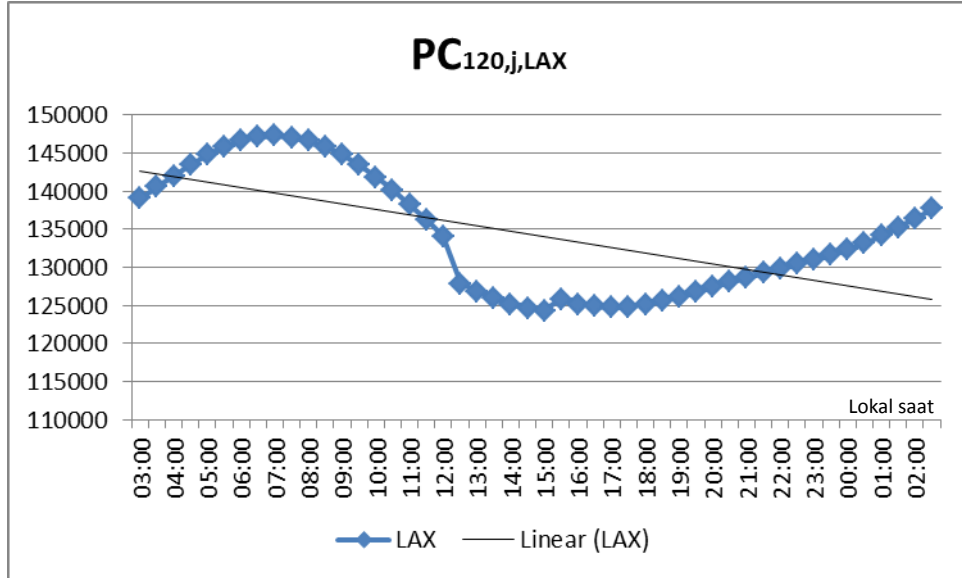
Sadece PC fayda değerinin amaç edinildiği durum için çalıştırılan model sonucunda Boston hattına benzer şekilde İstanbul'dan kalkışı önerilen 2 hat daha bulunmaktadır. Bunlar Los Angeles ve Kuala Lumpur'dur (Bu üç hat da model tarafından lokal saatle 05:00-06:00 bandında kaldırılmıştır).

Boston ile aynı bölgede (Amerika) yer alan Los Angeles hattı için İstanbul'a varış zamanı yine Boston için önerildiği gibi sabah dalgasında önerilmiştir (lokal saat 10:40). Amerika hatlarına benzer şekilde sabah erken saatte kalkışı önerilen Kuala Lumpur'un İstanbul'a varışı ise diğerlerinden farklı olarak gece yarısı dalgasında önerilmektedir (lokal saat 04:10). Bu sonuçlar ışığında bir validasyon yapmak amacıyla bahse konu üç hatta ait sabah erken (05:00-06:00) bandında İstanbul'dan kalkan yolcuların İstanbul'a varış tercihlerini gösteren grafikler Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir (Grafikler UTC 120. dk., lokal 05.00 kalkışı için varış tercihi dağılımlarını göstermektedir). Buna göre sabah 05:00 sularında İstanbul'dan kalkan bir Boston (BOS) ve bir Los Angeles (LAX) yolcusunun İstanbul'a varış için benzer tercih eğiliminde (sabah dalgasında varış) oldukları görülmektedir. Modelin

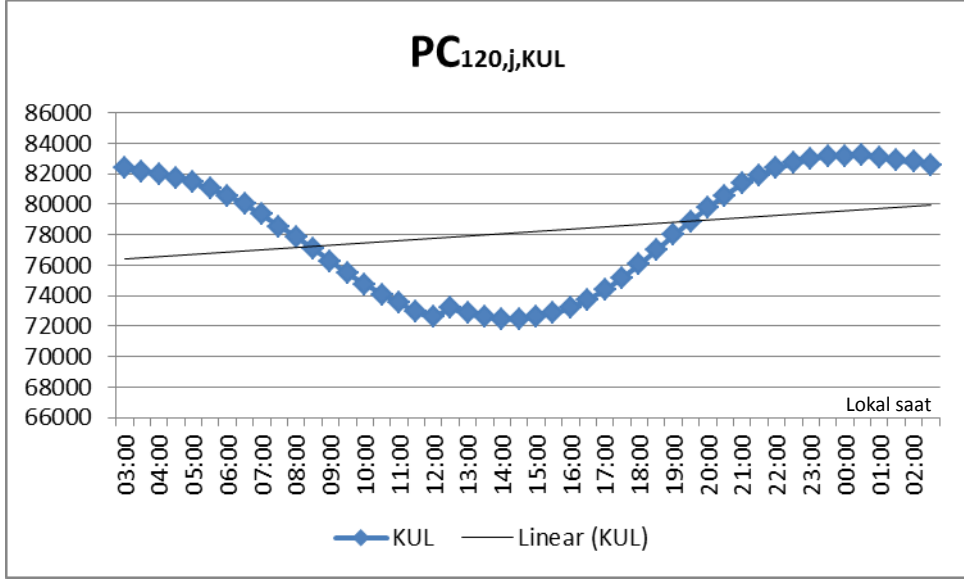
çalıştırılması sonucu çıkan sonuç da bunu desteklemektedir. Nitekim Hem Boston hem de Los Angeles için sabah dalgasında (grafiklerden görüleceği üzere faydanın en yüksek olduğu dalga) İstanbul'a varış önerilmektedir. Bununla birlikte aynı dalgada İstanbul'dan kalkışı önerilen Kuala Lumpur hattının (KUL) diğer iki hattan farklı olarak lokal 04:10'da varışı önerilmiştir. Aynı şekilde Şekil 6.6 bu sonucu açıklamaktadır.



Şekil 6.4 BOS hattı için 5:00 lokal saatte kalkan bir yolcunun varış saati tercihi dağılımı

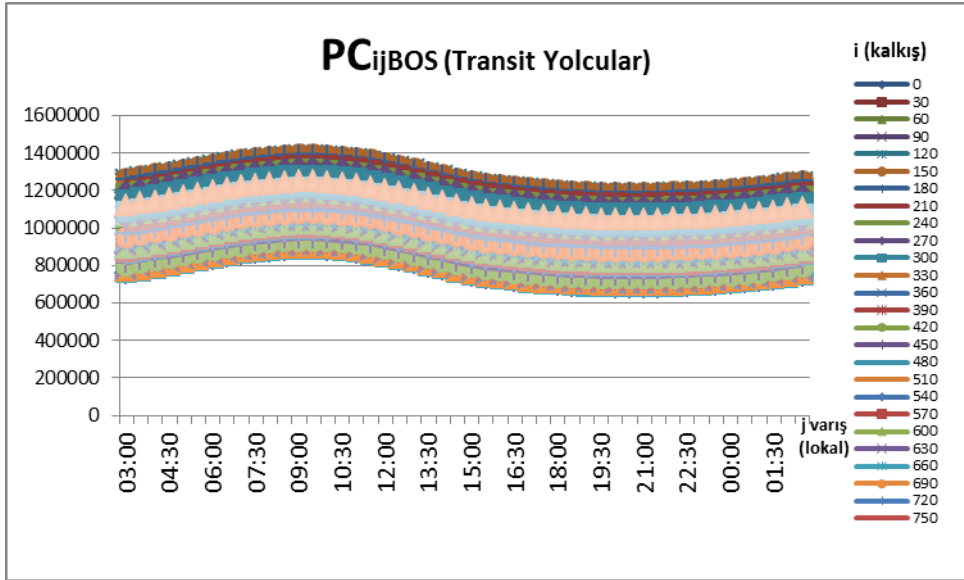


Şekil 6.5 LAX hattı için 5:00 lokal saatte kalkan bir yolcunun varış saati tercihi dağılımı

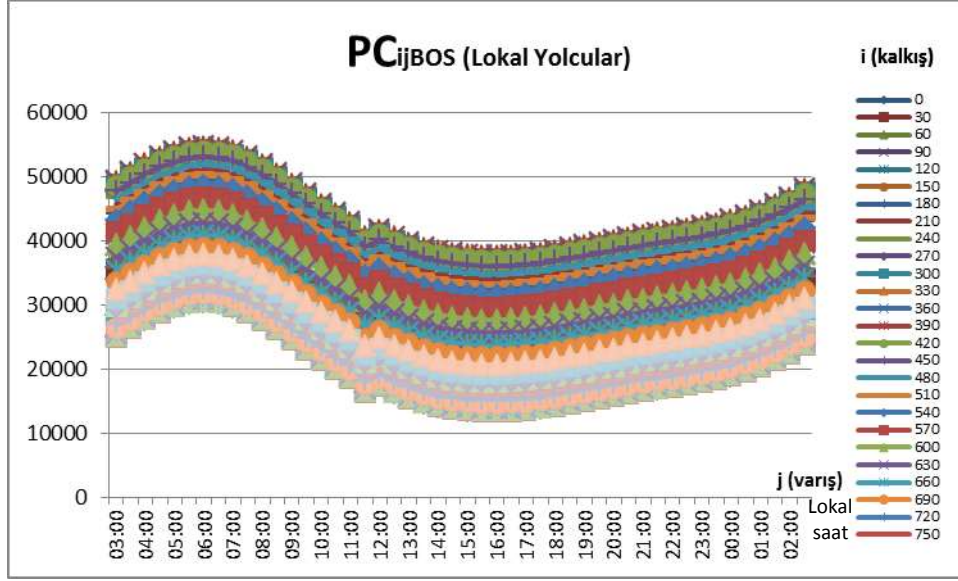


Şekil 6.6 KUL hattı için 5:00 lokal saatte kalkan bir yolcunun varış saati tercihi dağılımı

Transfer yolcuların ve lokal yolcuların tercihlerine ayrı ayrı baktığımızda Boston'dan kalkan transfer yolcuların İstanbul'a daha çok sabah 09:00 bandında varmayı tercih ettikleri görülürken, (Şekil 6.7), lokal yolcuların daha çok sabah erken (lokal 06:00-07:00 civarı) bandında varmayı tercih ettikleri görülmektedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.7 Boston hattı transfer yolcularının İstanbul'a varış zamanı tercihleri dağılımı



Şekil 6.8 Boston hattı lokal yolcularının İstanbul'a varış zamanı tercihleri dağılımı

6.3.2 Slot Kısıtlı Ortamda Transfer Yolcu Sayısının Amaç Olduğu Model

Bu modelde, slot kısıtlı ortamda öncelikle transfer yolcu geliri bazlı faydanın artırılması amaçlanmıştır. Model, Denklem 6.2a, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, (6.10), 6.11, 6.12, 6.13 kullanılarak oluşturulmuştur. Denklem 6.10 kısıt sayısını çok fazla arttırdığından, öncelikle bu kısıt olmadan model çözülmüş, eğer çözüm bu denklemin kısıtlarından herhangi birine uymuyorsa sadece uymayan kısıt koyularak iteratif bir şekilde model tekrar çözülmüştür. Bu çalışmada, gerçek transfer yolcu verisinin kullanılması, literatürdeki diğer çalışmalara göre farklılık oluşturmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalarda, transfer verisine ulaşmanın, ulaşılması durumunda ise veriyi işlemenin zorluğundan dolayı, genelde kapsam dışı bırakılmıştır.

6.3.2.1 10 Hattın Yeniden Planlanması

Amerika, Avrupa, Afrika, Uzakdoğu, Ortadoğu bölgelerinden temsili alınan ikişer hattan oluşan toplam 10 hattın mevcut network içerisinde, sadece transfer yolcu bazlı fayda değerinin artırılması amaçlanarak yeniden planlanması durumunda elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8'de yer almaktadır. Çizelge 6.9'da ise sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları Çizelge 6.10'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu değişikliklerle birlikte transfer fayda değerinde %80'lik artış elde edilmiştir.

Çizelge 6.8 Transfer yolcunun amaç olması durumunda 10 hattın planlanması (UTC)

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 440 | 810 | 10:25 | 13:25 | 07:20 | 13:30 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 740 | 1430 | 08:45 | 16:15 | 12:20 | 23:50 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 390 | 0 | 15:25 | 05:05 | 06:30 | 00:00 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 750 | 1190 | 22:00 | 02:05 | 12:30 | 19:50 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1430 | 820 | 20:50 | 05:35 | 23:50 | 13:40 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 1190 | 20 | 09:45 | 14:10 | 19:50 | 00:20 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 0 | 640 | 06:30 | 12:20 | 00:00 | 10:40 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 1430 | 800 | 14:05 | 04:35 | 23:50 | 13:20 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 430 | 450 | 22:15 | 02:25 | 07:10 | 07:30 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 860 | 1420 | 21:40 | 06:25 | 14:20 | 23:40 |

Atatürk Havalimanı'ndaki mevcut slot kısıtı çerçevesinde transfer yolcu fayda değerinin artırılması amaçlanarak modelin çalıştırılması sonucunda:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah ve gece dalgalarına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının müsaitliğe göre öğlen ve gece dalgasına kaydırılması
- Akşam sularındaki Afrika kalkışlarının gece ve sabah dalgalarına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının yine gece veya öğlen dalgalarına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece devam etmesi veya öğlen dalgasına kaydırılması önerilmektedir.

Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.11'de verilmiştir.

Çizelge 6.9 Mevcut ve yeni tarifedeki uçuş planı - Transfer amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 10:20 | 16:30 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 15:20 | 02:50 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 09:30 | 03:00 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 15:30 | 22:50 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 02:50 | 16:40 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 22:50 | 03:20 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 03:00 | 13:40 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 02:50 | 16:20 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 10:10 | 10:30 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 17:20 | 02:40 |

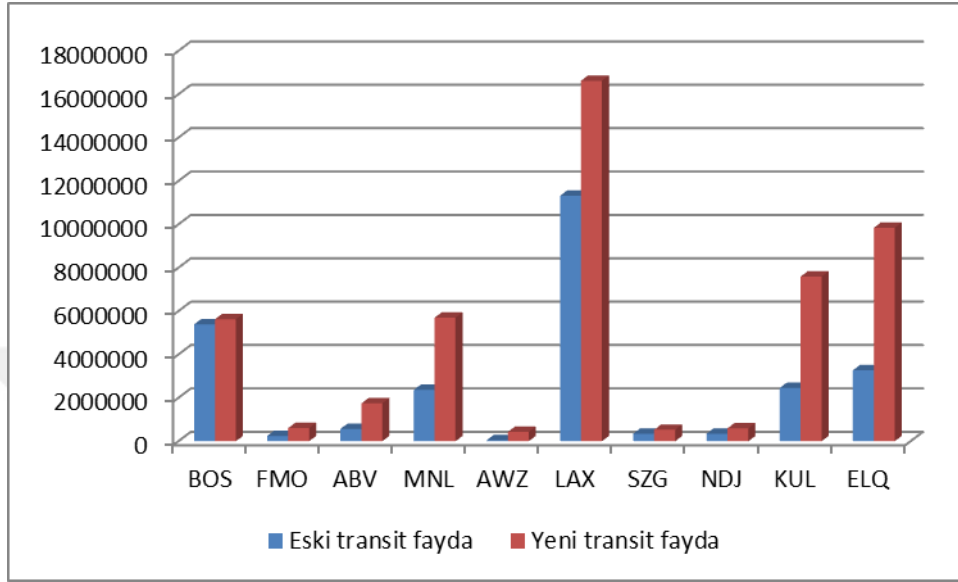
Çizelge 6.10 Mevcut ve yeni tarifede uçuşların dalga konumları - Transfer amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MAVCUT VARIŞ DALGA KONUMU | YENİ VARIŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Öğlen |
| 1377 | FMO | Öğlen | Öğlen | Akşam | Gece |
| 623 | ABV | Akşam | Sabah | Sabah | Gece |
| 84 | MNL | Gece | Öğlen | Sabah | Gece |
| 890 | AWZ | Gece | Gece | Sabah | Öğlen |
| 9 | LAX | Öğlen | Gece | Öğlen | Gece |
| 1381 | SZG | Sabah | Gece | Öğlen | Öğlen |
| 585 | NDJ | Öğlen | Gece | Sabah | Öğlen |
| 60 | KUL | Gece | Gece | Sabah | sabah |
| 120 | ELQ | Gece | Öğlen | Sabah | Gece |

Çizelge 6.11 10 hatlık network planlama sonuçları-transfer amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski TRANSARR | Yeni TRANSARR | Eski TRANSDEP | Yeni TRANSDEP | Eski fayda | Yeni fayda | LP | LP dual simpleks iterasyon | Değişken sayısı | Kısıt sayısı | MP simplex iterasyon | Çözüm süresi (sn) | Çözüm süresi (CPU sn) |
|---------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|-----------|----------------------------|-----------------|--------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 5388134 | 5625710 | 65844546 | 126609005 | | | | | | | | | |
| 1377 | FMO | 249014 | 606650 | 156508 | 247297 | | | | | | | | | |
| 623 | ABV | 572755 | 1746120 | 6048290 | 10491652 | | | | | | | | | |
| 84 | MNL | 2367205 | 5697476 | 29652473 | 50088457 | | | | | | | | | |
| 890 | AWZ | 56510 | 429292 | 12348 | 19662 | | | | | | | | | |
| 9 | LAX | 11320505 | 16624042 | 7402407 | 12395898 | 146264792 | 263867796 | 266048340 | 27532 | 2280960 | 26318 | 24157 | 25.714000000000013 | 4.8984314 |
| 1381 | SZG | 351886 | 531943 | 490370 | 1769812 | | | | | | | | | |
| 585 | NDJ | 345064 | 594465 | 646575 | 1000422 | | | | | | | | | |
| 60 | KUL | 2461498 | 7592397 | 8418342 | 10551719 | | | | | | | | | |
| 120 | ELQ | 3271200 | 9843550 | 1030641 | 1223706 | | | | | | | | | |

Sadece transfer yolcu faydasının arttırılmasının amaç edinildiği durumda, seferlerin mevcut tarifedeki yerinde kalması ve model sonucu çıkan konuma kaydırılması durumlarında elde edilebilecek fayda değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 6.9'da gösterilmektedir.

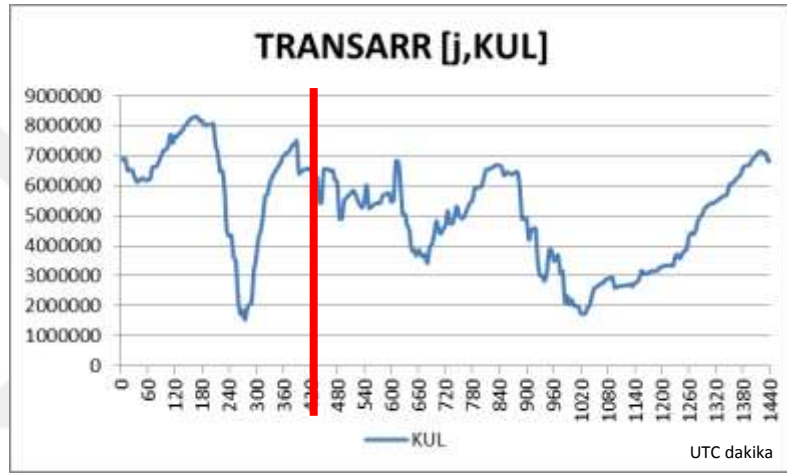


Şekil 6.9 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma

Kuala Lumpur hattı için transfer fayda grafikleri incelendiğinde, model tarafından UTC 430. dk. kalkış, 450. dk. varış çiftine atanan KUL hattının kalkışta transfer faydasının en yüksek olduğu noktanın 445 UTC dakika varış aralığı (Şekil 6.10), varışta ise 160 varış aralığı olduğu görülmektedir (Şekil 6.11). Ancak 430'da kalkan KUL seferi gidiş uçuş süresi, dönüş uçuş süresi ve hazırlık zamanı eklendiğinde İstanbul'a 350 UTC dakika varış zamanında varmaktadır. Dolayısıyla 350'den sonraki varış zamanları mümkün varış zamanları olarak değerlendirilmektedir. Ancak varış zamanları slot kapasitelerine bakıldığında 350 UTC'den 410 UTC'ye kadar müsait varış slotu bulunmadığı görülmektedir. Dolayısıyla KUL varışının atanabileceği slot 410 ve sonrası olabilmektedir. 410 UTC'den sonraki en yüksek transfer varış faydasını sağlayan ve maksimum yerde bekleme zamanı süresini aşmayan ilk varış slotu 450 UTC olarak görülmektedir. Model tarafından atanan 450 varış slotu bu grafikleri desteklemektedir.

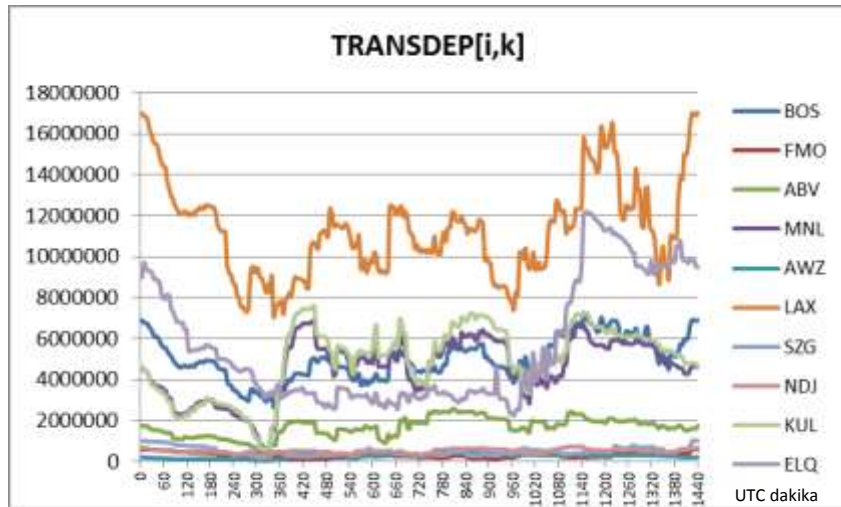


Şekil 6.10 Kuala Lumpur hattı kalkış zamanına bağlı transfer fayda dağılımı

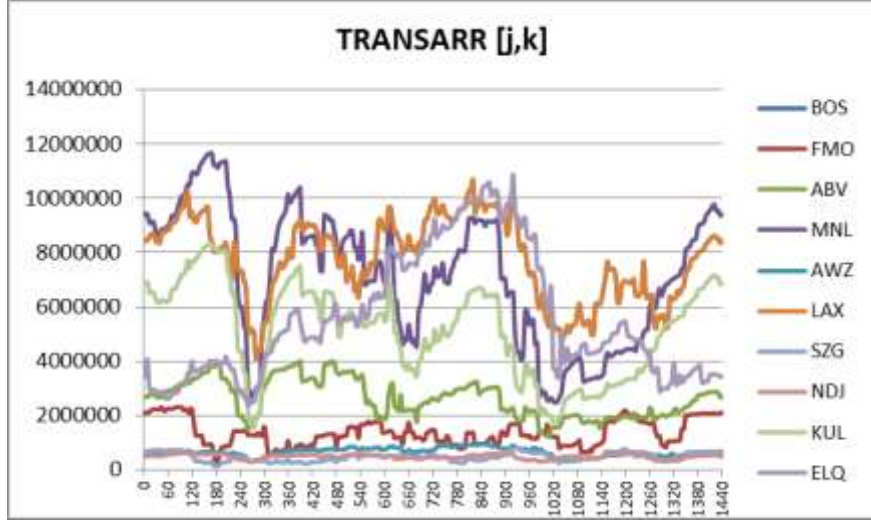


Şekil 6.11 Kuala Lumpur hattı varış zamanına bağlı transfer fayda dağılımı

Tüm hatların kalkış zamanına bağlı transfer fayda dağılımları (Şekil 6.12) ve varış zamanına bağlı transfer fayda dağılımlarına bakıldığında (Şekil 6.13) farklılık gösterdiği görülmektedir.



Şekil 6.12 Tüm hatların kalkış zamanına bağlı transfer fayda dağılımları



Şekil 6.13 Tüm hatların varış zamanına bağlı transfer fayda dağılımları

6.3.3 Slot Kısıtlı Ortamda Transfer Yolcunun ve Yolcu Tercihinin Birlikte Amaçlandığı Model

Tek başına yolcu tercihi faydasının amaçlanması ve tek başına transfer yolcu faydasının amaçlanması durumlarında birbirinden çok farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu da havayolu açısından, tüm amaçların eş zamanlı dikkate alınarak planlama yapılmasının önemini göstermektedir. Buna istinaden, yolcu tercihi ve transfer yolcu faydaları eş zamanlı amaç fonksiyonuna koyularak Denklem 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, (6.10), 6.11, 6.12, 6.13'ten oluşan model yeniden çalıştırılmış, çok amaçlı durum için model çözülürken, PC fayda değerlerini transfer fayda değerlerine yaklaştıran uyumluluk katsayısı, duyarlılığı görebilmek amacıyla 3 farklı seviyede değerlendirilmiştir: α_{max} , α_{ort} ve α_{min} . Denklem 6.10 kısıt sayısını çok fazla arttırdığından, öncelikle bu kısıt olmadan model çözülmüş, eğer çözüm bu denklemin kısıtlarına uymuyorsa sadece uymayan kısıt koyularak iteratif bir şekilde model tekrar çözülmüştür.

6.3.3.1 α_{max} için durum

α_{max} değeri, transfer yolcu bazlı fayda değerinin yolcu tercihi bazlı faydaya olan oranlarının ortalaması bulunarak hesaplanmıştır. Bu sayede, her iki fonksiyonun ortalamada benzer ağırlıkta olması hedeflenmiştir.

$$(\alpha_{\max_k} = \text{Ortalama}_{(i,j)}[(\text{TRANSDEP}_{ik} + \text{TRANSARR}_{jk}) / \text{PC}_{ijk}])$$

α_{\max} seviyesi için elde edilen sonuçlar Çizelge 6.12’de gösterilmiştir. Çizelge 6.13’te ise sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları karşılaştırmalı olarak Çizelge 6.14’te verilmiştir.

- $\alpha_{\text{ort}_k} = \alpha_{\max} * 0.05$
- $\alpha_{\text{min}_k} = \alpha_{\text{ort}} * 0.1$

Çizelge 6.12 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu bazlı faydanın birlikte amaçlandığı durum

| | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 130 | 410 | 10:25 | 13:25 | 02:10 | 06:50 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1220 | 490 | 08:45 | 16:15 | 20:20 | 08:10 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 1060 | 440 | 15:25 | 05:05 | 17:40 | 07:20 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1250 | 240 | 22:00 | 02:05 | 20:50 | 04:00 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1110 | 410 | 20:50 | 05:35 | 18:30 | 06:50 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 180 | 470 | 09:45 | 14:10 | 03:00 | 07:50 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 300 | 1070 | 06:30 | 12:20 | 05:00 | 17:50 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 0 | 810 | 14:05 | 04:35 | 00:00 | 13:30 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 160 | 80 | 22:15 | 02:25 | 02:40 | 01:20 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 280 | 1190 | 21:40 | 06:25 | 04:40 | 19:50 |

Mevcut slot kısıtları çerçevesinde yolcu tercihi ve transfer fayda değerinin eş zamanlı artırılması amaçlandığında:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin sabah dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabah dalgalarına kaydırılması
- Akşam saatlerindeki Afrika kalkışlarının yine akşam ve gece dalgasında konumlandırılması

➤ Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının yine gece veya sabah dalgasında konumlandırılması

➤ Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının akşam ve sabah dalgasında konumlandırılması önerilmektedir.

Bu değişikliklerle birlikte toplam fayda değerinde %56 oranında artış beklenmektedir. Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.15'te verilmiştir.

Çizelge 6.13 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum- lokal saatler

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:10 | 09:50 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:10 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 20:40 | 10:20 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 23:50 | 07:00 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 21:30 | 09:50 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 06:00 | 10:50 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 08:00 | 20:50 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 03:00 | 16:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 05:40 | 04:20 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 07:40 | 22:50 |

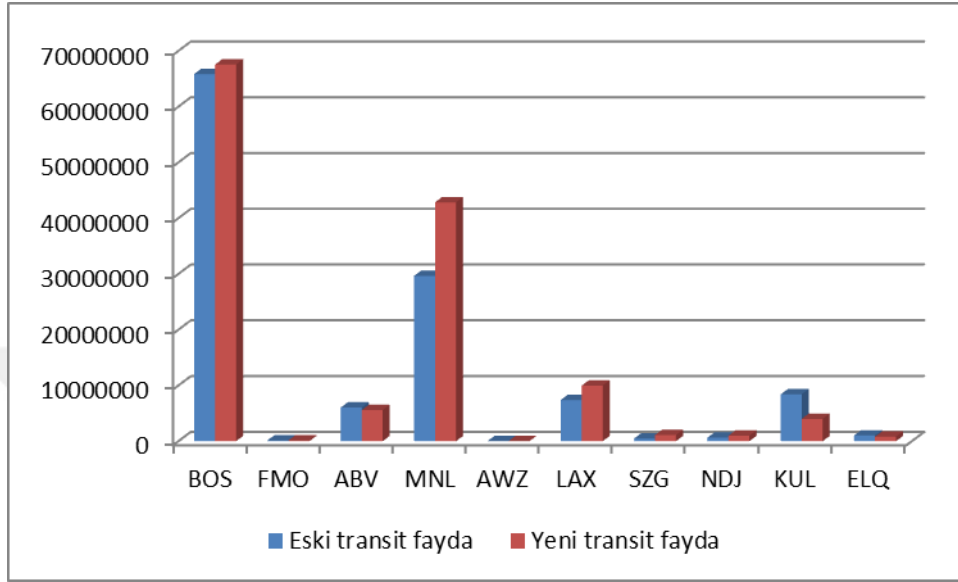
Çizelge 6.14 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum-mevcut ve yeni dalga konumları

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MEVCUT VARIŞ DALGA KONUMU | YENİ VARIŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Öğlen |
| 623 | ABV | Akşam | Akşam | Sabah | Sabah |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Akşam | Sabah | Sabah |
| 9 | LAX | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1381 | SZG | Sabah | Sabah | Öğlen | Akşam |
| 585 | NDJ | Öğlen | Gece | Sabah | Öğlen |
| 60 | KUL | Gece | Sabah | Sabah | Sabaha karşı |
| 120 | ELQ | Gece | Sabah | Sabah | Gece |

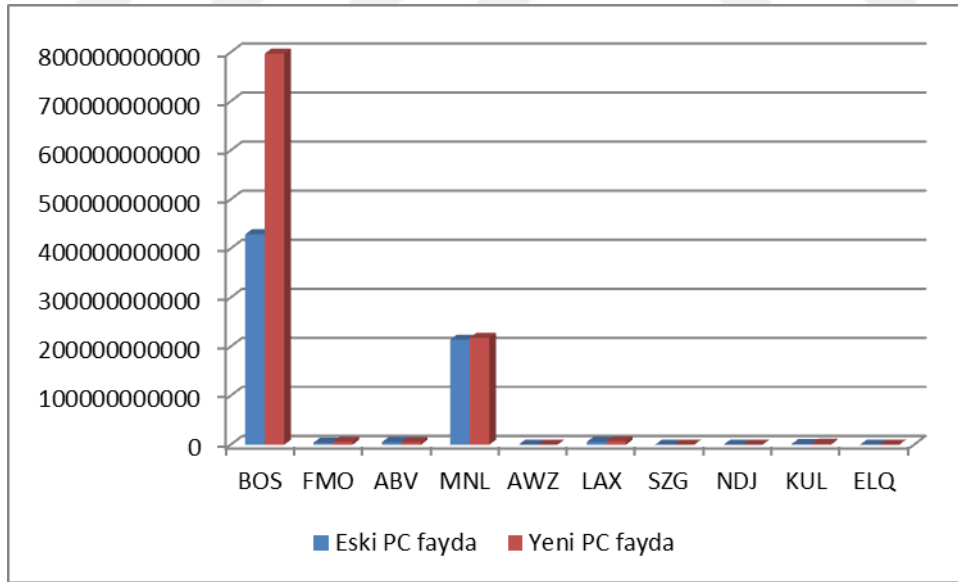
Çizelge 6.15 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum model performansı-amax

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski | Yeni | Eski | Yeni | Eski PC | Yeni PC | |
|-------------------------|---------|----------|------------|----------|----------|-------------|-------------|---------------|
| | | TRANSARR | TRANNSAR R | | | | | TRANSDEP |
| 81 | BOS | 5388134 | 4290990 | 65844546 | 67540605 | 4.28907E+11 | 7.97342E+11 | |
| 1377 | FMO | 249014 | 174171 | 156508 | 144008 | 4297823301 | 5909665098 | |
| 623 | ABV | 572755 | 1921566 | 6048290 | 5593278 | 5221020585 | 5607200565 | |
| 84 | MNL | 2367205 | 2278359 | 29652473 | 42848469 | 2.14252E+11 | 2.17684E+11 | |
| 890 | AWZ | 56510 | 318746 | 12348 | 8510 | 168099976 | 173881840 | |
| 9 | LAX | 11320505 | 11154923 | 7402407 | 9979127 | 6064987320 | 6988416204 | |
| 1381 | SZG | 351886 | 559416 | 490370 | 1108730 | 118051262 | 126495782 | |
| 585 | NDJ | 345064 | 644811 | 646575 | 990380 | 2179224 | 2171448 | |
| 60 | KUL | 2461498 | 2911032 | 8418342 | 4008550 | 1746483136 | 1838613513 | |
| 120 | ELQ | 3271200 | 11603950 | 1030641 | 810115 | 234497578 | 256145591 | |
| Eski fayda | | | | | | | | 661158539600 |
| Yeni fayda | | | | | | | | 1036097354000 |
| LP | | | | | | | | 1036532058000 |
| Dual simpleks iterasyon | | | | | | | | 31252 |
| Değişken sayısı | | | | | | | | 2280960 |
| Kısıt sayısı | | | | | | | | 26318 |
| MIP simpleks Iterasyon | | | | | | | | 27964 |
| Çözüm süresi (sn) | | | | | | | | 28.347 |
| Çözüm süresi (CPU sn) | | | | | | | | 3.6 |

İki amacın birlikte ele alınmasıyla elde edilen yeni transfer fayda değerleri ve seferlerin mevcut tarifedeki yerlerinde kalması durumunda elde edilecek olan transfer fayda değerleri Şekil 6.14'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırmalı PC fayda değerleri ise Şekil 6.17'de gösterilmiştir.



Şekil 6.14 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma



Şekil 6.15 Mevcut ve yeni PC fayda değerleri karşılaştırma

6.3.3.2 α ort için durum

Modelin α katsayısına duyarlılığını ölçmek için kullanılan ikinci α parametresi $\alpha_k = \alpha_{ort_k} = \alpha_{max_k} * 0.05$ olarak belirlenmiştir. α ort seviyesi için elde edilen sonuçlar Çizelge 6.16'da gösterilmiştir. Çizelge 6.17'de ise sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları Çizelge 6.18'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.19'da verilmiştir.

Çizelge 6.16 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α ort

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 130 | 410 | 10:25 | 13:25 | 02:10 | 06:50 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1220 | 490 | 08:45 | 16:15 | 20:20 | 08:10 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 1060 | 440 | 15:25 | 05:05 | 17:40 | 07:20 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1250 | 240 | 22:00 | 02:05 | 20:50 | 04:00 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1190 | 450 | 20:50 | 05:35 | 19:50 | 07:30 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 180 | 470 | 09:45 | 14:10 | 03:00 | 07:50 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 0 | 820 | 06:30 | 12:20 | 00:00 | 13:40 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 0 | 810 | 14:05 | 04:35 | 00:00 | 13:30 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 1290 | 0 | 22:15 | 02:25 | 21:30 | 00:00 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 400 | 1190 | 21:40 | 06:25 | 06:40 | 19:50 |

Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer fayda değerinin artırılması amaçlandığında α ort seviyesi için :

➤AWZ, SZG, KUL ve ELQ hatlarında 30 dakikadan fazla değişiklik olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.17 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- aort – lokal saatler

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:10 | 09:50 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:10 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 20:40 | 10:20 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 23:50 | 07:00 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 22:50 | 10:30 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 06:00 | 10:50 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 03:00 | 16:40 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 03:00 | 16:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 00:30 | 03:00 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 09:40 | 22:50 |

Çizelge 6.18 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- aort – mevcut ve yeni dalgadaki konumu

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MEVCUT VARIŞ DALGA KONUMU | YENİ VARIŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Öğlen |
| 623 | ABV | Akşam | Akşam | Sabah | Sabah |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 9 | LAX | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1381 | SZG | Sabah | Gece | Öğlen | Öğlen |
| 585 | NDJ | Öğlen | Gece | Sabah | Öğlen |
| 60 | KUL | Gece | Gece | Sabah | Gece |
| 120 | ELQ | Gece | Sabah | Sabah | Gece |

Çizelge 6.19 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- aort – model performansı

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski TRANSARR | Yeni TRANMSAR R | Eski TRANSDEP | Yeni TRANSDEP | Eski PC | Yeni PC |
|-------------|---------|-------------------------|-----------------|-------------------|---------------|-----------------------|-------------|
| 81 | BOS | 5388134 | 4290990 | 65844546 | 67540605 | 14650355727 | 27235156901 |
| 1377 | FMO | 249014 | 174171 | 156508 | 144008 | 174088503 | 239378094 |
| 623 | ABV | 572755 | 1921566 | 6048290 | 5593278 | 243086448 | 261066672 |
| 84 | MNL | 2367205 | 2278359 | 29652473 | 42848469 | 8595432169 | 8733093140 |
| 890 | AWZ | 56510 | 347957 | 12348 | 7150 | 7277807 | 7505080 |
| 9 | LAX | 11320505 | 11154923 | 7402407 | 9979127 | 241259580 | 277992726 |
| 1381 | SZG | 351886 | 475589 | 490370 | 1769812 | 5405084 | 5446970 |
| 585 | NDJ | 345064 | 644811 | 646575 | 990380 | 76228 | 75956 |
| 60 | KUL | 2461498 | 4664033 | 8418342 | 8909536 | 72792960 | 73572300 |
| 120 | ELQ | 3271200 | 11603950 | 1030641 | 1129729 | 10384430 | 11260790 |
| 24146423730 | | | | | | | |
| 37021195590 | | | | | | | |
| 37037672650 | | | | | | | |
| 28525 | | | | | | | |
| 2280960 | | | | | | | |
| 26318 | | | | | | | |
| 24236 | | | | | | | |
| 55.49 | | | | | | | |
| 6.48 | | | | | | | |
| | | Dual simpleks iterasyon | | Değişken sayısı | | Kısıt sayısı | |
| | | MIP simpleks Iterasyon | | Çözüm süresi (sn) | | Çözüm süresi (CPU sn) | |

6.3.3.3 amin için durum

Modelin α katsayısına duyarlılığını ölçmek için kullanılan üçüncü α parametresi $\alpha_k = \alpha_{\min} = \alpha_{\text{ort}_k} * 0.1$ olarak belirlenmiştir. α minimum seviyesi için elde edilen sonuçlar Çizelge 6.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.21'de ise sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları Çizelge 6.22'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.23'te verilmiştir.

Çizelge 6.20 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- amin

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 130 | 410 | 10:25 | 13:25 | 02:10 | 06:50 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1220 | 490 | 08:45 | 16:15 | 20:20 | 08:10 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 180 | 0 | 15:25 | 05:05 | 03:00 | 00:00 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1220 | 240 | 22:00 | 02:05 | 20:20 | 04:00 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1350 | 790 | 20:50 | 05:35 | 22:30 | 13:10 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 1190 | 20 | 09:45 | 14:10 | 19:50 | 00:20 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 0 | 640 | 06:30 | 12:20 | 00:00 | 10:40 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 1430 | 810 | 14:05 | 04:35 | 23:50 | 13:30 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 440 | 450 | 22:15 | 02:25 | 07:20 | 07:30 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 530 | 1190 | 21:40 | 06:25 | 08:50 | 19:50 |

Model αmin ile çalıştırıldığında çözüm aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabaha karşı dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının yine gece ve sabah erken dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının gece ve sabah dalgalarına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece veya öğlen dalgasında tutulması önerilmektedir.

Bu değişikliklerle birlikte toplam fayda değerinde %52 oranında artış beklenmektedir.

Çizelge 6.21 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu sayısının birlikte amaçlandığı durum - αmin - lokal saatler

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:10 | 09:50 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:10 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 06:00 | 03:00 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 23:20 | 07:00 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 01:30 | 16:10 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 22:50 | 03:20 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 03:00 | 13:40 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 02:50 | 16:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 10:20 | 10:30 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 11:50 | 22:50 |

Çizelge 6.22 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- α min-mevcut ve yeni dalga konumu

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MEVCUT VARİŞ DALGA KONUMU | YENİ VARİŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Öğlen |
| 623 | ABV | Akşam | Sabah | Sabah | Gece |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Gece | Sabah | Öğlen |
| 9 | LAX | Öğlen | Gece | Öğlen | Gece |
| 1381 | SZG | Sabah | Gece | Öğlen | Öğlen |
| 585 | NDJ | Öğlen | Gece | Sabah | Öğlen |
| 60 | KUL | Gece | Sabah | Sabah | Sabah |
| 120 | ELQ | Gece | Sabah | Sabah | Gece |

6.3.3.4 Slot Kısıtlı Ortamda Duyarlılık Analizi

İki amacın birlikte ele alındığı durumda model, transfer yolcu bazlı ve yolcu tercihi bazlı fayda arasındaki ağırlığı belirleyen farklı α seviyeleri için çalıştırılmıştır. Bunun sonucunda ilk aşamada (α_{max}) öncelikle AWZ, SZG, KUL, ELQ hatlarında değişiklik olduğu görülmüştür. İkinci aşamada (α_{ort}) bir önceki seviyeye göre ABV, AWZ, LAX, KUL, ELQ hatlarının saatlerinde 30 dakika ve üstü değişiklik görülmüştür. Üçüncü seviyedeki alpha parametresine (α_{min}) bağlı sonuçlar göz önüne alındığında, BOS, FMO, NDJ, MNL hatlarının ilgili parametreye olan duyarlılığının çok düşük, ABV, LAX ve SZG hatlarının biraz duyarlı, diğer hatların ise (AWZ, KUL, ELQ) yüksek seviyede duyarlı olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.23 Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum- amin –model performansı

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski TRANSARR | Yeni TRANMSARR | Eski TRANSDEP | Yeni TRANSDEP | Eski PC | Yeni PC | Eski fayda | Yeni fayda | LP | Dual simpleks iterasyon | Değişken sayısı | Kısıt sayısı | MIP simpleks iterasyon | Çözüm süresi (sn) | Çözüm süresi (CPU sn) |
|---------|---------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|----------------------------|-----------------|--------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|
| 81 | BOS | 5388134 | 4290990 | 65844546 | 67540605 | 1465354359 | 2724108317 | | | | | | | | | |
| 1377 | FMO | 249014 | 174171 | 156508 | 144008 | 17415988 | 23947624 | | | | | | | | | |
| 623 | ABV | 572755 | 1746120 | 6048290 | 9924134 | 24363394 | 25130930 | | | | | | | | | |
| 84 | MNL | 2367205 | 2278359 | 29652473 | 46780669 | 859680327 | 870742488 | | | | | | | | | |
| 890 | AWZ | 56510 | 406974 | 12348 | 19527 | 726202 | 703708 | | | | | | | | | |
| 9 | LAX | 11320505 | 16624042 | 7402407 | 12395898 | 24088320 | 23508096 | 2546770902. | 3873493854 | 3875297024 | 27123 | 2280960 | 26318 | 24736 | 31.958 | 5.2 |
| 1381 | SZG | 351886 | 531943 | 490370 | 1769812 | 543528 | 537516 | | | | | | | | | |
| 585 | NDJ | 345064 | 644811 | 646575 | 1000422 | 6726 | | | | | | | | | | |
| 60 | KUL | 2461498 | 7592397 | 8418342 | 10563355 | 7279296 | 6326697 | | | | | | | | | |
| 120 | ELQ | 3271200 | 11603950 | 1030641 | 1157475 | 1047970 | 1120295 | | | | | | | | | |

6.3.4 Slot Kısıtsız Ortamda Yolcu Tercihinin Amaç Olduğu Model

Problemin en önemli kısıtlarından olan slot kısıtına karşı modelin esnekliğini test edebilmek ve gelecekte slot kısıtsız yeni havalimanına geçildiğindeki durumu gösterebilmek amacıyla, slot kısıtı çıkarılmış ve model bir de bu şekliyle çözülmüştür. Model, 6.1a, 6.6, 6.7, 6.12 kullanılarak oluşturulmuştur.

6.3.4.1 10 Hattın Yeniden Planlanması

Slot kısıtsız ortamda Amerika, Avrupa, Afrika, Uzakdoğu, Ortadoğu bölgelerinden temsili alınan ikişer hattan oluşan toplam 10 hattın, sadece yolcu tercihi/memnuniyetinin artırılması amaçlanarak yeniden planlanması durumunda elde edilen sonuçlar Çizelge 6.24'te yer almaktadır. Çizelge 6.25'te ise hat bazında PC fayda değeri artış oranları gösterilmiştir. Çizelge 6.26'da sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgaadaki konumları Çizelge 6.27'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 6.24 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu–PC amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 120 | 330 | 10:25 | 13:25 | 02:00 | 05:30 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1200 | 480 | 08:45 | 16:15 | 20:00 | 08:00 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 1050 | 440 | 15:25 | 05:05 | 17:30 | 07:20 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1280 | 290 | 22:00 | 02:05 | 21:20 | 04:50 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1160 | 390 | 20:50 | 05:35 | 19:20 | 06:30 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 190 | 460 | 09:45 | 14:10 | 03:10 | 07:40 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 380 | 1200 | 06:30 | 12:20 | 06:20 | 20:00 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 260 | 1380 | 14:05 | 04:35 | 04:20 | 23:00 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 160 | 80 | 22:15 | 02:25 | 02:40 | 01:20 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 290 | 1280 | 21:40 | 06:25 | 04:50 | 21:20 |

Yeni havalimanındaki slot kısıtının ortadan kalktığı şartlarda yolcu tercihi fayda değerinin artırılması amaçlanarak modelin çalıştırılması sonucunda:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabah dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının akşam ve sabah dalgalarında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının gece ve sabah dalgalarında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece devam etmesi veya sabah dalgasına kaydırılması önerilmektedir.

Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.28’de verilmiştir. Bu değişikliklerle birlikte toplam fayda değerinde %35 oranında artış beklenmektedir. Ancak çalışılan networkü oluşturan her bir hattın PC fayda değerlerindeki artış detaylı olarak incelendiğinde (Çizelge6.25), slot kısıtının ortadan kalkması halinde de, slot kısıtlı modelin çözümünde olduğu gibi bölgesel bazda değişikliğin anlamlı olacağı tek bölge Amerika olarak görülmektedir.

Çizelge6.25 Hat bazında PC fayda değeri artış oranları

| Hat adı | PC fayda değeri artış oranı |
|---------|-----------------------------|
| BOS | 87% |
| FMO | 38% |
| ABV | 7% |
| MNL | 2% |
| AWZ | 4% |
| LAX | 15% |
| SZG | 9% |
| NDJ | 8% |
| KUL | 5% |
| ELQ | 10% |

Çizelge 6.26 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu lokal saatler – PC amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:00 | 08:30 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:00 | 11:00 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 20:30 | 10:20 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 00:20 | 07:50 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 22:20 | 09:30 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 06:10 | 10:40 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 09:20 | 23:00 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 07:20 | 02:00 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 05:40 | 04:20 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 07:50 | 00:20 |

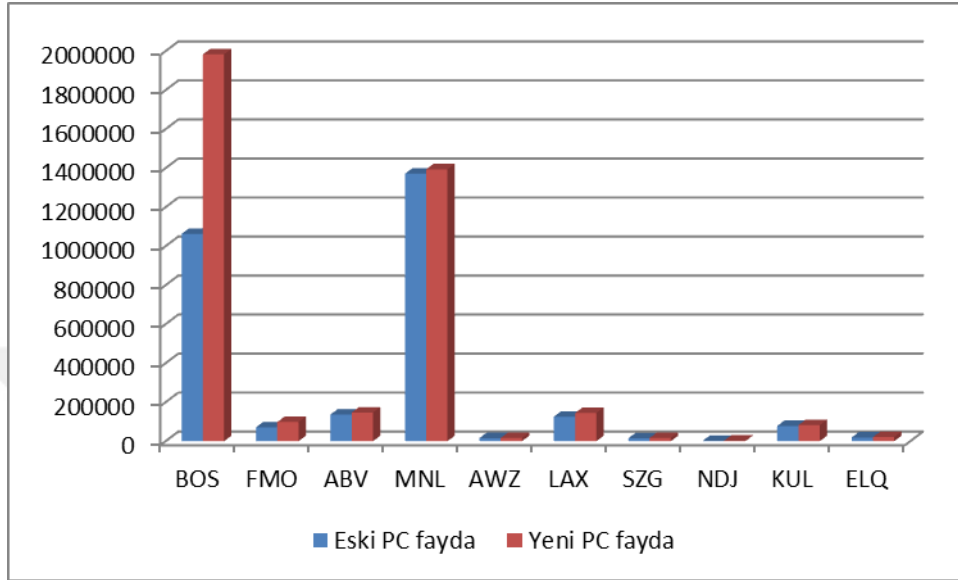
Çizelge 6.27 Yeni planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu – PC amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MAVCUT VARIŞ DALGA KONUMU | YENİ VARIŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Sabah |
| 623 | ABV | Akşam | Akşam | Sabah | Sabah |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 9 | LAX | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1381 | SZG | Sabah | Sabah | Öğlen | Gece |
| 585 | NDJ | Akşam | Sabah | Sabah | Gece |
| 60 | KUL | Gece | Sabah | Sabah | Sabaha karşı |
| 120 | ELQ | Gece | Sabah | Sabah | Gece |

Çizelge 6.28 Slot kısıtsız ortamda sadece PC amaçlandığı durum model performansı

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski PC | Yeni PC | Eski fayda | Yeni fayda | LP | LP dual simpleks iterasyon | Değişken sayısı | Kısıt sayısı | MIP simplex iterasyon | Çözüm süresi (sn) | Çözüm süresi (CPU sn) |
|---------|---------|---------|---------|------------|------------|------------|----------------------------------|--------------------|--------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 81 | BOS | 1062621 | 1982944 | | | | | | | | | |
| 1377 | FMO | 71377 | 98146 | | | | | | | | | |
| 623 | ABV | 136873 | 146997 | | | | | | | | | |
| 84 | MNL | 1371101 | 1393881 | | | | | | | | | |
| 890 | AWZ | 15787 | 16403 | | | | | | | | | |
| | | | | 2897885 | 3905027 | 3915228.49 | 115076 | 2280960 | 26318 | 113006 | 2234.8 | 636.65 |
| 9 | LAX | 125460 | 144562 | | | | | | | | | |
| 1381 | SZG | 15098 | 16389 | | | | | | | | | |
| 585 | NDJ | 2242 | 2419 | | | | | | | | | |
| 60 | KUL | 78272 | 82401 | | | | | | | | | |
| 120 | ELQ | 19054 | 20885 | | | | | | | | | |

Slot kısıtsız ortamda, sadece PC faydasının artırılmasının amaç edinildiği durumda, seferlerin mevcut tarifedeki yerinde kalması ve model sonucu çıkan konuma kaydırılması durumlarında elde edilebilecek fayda değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 6.16'da gösterilmiştir.



Şekil 6.16 Mevcut ve yeni PC fayda değerleri karşılaştırma

Buna göre PC fayda değerinde en yüksek artışın sırasıyla Amerika ve Uzakdoğu bölgelerinde olduğu görülmektedir.

6.3.5 Slot Kısıtsız Ortamda Transfer Yolcu Sayısının Amaç Olduğu Model

Transfer yolcunun slot kısıtına karşı esnekliğini test edebilmek amacıyla, slot kısıtı çıkarılmış model sadece transfer yolcu faydası ile çözülmüştür. Model, Denklem 6.2a, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, (6.10), 6.11, 6.12, 6.13 kullanılarak oluşturulmuştur. Denklem 6.10 kısıt sayısını çok fazla arttırdığından, öncelikle bu kısıt olmadan model çözülmüş, eğer çözüm bu denklemin kısıtlarına uymuyorsa sadece uymayan kısıt koyularak iteratif bir şekilde model tekrar çözülmüştür.

6.3.5.1 10 Hattın Yeniden Planlanması

Amerika, Avrupa, Afrika, Uzakdoğu, Ortadoğu bölgelerinden temsili alınan ikişer hattan oluşan toplam 10 hattın, sadece transfer yolcu faydası artırılması amaçlanarak yeniden

planlanması durumunda elde edilen sonuçlar Çizelge 6.29'da yer almaktadır. Çizelge 6.30'da ise sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir.

Çizelge 6.29 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu–transfer yolcu amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 450 | 810 | 10:25 | 13:25 | 07:30 | 13:30 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 740 | 1430 | 08:45 | 16:15 | 12:20 | 23:50 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 390 | 1210 | 15:25 | 05:05 | 06:30 | 20:10 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 760 | 1130 | 22:00 | 02:05 | 12:40 | 18:50 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1430 | 830 | 20:50 | 05:35 | 23:50 | 13:50 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 1190 | 20 | 09:45 | 14:10 | 19:50 | 00:20 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 0 | 590 | 06:30 | 12:20 | 00:00 | 09:50 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 1430 | 1110 | 14:05 | 04:35 | 23:50 | 18:30 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 450 | 450 | 22:15 | 02:25 | 07:30 | 07:30 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 610 | 1150 | 21:40 | 06:25 | 10:10 | 19:10 |

Yeni havalimanındaki slot kısıtının ortadan kalktığı şartlarda transfer yolcu fayda değerinin artırılması amaçlanarak modelin çalıştırılması sonucunda:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah geç veya gece dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının öğlen veya gece dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının sabah veya gece dalgasına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının öğlen veya sabah dalgalarına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece ve öğlen dalgalarında konumlandırılması önerilmektedir.

Bu değişikliklerle birlikte toplam fayda değerinde %85 oranında artış beklenmektedir.

Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.31’de verilmiştir.

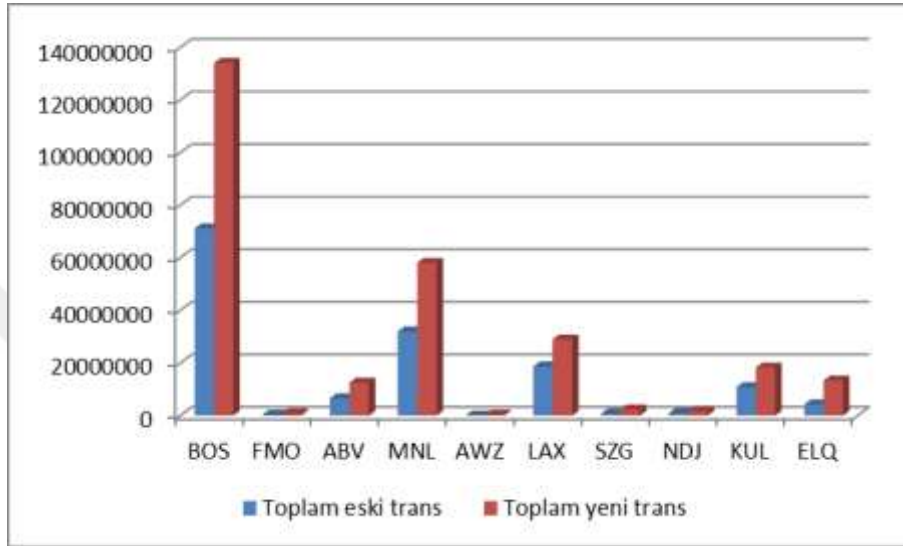
Çizelge 6.30 Slot kısıtsız ortamda 10 hattın tek amaçla yeniden planlanması durumu lokal saatler – transfer yolcu amaç

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARİŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARİŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 10:30 | 16:30 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 15:20 | 02:50 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 09:30 | 23:10 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 15:40 | 21:50 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 02:50 | 16:50 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 22:50 | 03:20 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 03:00 | 12:50 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 02:50 | 21:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 10:30 | 10:30 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 13:10 | 22:10 |

Çizelge 6.31 Slot kısıtsız ortamda sadece transfer yolunun amaçlandığı durum model performansı

| 120 | 60 | 585 | 1381 | 9 | 890 | 84 | 623 | 1377 | 81 | UÇUŞ NO |
|----------------------------|----------|---------|---------|----------|--------|----------|----------|--------|-----------|---------------|
| ELQ | KUL | NDJ | SZG | LAX | AWZ | MNL | ABV | FMO | BOS | HAT ADI |
| 3271200 | 2461498 | 345064 | 351886 | 11320505 | 56510 | 2367205 | 55775 | 470647 | 4ET88E5 | Eski TRANSARR |
| 12176514 | 7592397 | 731061 | 645570 | 16624042 | 439942 | 6591431 | 2104769 | 606650 | 5625710 | Yeni TRANSARR |
| 1030641 | 8418342 | 646575 | 490370 | 7402407 | 12348 | 29652473 | 6048290 | 156508 | 65844546 | Eski TRANSDEP |
| 1199295 | 10751342 | 1000422 | 1769812 | 12395898 | 19662 | 51540285 | 10491652 | 247297 | 128543937 | Yeni TRANSDEP |
| Eski fayda | | | | | | | | | | |
| 146264792.2. | | | | | | | | | | |
| Yeni fayda | | | | | | | | | | |
| 271276209.2 | | | | | | | | | | |
| LP | | | | | | | | | | |
| LP dual simpleks iterasyon | | | | | | | | | | |
| 72443 | | | | | | | | | | |
| Değişken sayısı | | | | | | | | | | |
| 2280960 | | | | | | | | | | |
| Kısıt sayısı | | | | | | | | | | |
| 26318 | | | | | | | | | | |
| MIP simpleks iterasyon | | | | | | | | | | |
| 63391 | | | | | | | | | | |
| Çözüm süresi (sn) | | | | | | | | | | |
| 765.073 | | | | | | | | | | |
| _total_solve_system_time; | | | | | | | | | | |
| 40.6538606 | | | | | | | | | | |

Slot kısıtsız ortamda sadece transfer yolcunun amaç edinilmesi durumunda, seferlerin mevcut yerlerinde kalması veya modelin çalıştırılması sonucu önerilen yere kaydırılması durumlarının karşılaştırmalı grafiği Şekil 6.17’de yer almaktadır. Buna göre yeni planlama sonucunda özellikle Amerika ve Uzakdoğu bölgelerinin fayda değerlerinde önemli artış görülmektedir.



Şekil 6.17 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma

6.3.6 Slot Kısıtsız Ortamda Transfer Yolcu ve Yolcu Tercihinin Birlikte Amaçlandığı Model

Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu faydaları eş zamanlı amaç fonksiyonuna koyularak (Denklem 6.3, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, (6.10), 6.11, 6.12, 6.13) slot kısıtlı ortamda olduğu gibi model yeniden çalıştırılmış, çok amaçlı durum için model çözülürken, PC fayda değerlerini transfer fayda değerlerine yaklaştıran uyumluluk katsayısı, duyarlılığı görebilmek amacıyla 3 farklı seviyede değerlendirilmiştir: α_{max} , α_{ort} ve α_{min} . Benzer diğer modellerde olduğu gibi, Denklem 6.10 kısıt sayısını çok fazla arttırdığından, öncelikle bu kısıt olmadan model çözülmüş, eğer çözüm bu denklemin kısıtlarına uymuyorsa sadece uymayan kısıt koyularak iteratif bir şekilde model tekrar çözülmüştür.

α_{max} için durum

Yolcu tercihi ve transfer yolcu faydaları eş zamanlı amaç fonksiyonuna koyularak model yeniden çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6.32’de gösterilmiştir. Çizelge 6.33’te ise

sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları izelge6.34'te karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 6.32 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum
amax

| | HAT ADI | MEVCUT KALKIş UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIş UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIş UTC (DAKİKA) | YENİ VARIş UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIş UTC (SAAT) | MEVCUT VARIş UTC (SAAT) | YENİ KALKIş UTC (SAAT) | YENİ VARIş UTC (SAAT) |
|------|---------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 130 | 410 | 10:25 | 13:25 | 02:10 | 06:50 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1220 | 490 | 08:45 | 16:15 | 20:20 | 08:10 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 1060 | 440 | 15:25 | 05:05 | 17:40 | 07:20 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1260 | 270 | 22:00 | 02:05 | 21:00 | 04:30 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1140 | 410 | 20:50 | 05:35 | 19:00 | 06:50 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 180 | 470 | 09:45 | 14:10 | 03:00 | 07:50 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 320 | 1140 | 06:30 | 12:20 | 05:20 | 19:00 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 0 | 1110 | 14:05 | 04:35 | 00:00 | 18:30 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 160 | 80 | 22:15 | 02:25 | 02:40 | 01:20 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 280 | 1170 | 21:40 | 06:25 | 04:40 | 19:30 |

Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer fayda değerinin artırılması amaçlandığında:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabaha karşı dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının yine akşam ve gece dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının gece ve sabah dalgalarında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının yine gece veya sabah dalgasında tutulması önerilmektedir.

Bu değişikliklerle birlikte toplam fayda değerinde %57 oranında artış beklenmektedir. (Slot kısıtlı ortamda artış %56 idi). Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri izelge 6.35'te verilmiştir.

Çizelge 6.33 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum
amax lokal saatler

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:10 | 09:50 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:10 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 20:40 | 10:20 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 00:00 | 07:30 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 22:00 | 09:50 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 06:00 | 10:50 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 08:20 | 22:00 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 03:00 | 21:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 05:40 | 04:20 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 07:40 | 22:30 |

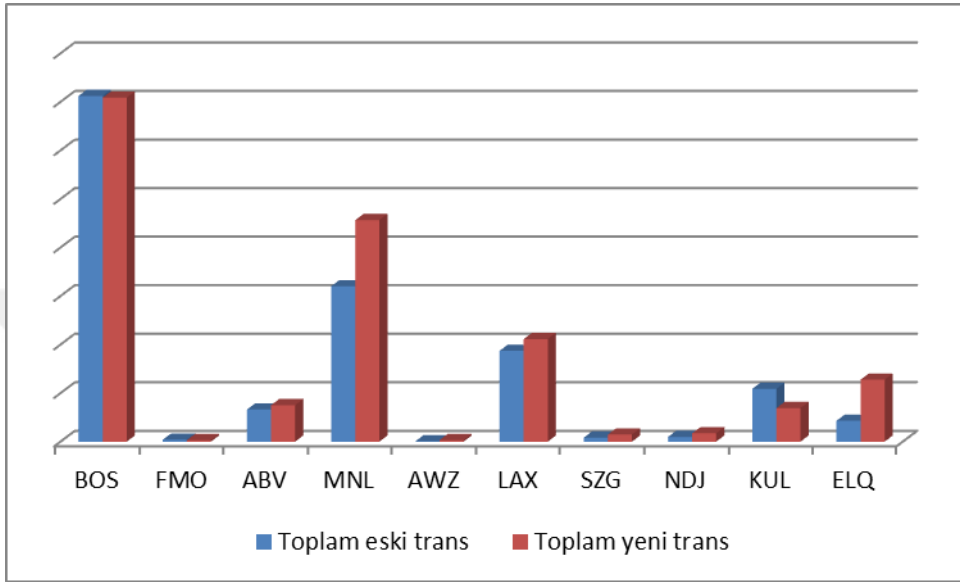
Çizelge6.34 Slot kısıtsız ortamda çok amaçla planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre
dalgaadaki konumu - amax

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUSU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUSU | MEVCUT VARIŞ DALGA KONUSU | YENİ VARIŞ DALGA KONUSU |
|---------|---------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Öğlen |
| 623 | ABV | Akşam | Akşam | Sabah | Sabah |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 9 | LAX | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1381 | SZG | Sabah | Sabah | Öğlen | Gece |
| 585 | NDJ | Öğlen | Gece | Sabah | Akşam |
| 60 | KUL | Gece | Sabah | Sabah | Sabaha karşı |
| 120 | ELQ | Gece | Sabah | Sabah | Gece |

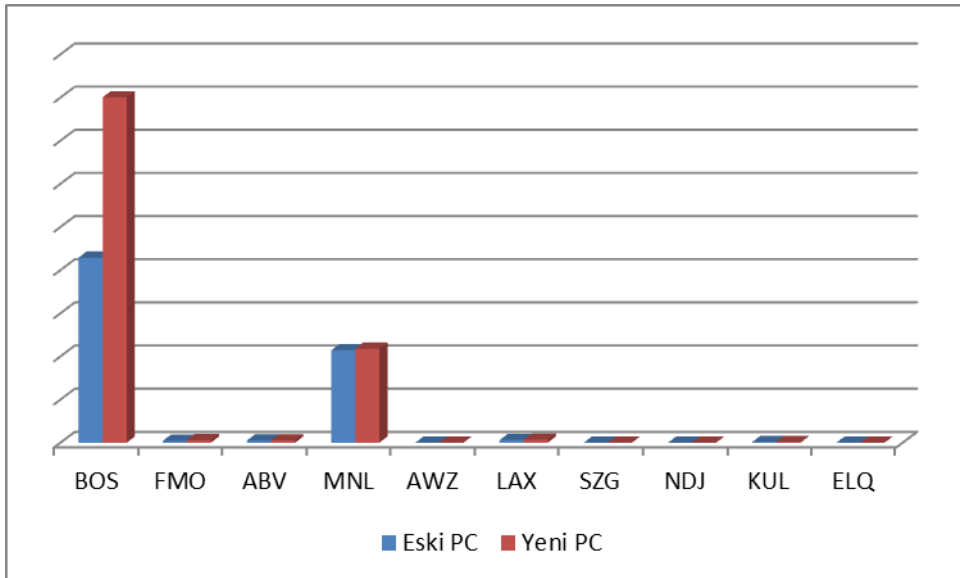
Çizelge 6.35 Slot kısıtsız PC ve transfer yolcu amaçlı sonuçlar - αmax

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski TRANSARR | Yeni TRANSARR | Eski TRANSDEP | Yeni TRANSDEP | Eski PC | Yeni PC | |
|---------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|---------------|
| 81 | BOS | 5388134 | 3312397 | 65844546 | 67540605 | 4.28907E+11 | 8.00378E+11 | |
| 1377 | FMO | 249014 | 174171 | 156508 | 144008 | 4297823301 | 5909665098 | |
| 623 | ABV | 572755 | 1921566 | 6048290 | 5593278 | 5221020585 | 5607200565 | |
| 84 | MNL | 2367205 | 2032405 | 29652473 | 43612882 | 2.14252E+11 | 2.17812E+11 | |
| 890 | AWZ | 56510 | 318746 | 12348 | 8038 | 168099976 | 174659144 | |
| 9 | LAX | 11320505 | 11154923 | 7402407 | 9979127 | 6064987320 | 6988416204 | |
| 1381 | SZG | 351886 | 405507 | 490370 | 1082471 | 118051262 | 128028306 | |
| 585 | NDJ | 345064 | 731061 | 646575 | 990380 | 2179224 | 2296836 | |
| 60 | KUL | 2461498 | 2911032 | 8418342 | 4008550 | 1746483136 | 1838613513 | |
| 120 | ELQ | 3271200 | 11957437 | 1030641 | 810115 | 234497578 | 256145591 | |
| Eski fayda | | | | | | | | 661158539600 |
| Yeni fayda | | | | | | | | 1039263589000 |
| LP | | | | | | | | 1039718851000 |
| Dual simpleks iterasyon | | | | | | | | 79721 |
| Değişken sayısı | | | | | | | | 2280960 |
| Kısıt sayısı | | | | | | | | 26318 |
| MIP simpleks Iterasyon | | | | | | | | 67787 |
| Çözüm süresi (sn) | | | | | | | | 487.634 |
| _total_solve_system_time; | | | | | | | | 30.2173937 |

İki amacın birlikte ele alınmasıyla elde edilen yeni transfer fayda değerleri ve seferlerin mevcut tarifedeki yerlerinde kalması durumunda elde edilecek olan transfer fayda değerleri Şekil 6.18’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırmalı PC fayda değerleri ise Şekil 6.19’da gösterilmiştir.



Şekil 6.18 Mevcut ve yeni transfer fayda değerleri karşılaştırma



Şekil 6.19 Mevcut ve yeni PC fayda değerleri karşılaştırma

6.3.6.1 amin için durum

amin seviyesi için elde edilen sonuçlar Çizelge 6.36’da gösterilmiştir. Çizelge 6.37’de ise sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları Çizelge6.38’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 6.36 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum
amin

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 170 | 380 | 10:25 | 13:25 | 02:50 | 06:20 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1220 | 490 | 08:45 | 16:15 | 20:20 | 08:10 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 180 | 0 | 15:25 | 05:05 | 03:00 | 00:00 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1230 | 240 | 22:00 | 02:05 | 20:30 | 04:00 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1350 | 790 | 20:50 | 05:35 | 22:30 | 13:10 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 490 | 1220 | 09:45 | 14:10 | 08:10 | 20:20 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 0 | 590 | 06:30 | 12:20 | 00:00 | 09:50 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 1430 | 1110 | 14:05 | 04:35 | 23:50 | 18:30 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 1150 | 1150 | 22:15 | 02:25 | 19:10 | 19:10 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 610 | 1150 | 21:40 | 06:25 | 10:10 | 19:10 |

Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer fayda değerinin artırılması amaçlandığında:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah ve öğlen dalgalarına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının gece ve sabah erken dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının yine gece dalgasında tutulması

➤ Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece ve öğlen dalgalarında konumlandırılması.

Bu değişikliklerle birlikte toplam fayda değerinde %53 oranında artış beklenmektedir. Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.39'da verilmiştir.

Çizelge 6.37 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum için lokal saatler

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARİŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARİŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:50 | 09:20 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:10 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 06:00 | 03:00 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 23:30 | 07:00 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 01:30 | 16:10 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 11:10 | 23:20 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 03:00 | 12:50 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 02:50 | 21:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 22:10 | 22:10 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 13:10 | 22:10 |

Çizelge 6.38 Slot kısıtsız ortamda çok amaçla planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre dalgadaki konumu - için

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MEVCUT VARİŞ DALGA KONUMU | YENİ VARİŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Öğlen |
| 623 | ABV | Akşam | Sabah | Sabah | Gece |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Gece | Sabah | Öğlen |
| 9 | LAX | Öğlen | Öğlen | Öğlen | Gece |
| 1381 | SZG | Sabah | Gece | Öğlen | Öğlen |
| 585 | NDJ | Öğlen | Gece | Sabah | Akşam |
| 60 | KUL | Gece | Gece | Sabah | Gece |
| 120 | ELQ | Gece | Öğlen | Sabah | Gece |

Çizelge 6.39 Slot kısıtsız PC ve transfer amaçlı sonuçlar - amin

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski TRANSARR | Yeni TRANMSARR | Eski TRANSDEP | Yeni TRANSDEP | Eski PC | Yeni PC | |
|---------|---------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------|------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 5388134 | 3809369 | 65844546 | 73750287 | 1465354359 | 2730952294 | |
| 1377 | FMO | 249014 | 174171 | 156508 | 144008 | 17415988 | 23947624 | |
| 623 | ABV | 572755 | 1746120 | 6048290 | 9924134 | 24363394 | 25130930 | |
| 84 | MNL | 2367205 | 2278359 | 29652473 | 45828815 | 859680327 | 873448620 | |
| 890 | AWZ | 56510 | 406974 | 12348 | 19527 | 726202 | 703708 | |
| 9 | LAX | 11320505 | 16514829 | 7402407 | 9357685 | 24088320 | 26916480 | |
| 1381 | SZG | 351886 | 645570 | 490370 | 1769812 | 543528 | 540648 | |
| 585 | NDJ | 345064 | 731061 | 646575 | 1000422 | 6726 | 1000422 | |
| 60 | KUL | 2461498 | 7242404 | 8418342 | 10457095 | 7279296 | 7153095 | |
| 120 | ELQ | 3271200 | 12176514 | 1030641 | 1199295 | 1047970 | 1100165 | |
| | | 2546770902 | | | | | | Eski fayda |
| | | 3889248536 | | | | | | Yeni fayda |
| | | 3891223136 | | | | | | LP |
| | | 67402 | | | | | | Dual simpleks iterasyon |
| | | 2280960 | | | | | | Değişken sayısı |
| | | 26318 | | | | | | Kısıt sayısı |
| | | 63647 | | | | | | MIP simplex iterasyon |
| | | 271.48 | | | | | | Çözüm süresi (sn) |
| | | 3889248536 | | | | | | _total_solve_s ystem_time; |

6.3.6.2 aort için durum

aort seviyesi için elde edilen sonuçlar Çizelge 6.40'ta gösterilmiştir. Çizelge 6.41'de ise sonuçlar lokal saat ile belirtilmiştir. Değerlendirilen hatların mevcut ve yeni dalgadaki konumları Çizelge6.42'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 6.40 Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcunun birlikte amaçlandığı durum – aort

| | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT VARIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ KALKIŞ UTC (DAKİKA) | YENİ VARIŞ UTC (DAKİKA) | MEVCUT KALKIŞ UTC (SAAT) | MEVCUT VARIŞ UTC (SAAT) | YENİ KALKIŞ UTC (SAAT) | YENİ VARIŞ UTC (SAAT) |
|------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 81 | BOS | 625 | 805 | 130 | 340 | 10:25 | 13:25 | 02:10 | 05:40 |
| 1377 | FMO | 525 | 975 | 1220 | 490 | 08:45 | 16:15 | 20:20 | 08:10 |
| 623 | ABV | 925 | 305 | 1060 | 440 | 15:25 | 05:05 | 17:40 | 07:20 |
| 84 | MNL | 1320 | 125 | 1260 | 270 | 22:00 | 02:05 | 21:00 | 04:30 |
| 890 | AWZ | 1250 | 335 | 1140 | 410 | 20:50 | 05:35 | 19:00 | 06:50 |
| 9 | LAX | 585 | 850 | 180 | 470 | 09:45 | 14:10 | 03:00 | 07:50 |
| 1381 | SZG | 390 | 740 | 0 | 590 | 06:30 | 12:20 | 00:00 | 09:50 |
| 585 | NDJ | 845 | 275 | 0 | 1110 | 14:05 | 04:35 | 00:00 | 18:30 |
| 60 | KUL | 1335 | 145 | 1290 | 1220 | 22:15 | 02:25 | 21:30 | 20:20 |
| 120 | ELQ | 1300 | 385 | 400 | 1150 | 21:40 | 06:25 | 06:40 | 19:10 |

Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer fayda değerinin artırılması amaçlandığında:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin sabah erken dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece dalgasına kaydırılması
- Afrika kalkışlarının akşam veya gece dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının gece dalgasında tutulması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece ve sabah dalgalarına kaydırılması önerilmektedir.

Bu değişikliklerle birlikte toplam fayda değerinde %54 oranında artış beklenmektedir. Modelin çözümüne ilişkin amaç fonksiyonu değeri, LP çözüm değeri ve çözüm süreleri Çizelge 6.43'te verilmiştir.

Çizelge 6.41 Slot kısıtsız ortamda PC ve transfer yolcu faydasının birlikte amaçlandığı durum
ortok lokal saatler

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARIŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:10 | 08:40 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:10 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 20:40 | 10:20 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 00:00 | 07:30 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 22:00 | 09:50 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 06:00 | 10:50 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 03:00 | 12:50 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 03:00 | 21:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 00:30 | 23:20 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 09:40 | 22:10 |

Çizelge6.42 Slot kısıtsız ortamda çok amaçla planlanan hatların mevcut ve yeni plana göre
dalgaadaki konumu - ortok

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ DALGA KONUMU | YENİ KALKIŞ DALGA KONUMU | MEVCUT VARIŞ DALGA KONUMU | YENİ VARIŞ DALGA KONUMU |
|---------|---------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 81 | BOS | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1377 | FMO | Öğlen | Gece | Akşam | Öğlen |
| 623 | ABV | Akşam | Akşam | Sabah | Sabah |
| 84 | MNL | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 890 | AWZ | Gece | Gece | Sabah | Sabah |
| 9 | LAX | Öğlen | Sabah | Öğlen | Sabah |
| 1381 | SZG | Sabah | Gece | Öğlen | Öğlen |
| 585 | NDJ | Öğlen | Gece | Sabah | Akşam |
| 60 | KUL | Gece | Gece | Sabah | Gece |
| 120 | ELQ | Gece | Sabah | Sabah | Gece |

Çizelge 6.43 Slot kısıtsız PC ve transfer yolcu amaçlı sonuçlar - ortalama

| UÇUŞ NO | HAT ADI | Eski TRANSARR | Yeni TRANSARR | Eski TRANSDEP | Yeni TRANSDEP | Eski PC | Yeni PC | Eski fayda | Yeni fayda | LP | Dual simpleks iterasyon | Değişken sayısı | Kısıt sayısı | MIP simpleks iterasyon | Çözüm süresi (sn) | _total_solve_sys tem_time; |
|---------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-----------------|--------------|------------------------|-------------------|----------------------------|
| 81 | BOS | 5388134 | 3312397 | 65844546 | 67540605 | 14650355727 | 27338848928 | | | | | | | | | |
| 1377 | FMO | 249014 | 174171 | 156508 | 144008 | 174088503 | 239378094 | | | | | | | | | |
| 623 | ABV | 572755 | 1921566 | 6048290 | 5593278 | 243086448 | 261066672 | | | | | | | | | |
| 84 | MNL | 2367205 | 2032405 | 29652473 | 43612882 | 8595432169 | 8738239989 | | | | | | | | | |
| 890 | AWZ | 56510 | 318746 | 12348 | 8038 | 7277807 | 7561783 | | | | | | | | | |
| 9 | LAX | 11320505 | 11154923 | 7402407 | 9979127 | 241259580 | 277992726 | 24146423730 | 37133113180 | 37150024750 | 81264 | 2280960 | 26318 | 69616 | 294.258 | 37133113180 |
| 1381 | SZG | 351886 | 645570 | 490370 | 1769812 | 5405084 | 5376444 | | | | | | | | | |
| 585 | NDJ | 345064 | 731061 | 646575 | 990380 | 76228 | 80342 | | | | | | | | | |
| 60 | KUL | 2461498 | 6523870 | 8418342 | 8909536 | 72792960 | 74499510 | | | | | | | | | |
| 120 | ELQ | 3271200 | 12176514 | 1030641 | 1129729 | 10384430 | 11221550 | | | | | | | | | |

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 Sonuçların Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi

Bu çalışmada geliştirilen modelin gerçek hayat motivasyonları doğrultusunda 6 adet varyasyonu oluşturulmuş ve 6 senaryo ile çözülmüştür. Bölüm 6'da detayları verilen bu senaryolar aşağıda listelenmiştir:

1. Slot kısıtlı ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması
2. Slot kısıtlı ortamda sadece transfer yolcu bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması
3. Slot kısıtlı ortamda transfer yolcu sayısı ve yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması (3 farklı α seviyesi için)
4. Slot kısıtsız ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması
5. Slot kısıtsız ortamda sadece transfer yolcu bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması
6. Slot kısıtsız ortamda transfer yolcu ve yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması (3 farklı α seviyesi için)

Her bir çözüm senaryosunun sonucunda elde edilen yeni planın faydasının mevcut tarifedeki fayda ile karşılaştırılması Çizelge 7.1'de gösterilmektedir. Çizelgede, gerçek hayatta uygulanması önerilen senaryo kalın olarak vurgulanmıştır.

Çizelge 7.1 Uygulanan tüm senaryoların karşılaştırılması

| Sıra No | Model | Mevcut tarifeye göre fayda | Yeni tarifeye göre Fayda | % artış | Bölüm no |
|---------|---|----------------------------|--------------------------|---------|----------|
| 1 | Slot kısıtlı ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa | 2897885 | 3896361 | 34% | 6.3.1 |
| 2 | Slot kısıtlı ortamda sadece transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa | 146264792 | 263867796 | 80% | 6.3.2 |
| 3 | Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa | | | | 6.3.3 |
| 3.1 | Transfer yolcu ve yolcu tercihi bazlı faydalar arasındaki ilişki katsayısı = α_{max} | 661158539600 | 1036097354000 | 57% | 6.3.3.1 |
| 3.2 | Transfer yolcu ve yolcu tercihi bazlı faydalar arasındaki ilişki katsayısı = α_{ort} | 24146423730 | 37021195590 | 53% | 6.3.3.2 |
| 3.3 | Transfer yolcu ve yolcu tercihi bazlı faydalar arasındaki ilişki katsayısı = α_{min} | 2546770902 | 3873493854 | 52% | 6.3.3.3 |
| 4 | Slot kısıtsız ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa | 2897885 | 3905027 | 35% | 6.3.4 |
| 5 | Slot kısıtsız ortamda sadece transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa | 146264792 | 271276209 | 85% | 6.3.5 |
| 6 | Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa | | | | 6.3.6 |
| 6.1 | Transfer yolcu ve yolcu tercihi bazlı faydalar arası ilişki katsayısı = α_{max} | 661158539600 | 1039263589000 | 57% | 6.3.6.1 |
| 6.2 | Transfer yolcu ve yolcu tercihi bazlı faydalar arasındaki ilişki katsayısı = α_{ort} | 24146423730 | 37133113180 | 54% | 6.3.6.3 |
| 6.3 | Transfer yolcu ve yolcu tercihi bazlı faydalar arasındaki ilişki katsayısı = α_{min} | 2546770902 | 3889248536 | 53% | 6.3.6.2 |

Model çözümünü mevcut tarifedeki yerine göre fayda fonksiyonlarında %34 - %85 arasında geliştirme yapmaktadır. Genel olarak, slot kısıtsız modellerin birebir karşılaştırmalı olarak bakıldığında slot kısıtlılara oranla fayda değerinde daha büyük bir artış oluşturduğu görülmektedir. Bu fark, slot kısıtının etkisidir. Bu etki sadece transfer yolcu geliri bazlı fayda fonksiyonlu modelde diğerlerine oranla daha fazladır. Bu da mevcut tarifenin, slot kısıtları nedeniyle bu planlanan hatları transfer açısından en uygun yere koyamamış olduğunu göstermektedir. Slot kısıtlı ortamda, sadece yolcu tercihi bazlı amaç fonksiyonlu modelle, sadece transfer yolcu geliri bazlı faydayı amaç olarak kullanan modeli karşılaştırdığımızda, yolcu tercihli modelde %34'lük bir gelişme elde ederken, transfer yolcu geliri bazlı model %80'lik gelişim göstermiştir. Bu da planlanan hatlar için mevcut tarifenin yolcu tercihi açısından transfer yolcu bazlı amaca oranla daha iyi bir konumda olduğunu göstermektedir. Yeni planlanan hatlar için önerilen yeni plan, mevcut tarifeye göre %80 daha fazla transfer yolcu geliri kaynaklı fayda potansiyeline sahiptir.

Uzman görüşüne göre, bir network taşıyıcısının en önemli kriteri olan transfer yolcunun amaç olması ve aynı zamanda yolcu tercihinin de amaca eklenerek yolcu memnuniyetini arttırmak suretiyle yolcu potansiyelinin artırılması, incelenen senaryolar arasından en ideal olanıdır. Ayrıca mevcut havalimanı koşullarında slot kısıtları ile 3 numaralı kategorideki senaryolar en uygun olanlar olarak değerlendirilip havayolu için önerilebilir. 3 nolu senaryodaki alpha değerinin havayolunun stratejisine göre seçilmesi önerilebilir. Yolcu tercihi ve transfer arasında ortalama oranda bir ağırlık (alphamax) verilerek çözüldüğü durumda, yeni planlanan hatlar için mevcut tarifedeki duruma göre %57'lik bir fayda artışı oluşacaktır.

Model Çözümleri Özeti

1. Slot kısıtlı ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah erken dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabah dalgasına kaydırılması
- Akşam olan Afrika kalkışlarının akşam ve sabah dalgasına konumlandırılması

- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının yine gece veya sabah dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının sabah ve akşam dalgalarına kaydırılması

önerilmektedir.

2. Slot kısıtlı ortamda sadece transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah ve gece dalgalarına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının müsaitliğe göre öğlen ve gece dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının gece ve sabah dalgalarına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının öğlen veya yine gece dalgalarında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece devam etmesi veya öğlen dalgasına kaydırılması önerilmektedir.

3. Slot kısıtlı ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması

Atatürk Havalimanı'ndaki mevcut slot kısıtı çerçevesinde transfer yolcu ve yolcu tercihi fayda değerlerinin artırılması amaçlanarak modelin α_{max} için çalıştırılması sonucunda:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabaha dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabah dalgalarına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının yine akşam ve gece dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının yine gece veya sabah dalgasında konumlandırılması

- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının akşam ve sabah erken dalgasında tutulması önerilmektedir.

αort kullanıldığında ilk aşamada öncelikle AWZ, SZG, KUL, ELQ hatlarında 30 dakika ve üstü değişiklik olduğu görülmüştür. αmin kullanıldığında ise αort seviyesine göre ABV, AWZ, LAX, KUL, ELQ hatlarının saatlerinde 30 dakika ve üstü değişiklik görülmüştür. Buna göre, BOS, FMO, NDJ, MNL hatlarının ilgili parametreye olan duyarlılığının çok düşük, ABV, LAX ve SZG hatlarının biraz duyarlı, diğer hatların ise (AWZ, KUL, ELQ) yüksek seviyede duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

4. Slot kısıtsız ortamda sadece yolcu tercihi bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabah dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının akşam ve sabah dalgalarında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının gece ve sabah dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece devam etmesi veya sabah dalgasına kaydırılması önerilmektedir.

5. Slot kısıtsız ortamda sadece transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah geç veya gece dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının öğlen veya gece dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının sabah veya gece dalgasına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının öğlen veya sabah dalgalarına kaydırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının gece ve öğlen dalgalarında konumlandırılması önerilmektedir.

6. Slot kısıtsız ortamda yolcu tercihi ve transfer yolcu geliri bazlı fayda amaç olursa 10 hattın planlanması

Yeni havalimanındaki slot kısıtının ortadan kalktığı şartlarda yolcu tercihi ve transfer yolcu fayda değerinin birlikte artırılması amaçlanarak modelin α_{max} için çalıştırılması sonucunda:

- Öğlen dalgasında kalkan Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah dalgasına kaydırılması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece ve sabaha karşı dalgasına kaydırılması
- Akşam dalgasındaki Afrika kalkışlarının yine akşam ve gece dalgasında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Uzakdoğu kalkışlarının gece ve sabah dalgalarında konumlandırılması
- Gece dalgasındaki Ortadoğu kalkışlarının yine gece ve sabah dalgasında tutulması önerilmektedir.

ort kullanıldığında ilk aşamada öncelikle AWZ, SZG, KUL, ELQ, ABV, MNL, LAX hatlarında 30 dakika ve üstü değişiklik olduğu görülmüştür. α_{min} kullanıldığında ise ort seviyesine göre ABV, AWZ, LAX, KUL, ELQ hatlarının saatlerinde 30 dakika ve üstü değişiklik görülmüştür. Buna göre, BOS, FMO, NDJ hatlarının ilgili parametreye olan duyarlılığının çok düşük, MNL ve SZG hatlarının biraz duyarlı, diğer hatların ise (ABV, AWZ, LAX, KUL, ELQ) yüksek seviyede duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın sonucunda incelenen senaryolar arasından birden fazla amacın kararları etkilediği 3. modelin diğer modellere göre hem transfer yolcu hem de yolcu tercihlerini içermesi açısından tarife planlayıcılar için gerçek hayatta daha kullanışlı olacağı değerlendirilmektedir. Hem transfer ve lokal yolcu için yolcu memnuniyetini arttıracak hem de potansiyel transfer yolcu gelirini maksimum seviyeye çekebilecektir. Aşağıda, tezin sonucunda öneri olarak yolcu tercihi ve transfer arasında ortalama oranda bir ağırlık (α_{max}) verilerek çözüldüğü durum seçilmiştir. Havayolunun stratejisine göre, transfere verilen ağırlık artırılıp yolcu tercihi azaltılabilir veya farklı ağırlık kümeleri ile tarife yeniden değerlendirilebilir. Buna göre α_{max} ile çözülmüş 3. model ile planlanan hatlar için mevcut tarifedeki iniş ve kalkış saatlerine oranla yolcu tercihi ve transfer bazlı faydada %57 oranında artış olmuştur. Çözümdeki dalga hareketleri aşağıda özetlenmektedir.

Buna göre, Türk bayrak taşıyıcı havayolu için önerilen 3 numaralı modele göre yeni dalga tarife yapısı aşağıdaki değişiklikleri içermektedir:

Çizelge 7.2 Mevcut tarife ve yeni tarife

| UÇUŞ NO | HAT ADI | MEVCUT KALKIŞ LOKAL (SAAT) | MEVCUT VARİŞ LOKAL (SAAT) | YENİ KALKIŞ LOKAL (SAAT) | YENİ VARİŞ LOKAL (SAAT) |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 81 | BOS | 13:25 | 16:25 | 05:10 | 09:50 |
| 1377 | FMO | 11:45 | 19:15 | 23:20 | 11:10 |
| 623 | ABV | 18:25 | 08:05 | 20:40 | 10:20 |
| 84 | MNL | 01:00 | 05:05 | 23:50 | 07:00 |
| 890 | AWZ | 23:50 | 08:35 | 21:30 | 09:50 |
| 9 | LAX | 12:45 | 17:10 | 06:00 | 10:50 |
| 1381 | SZG | 09:30 | 15:20 | 08:00 | 20:50 |
| 585 | NDJ | 17:05 | 07:35 | 03:00 | 16:30 |
| 60 | KUL | 01:15 | 05:25 | 05:40 | 04:20 |
| 120 | ELQ | 00:40 | 09:25 | 07:40 | 22:50 |

Kalkış saatleri:

- Amerika seferlerinin kalkışlarının sabah dalgasına alınması
- Tek frekans Avrupa kalkışlarının gece dalgasına alınması
- Afrika kalkışlarının akşam dalgasına alınması
- Uzakdoğu kalkışlarının sabah erken dalgasına alınması
- Ortadoğu kalkışlarının sabah dalgasına alınması

Varış saatleri:

- Amerika seferlerinin varışlarının sabah dalgasına alınması
- Avrupa varışlarının öğlen dalgasına alınması
- Afrika varışlarının sabah dalgasına alınması
- Uzakdoğu varışlarının sabaha karşı dalgasına alınması
- Ortadoğu varışlarının gece dalgasına alınması

Bölüm 4'te oluşturulan model ve modelin çözümleri Bölüm 6'da anlatılmış ve yukarıda karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir. Bu tezde ayrıca bölüm 5'te minimum bağlantı süresindeki değişikliklerin transfer yolcu sayısı, bağlantı sayısı ve gelir üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre minimum bağlantı süresi 5 dk. uzatıldığında, transfer yolcu sayısı ve bağlantı sayısı ise %2 azalmaktadır. Yıllık yaklaşık 280 bin transfer yolcu ve 70 milyon dolar gelir kaybı öngörülmektedir.

Minimum bağlantı süresi 10 dk. uzatıldığında, transfer yolcu sayısı %4, bağlantı sayısı ise %3 azalmaktadır. Yıllık yaklaşık 550 bin transfer yolcu ve 133 milyon dolar gelir kaybı öngörülmektedir.

Minimum bağlantı süresi 15 dk. uzatıldığında, transfer yolcu sayısı % 6, bağlantı sayısı ise %5 azalmaktadır. Yıllık yaklaşık 1 milyon transfer yolcu ve 216 milyon dolar gelir kaybı öngörülmektedir. En büyük yolcu kaybı Orta Doğu-Avrupa transfer yolcuları üzerinde gerçekleşmektedir.

Yine Bölüm 5'te yolcu tercihleri, oluşturulan üst kategoriler bazında detaylı olarak incelenmiş, yolcuların kalkış ve varış saati tercihlerinin kendi içinde haftanın her günü kendini tekrarladığı görülmüştür. Oluşturulan 116 kategoriden sadece birkaç kategori için hafta sonuna tekabül eden 6. ve 7. günler hafta içinden farklılık göstermiştir.

Transfer yolcular için bir farklılık olup olmadığı incelendiğinde de tercihlerin yine genel, bölgesel veya üst kategoriler bazında oldukça yüksek benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Bu açıdan bakıldığında, tarife planlama sürecinde parçalı tarifeler yerine yeknesak tarifeler oluşturulması hem müşteri memnuniyetinde bir düşmeye neden olmayacak, hem de havayolu açısından kolaylık sağlayacaktır. Seferlerin hep aynı saatte icra edilmesi, yolcunun ürünü tanınması ve aklında tutması açısından fayda sağlayacaktır.

Yolcuların kalkış saati tercihlerinin gün içinde nasıl şekillendiği incelendiğinde, sabah erken saatlerde, öğlen saatlerinde ve gece 22:00'a kadar olan saatlerde yolcuların daha çok kalkmayı tercih ettiği görülmektedir. Varış saati tercihlerinin gün içinde nasıl şekillendiği incelendiğinde ise, kalkış saati tercih dağılımından farklı olarak sabah erken saatlerde değil, 8:00-9:00 sularında yoğunluğun artmaya başladığı görülmektedir. Kalkış tercihi benzer

şekilde varış tercihi dağılımında da, öğlen saatlerinde ve gece 22:00 bandına kadar olan saatlerde yoğun banklar oluştuğu görülmektedir.

7.2 Tezin Literatüre Katkısı

Yeni hatların, yeni frekansların veya yeniden planlanması istenilen hatların mevcut tarife içinde, yolcu tercihi ve transfer yolcu kaynaklı gelir baz alınarak mümkün olan en iyi yere koyulması probleminin çözülmesi için tam sayılı matematiksel programlama modeli oluşturulmuştur.

Oluşturulan model, amaç fonksiyonu, kısıt kümesi ve bazı parametrelerin değiştirilmesi ile oluşturulan 10 farklı senaryo için uyarlanmış ve çözülerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Çözümlerin ve model performansının bu senaryolarda nasıl değiştiği kapsamlı olarak analiz edilmiştir.

Elde edilen çözümler planlanan hatların mevcut tarifedeki yerlerinde değişiklikler önermektedir. Bu sonuçlar verileri kullanılan bayrak taşıyıcı havayolu açısından gelecek planlamalarında değerlendirebileceği öneriler sunmaktadır.

Çalışmada hem yolcu tercihi hem de transfer yolcu eş zamanlı ele alınmıştır. Bu yönüyle literatürdeki benzer planlama problemlerinden ayrılmaktadır. Bu tez, literatürde yer alan çalışmalar arasında bu iki faktörü birlikte değerlendiren ilk çalışmadır.

Çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran bir diğer husus, gerçek O&D talep ve gerçek transfer verilerinin kullanılmasıdır. Zira bu verilere hem erişimin güçlüğü, hem de işlemenin zorluğu nedeniyle literatürde yer alan çalışmaların genelinde göz ardı edilmiştir.

Çalışmada, dünyadaki herhangi bir havayolunun hub havalimanını kullanan yolcuların uçuş saati tercihini belirlemeye yönelik yeni bir dönüştürme algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma, yolcu tercihinin her geçen gün planlamalarda önemli bir faktör haline gelmesi ile hem pratikte hem de akademide çıkış ve varış havalimanı bazında yolcu tercihinin hub bazında havalimanı ve havayolu planlamalarına dâhil edilmesi sürecinde referans olabilecek niteliktedir. Bu yönüyle havayolu planlama literatürüne yenilik getirmektedir.

O&D yolcu tercihi bazlı fonksiyonun, hub tercihi fonksiyonuna çevrilmesi sürecinde yolcu tercihleri de O&D seviyesinden hat seviyesine indirgenmiştir. Elde edilen bu veri, yapılacak farklı çalışmalarda kullanılabilir kıymetli bir veridir.

Bu çalışmada yapılan MCT analizleri, bağlantı süresinin transfer yolcu sayısını ve gelirini ne kadar etkilediğini ve ufak değişikliklerin gelir açısından büyük farklara yol açacağını göstermiştir. Bu çalışma, bu gerçeği gerçek hayat verileri ile sayısal olarak ispatlamaktadır ve dolayısıyla gelecek literatür için ilgili sayısal göstergeler açısından referans niteliğindedir.

7.3 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler ve Geliştirmeler

Gelecek çalışma önerileri ve geliştirmeler aşağıdaki gibi listelenebilir:

Bu çalışmada varış ve kalkış tercihli PC fayda değeri kullanılmıştır. Gelecek çalışmalar için, havayolu bazlı yolcu tercihi fonksiyonunun her bir havayolu için elde edilerek modele dâhil edilmesi düşünülebilir. Bu sayede tarife planlamada rekabet kısıtının da modele katılması mümkün olabilir.

Modele uçak kapasitesinin eklenmesi suretiyle potansiyel talep yerine gerçek talep ve utilizasyon kısıtı dâhil edilebilir.

Model girdilerindeki verilerin işlenmesinin ve modelin gerçek optimal çözümü vermesi için gerekli çözümünün zorluğu nedeniyle bu çalışmada planlanan hat sayısı bölgesel olarak gösterge olabilecek 10 hat ile sınırlandırılmıştır. Gelecek çalışmalarda, planlanan hat sayısını yükselterek tarifenin büyük bölümünü planlayabilmek (mesela 100+ hat) için yeni bir sezgisel algoritma geliştirilmesi olası gelecek çalışmalar arasında sayılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Desaulniers, G., (1997). "Daily Aircraft Routing and Scheduling", 43(6).
- [2] Ioachim, I., (1999). "Fleet assignment and Routing with Schedule Synchronization Constraints", 119:75-90.
- [3] Erdmann, A., Nolte, A., Noltemeier, A. ve Schrader, R., (1999). "Modeling and Solving the Airline Schedule Generation Problem", Annals of Operations Research 107(1-4):117-141.
- [4] Hsu, C.-I., ve Wen, Y.-H., (2000). "Application of Grey Theory and Multiobjective Programming", European Journal of Operational Research, 127:44-68.
- [5] Grönkvist, M., (2000). "Aircraft Scheduling", Chalmers Uni. Tech, Gothenburg.
- [6] Kilborn, E., (2000). "Aircraft Scheduling and Operation – a Constraint Programming Approach", Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology and Göteborg University, Göteborg.
- [7] Muharremoğlu, A., (2000). "The Aircraft Sequencing Problem with Arrival and Departures", Yüksek Lisans Tezi, The University of Michigan Massachusetts Institute of Technology, Ann Arbor.
- [8] Rexing, B., (1997). "Airline Fleet Assignment with Time Windows", Yüksek Lisans Tezi, Purdue University.
- [9] Rosenberger, J. M., Nemhauser, G. ve Ellis, J.,(2003). "Rerouting Aircraft for Airline Recovery", Transportation Science, 37:408.
- [10] Filar, J. A., Manyem, P. ve White, K., (2001). "How Airlines and Airports Recover from Schedule Perturbations: A Survey", Annals of Operations Research, 108:315-333.
- [11] Rietveld, P. ve Brons, M., (2001). "Quality of Hub-and-Spoke Networks; The Effects of Timetable Co-ordination On Waiting Time and Rescheduling Time", Journal of Air Transport Management", 7:241-249.
- [12] Stojkovic, G., Soumis, F., Desrosiers, J. ve Solomon, M., (2002). "An Optimization Model for a Real-Time Flight Scheduling Problem", Transportation Research, 36:779-788.

- [13] Barnhart, C., Kniker, T. ve Lohatepanont, M., (2002). "Itinerary-Based Airline Fleet Assignment", *Transportation Science*, 36:199.
- [14] Leeuwen, P. V., Hesselink, H. ve Rohling, J., (2002). "Scheduling Aircraft Using Constraint Satisfaction", *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 76.
- [15] Yan, S. ve Tseng, C.-H., (2002). "A Passenger Demand Model for Airline Flight Scheduling and Fleet Routing", *Computers & Operations Research*, 29:1559-1581.
- [16] Dennis, N. P., (2002). "Long-Term Route Traffic Forecasts and Flight Schedule Pattern for a Medium-Sized European Airport", *Journal of Air Transport Management*, 8:313-324.
- [17] Barnhart, C., Belobaba, P. ve Odoni, A., (2003). "Applications of Operations Research in the Air Transport Industry", *Transportation Science*, 37:368.
- [18] Klabjan, D., (2003). *Column Generation*, Springer US.
- [19] Lohatepanont, M. ve Cynthia, B., (2004). "Airline Schedule Planning: Integrated Models and Algorithms for Schedule Design and Fleet Assignment", *Transportation Science*, 38:19.
- [20] Barnhart, C. ve Cohn, A., (2004). "Airline Schedule Planning: Accomplishments and Opportunities", *Manufacturing & Service Operations Management*, 6:3.
- [21] Ulucan, A., ve Eryiğit, M., (2004). "Hava Taşımacılığı Planlamasında Yöneylem Araştırması Modellerinin Kullanımı", *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 59(4): 227-248.
- [22] Yan, S., Lai, C.-H. ve Chen, C.-H., (2005). "A Short-Term Flight Scheduling Model for International Express Package Delivery", *Journal of Air Transport Management*, 11:368-74.
- [23] Andersson, T., (2006). "Solving the Flight Perturbation Problem with Metaheuristics", *Journal of Heuristics*, 12, 37:53.
- [24] Sherali, H. D., (2006). "Airline Fleet Assignment Concepts, Models, and Algorithms", *European Journal of Operational Research*, 172:1-30.
- [25] Mercier, A., ve Soumis, F., (2007). "An Integrated Aircraft Routing, Crew Scheduling and Flight Retiming Model", *Computers & Operations Research*, 34:2251-2265.
- [26] Shangyao, Y., Tang, C.-H. ve Lee, M.-C., (2007). "A Flight Scheduling Model for Taiwan Airlines Under Market Competitions", *Omega-The International Journal of Management Science*, 35:61-74.
- [27] Taş, O., (2007). "Havayolu Şirketlerinde Uçuşların Atanması Probleminin Tavlama Benzetimi Yöntemi ile Çözülmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana*.
- [28] Yan, S., Tang, C.-H. ve Fu, T.-C., (2008). "An Airline Scheduling Model And Solution Algorithms Under Stochastic Demands", *European Journal of Operational Research*, 190:22-39.
- [29] Sherali, H. D., Bae, K.-H. ve Haouari, M., (2010). "Integrated Airline Schedule Design and Fleet Assignment: Polyhedral Analysis and Benders' Decomposition Approach",

- Institute for Operations Research and the Management Sciences, *INFORMS*, 22:500-513. [30]Klabjan, D., (2003). *Column Generation*, Springer US.
- [30] Akartunalı, K., Boland, N., Evans, I., Wallace, M. ve Waterer, H., (2010). "Airline Schedule Design: Network Design Optimization and Heuristics Ideas", *EURO XXIV*, The University of Lisbon, Lisbon.
- [31] Babic, O., Kalic, M., Babic, D. ve Dozic, S., (2011). "The Airline Schedule Optimization Model: Validation and Sensitivity Analysis.", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 20:1029-1040.
- [32] Zeghal, F. M., Haouari, M., Sherali, H. ve Aissaoui, N., (2011). "Flexible Aircraft Fleeting and Routing at Tunis Air", *Journal of the Operational Research Society*, 62:368-380.
- [33] Cadarso, L. ve Marin, A., (2011). "Integrated Robust Airline Schedule Development", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 20:1041-1050.
- [34] Akartunalı, K., Boland, N., Evans, I., Wallace, M. ve Waterer, H., (2013). "Airline Planning Benchmark Problems—Part II: Passenger Groups, Utility and Demand Allocation", *Computers & Operations Research*, 40:793-804.
- [35] Pita, J. B., (2012). "Integrated Flight Scheduling and Flight Assignment Under Airport Congestion", *Transportation Science*, 47:477-492.
- [36] Pita, J. P., Adler, N. ve Antunes, A., (2014). "Socially-Oriented Flight Scheduling and Fleet Assignment Model with an Application to Norway", *Transportation Research Part B*, 61:17-32.
- [37] Lederer, P. J., (1998). "Airline Network Design", *Operation Research*, 46(6):785-804.
- [38] Gerald, N. Ve Cook, J. G., (2008). "Airline Networks: A Comparison of Hub-and-Spoke and Point-to-Point Systems", *Journal of Aviation/Aerospace Education & Research*, 17(2).
- [39] Redondi, R. ve Burghouwt, G., (2013). "Connectivity in Air Transport Networks: An Assessment of Models and Applications", *Journal of Transport Economics and Policy*, 47(1):35-53.
- [40] Pleari, S., Redondi R. ve Malighetti, P., (2011). "New Routes and Airport Connectivity", Springer - International Publisher Science, Technology, Medicine, 11(4): 713–725.
- [41] Danesi, A., (2006). "Measuring Airline Hub Timetable Co-Ordination and Connectivity: Definition of a New Index and Application to a Sample of European Hubs", *European Transport*, 34:54-74.
- [42] Orhan, İ., Kapanoğlu, M. ve Karakoç, H., (2010). "Havayolu Operasyonlarında Planlama ve Çizelgeleme", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2):181-191.
- [43] Jia-Ming, C. ve Kanafani, A., (1999). "The Value of Runway Time Slots for Airlines", *European Journal Of Operational Research*, 126(3):491-500.

- [44] Armacost, A. P., Barnhart, C. ve Ware, K. A., (2002). "Composite Variable Formulations for Express Shipment Service Network Design", *Transportation Science*, 36(1):1-20.
- [45] Lederer, P., (1993). "A Competitive Network Design Problem with Pricing". 27. *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 27(1):25-38.
- [46] Teodorovic, D. ve Krcmar-Nozic, E., (1989). "Multicriteria Model to Determine Flight Frequencies on an Airline Network Under Competitive Conditions", *Transportation Science*, 23(1):14-25.
- [47] Hsu, C. ve Wen, Y., (2002). "Determining Flight Frequencies on an Airline Network with Demand-Supply Interactions. *Transportation Research Part E*, 39(6):417-441
- [48] Ryerson, M. S. ve Kim, H., (2013). "Integrating Airline Operational Practices into Passenger Airline Hub Definition", *Journal of Transport Geography*, 31:84-93.
- [49] Chaug-Ing Hsu, Y.-H. W., (2005). "Airline Flight Frequency Determination in Response to Competitive Interactions Using Fuzzy Logic", *Mathematical and Computer Modelling*, 2(11-12):1207:1224.
- [50] Barla, P. ve Constantatos, C., (1999). "Airline Network Structure under Demand Uncertainty", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 36(3):173-180.
- [51] Bingxiang Z., Mingsheng S. ve Jimin L., (2012). "Hub-and-Spoke Construction Study of Air China", *Energy Procedia*, 16:971-976.
- [52] Burke, E. K., Causmaecker, P., Maere, G., Mulder J., Paelinck, M. ve Berghe G. V., (2010). "A Multi-Objective Approach For Robust Airline Scheduling", *Computers & Operations Research*, 37(5):822-832.
- [53] Jiang H. ve Barnhart C., (2009). "Dynamic Airline Scheduling", *Transportation Science*, 43(3):336-354.
- [54] Jiang H. ve Barnhart C., (2013). "Robust Airline Schedule Design in A Dynamic Scheduling Environment", *Computers & Operations Research*, 40(3):831-840.
- [55] IATA Air Passenger Market Analysis, IATA, 2015.
- [56] Yıllık Faaliyet Raporu, THY, 2015.
- [57] THY Network Planlama Tanıtım Sunumu, THY.
- [58] Bazargan, M. (2004). "Airline Operations and Scheduling". Hampshire, İngiltere: Ashgate Publishing.

EK A

THY YAZ 2015 DÖNEMİ TARİFESİ

| UÇUŞ NO | GÜNLER | KALKIŞ | KALKIŞ SAATİ | VARIŞ SAATİ | | VARIŞ | BLOK SÜRE |
|---------|---------|--------|--------------|-------------|----|-------|-----------|
| 001 | 1234567 | IST | 10:15 | 20:50 | | JFK | 10:35 |
| 002 | 1234567 | JFK | 22:50 | 08:40 | +1 | IST | 9:50 |
| 003 | 1234567 | IST | 04:15 | 15:20 | | JFK | 11:05 |
| 004 | 1234567 | JFK | 16:50 | 02:45 | +1 | IST | 9:55 |
| 005 | 1234567 | IST | 10:40 | 22:20 | | ORD | 11:40 |
| 006 | 1234567 | ORD | 03:40 | 14:05 | | IST | 10:25 |
| 007 | 1234567 | IST | 10:40 | 22:15 | | IAD | 11:35 |
| 008 | 1234567 | IAD | 03:20 | 13:40 | | IST | 10:20 |
| 009 | 1234567 | IST | 09:45 | 23:30 | | LAX | 13:45 |
| 010 | 1234567 | LAX | 01:20 | 14:10 | | IST | 12:50 |
| 011 | 1234567 | IST | 14:50 | 02:10 | +1 | JFK | 11:20 |
| 012 | 1234567 | JFK | 03:55 | 13:50 | | IST | 9:55 |
| 015 | 1234567 | GRU | 21:30 | 00:15 | +1 | EZE | 2:45 |
| 015 | 1234567 | IST | 06:30 | 19:55 | | GRU | 13:25 |
| 016 | 1234567 | GRU | 06:05 | 18:35 | | IST | 12:30 |
| 016 | 1234567 | EZE | 01:40 | 04:30 | | GRU | 2:50 |
| 017 | 1234.67 | IST | 10:45 | 21:50 | | YYZ | 11:05 |
| 018 | 12345.7 | YYZ | 02:35 | 12:45 | | IST | 10:10 |
| 020 | 1234567 | IST | 22:05 | 07:05 | +1 | PEK | 9:00 |
| 021 | 1234567 | PEK | 16:10 | 02:20 | +1 | IST | 10:10 |
| 024 | 12.4.67 | IST | 22:05 | 10:25 | +1 | TPE | 12:20 |
| 024 | ..3.5.. | IST | 21:55 | 09:40 | +1 | TPE | 11:45 |
| 025 | 1234567 | TPE | 13:25 | 02:20 | +1 | IST | 12:55 |
| 026 | 1234567 | IST | 21:50 | 07:50 | +1 | PVG | 10:00 |
| 027 | 1234567 | PVG | 14:45 | 02:25 | +1 | IST | 11:40 |
| 033 | 1234567 | IST | 10:20 | 23:30 | | IAH | 13:10 |
| 034 | 1234567 | IAH | 01:45 | 13:35 | | IST | 11:50 |
| 035 | .2..5.7 | IST | 11:10 | 21:30 | | YUL | 10:20 |
| 036 | 1.3..6. | YUL | 03:05 | 12:35 | | IST | 9:30 |
| 040 | 1234567 | IST | 22:10 | 07:50 | +1 | JNB | 9:40 |
| 040 | 1234567 | JNB | 08:50 | 11:10 | | CPT | 2:20 |
| 041 | 1234567 | CPT | 13:40 | 15:40 | | JNB | 2:00 |
| 041 | 1234567 | JNB | 16:45 | 02:20 | +1 | IST | 9:35 |
| 046 | 1234567 | IST | 21:50 | 08:55 | +1 | KIX | 11:05 |
| 047 | 1234567 | KIX | 13:30 | 02:35 | +1 | IST | 13:05 |
| 050 | 1234567 | IST | 10:50 | 22:20 | | NRT | 11:30 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|-------|-------|----|-----|-------|
| 051 | 1234567 | NRT | 01:05 | 13:45 | | IST | 12:40 |
| 052 | 1234567 | IST | 22:15 | 09:30 | +1 | NRT | 11:15 |
| 053 | 12.4567 | NRT | 13:30 | 01:40 | +1 | IST | 12:10 |
| 053 | ..3.... | NRT | 12:20 | 00:30 | +1 | IST | 12:10 |
| 054 | 1234567 | IST | 22:20 | 09:25 | +1 | SIN | 11:05 |
| 055 | 1234567 | SIN | 15:15 | 02:40 | +1 | IST | 11:25 |
| 056 | 12345.. | IST | 23:05 | 10:55 | +1 | CGK | 11:50 |
| 056 |67 | IST | 22:20 | 10:25 | +1 | CGK | 12:05 |
| 057 | 1234567 | CGK | 13:35 | 02:10 | +1 | IST | 12:35 |
| 060 | 1234567 | IST | 22:15 | 08:50 | +1 | KUL | 10:35 |
| 061 | 1234567 | KUL | 15:25 | 02:25 | +1 | IST | 11:00 |
| 064 | 1234567 | IST | 17:05 | 02:25 | +1 | BKK | 9:20 |
| 065 | 1234567 | BKK | 03:55 | 14:15 | | IST | 10:20 |
| 068 | 1234567 | IST | 21:55 | 07:15 | +1 | BKK | 9:20 |
| 068 | 1234567 | BKK | 08:35 | 10:20 | | SGN | 1:45 |
| 069 | 1234567 | SGN | 12:45 | 14:20 | | BKK | 1:35 |
| 069 | 1234567 | BKK | 15:55 | 02:35 | +1 | IST | 10:40 |
| 070 | 1.34567 | IST | 22:15 | 08:40 | +1 | HKG | 10:25 |
| 071 | 12.4567 | HKG | 15:10 | 02:30 | +1 | IST | 11:20 |
| 072 | 1234567 | IST | 22:00 | 08:20 | +1 | CAN | 10:20 |
| 073 | 1234567 | CAN | 15:00 | 02:30 | +1 | IST | 11:30 |
| 079 | 1234567 | IST | 10:05 | 23:25 | | SFO | 13:20 |
| 080 | 1234567 | SFO | 01:10 | 14:05 | | IST | 12:55 |
| 081 | 1234567 | IST | 10:25 | 21:10 | | BOS | 10:45 |
| 082 | 1234567 | BOS | 03:40 | 13:25 | | IST | 9:45 |
| 084 | .2..5.7 | IST | 22:00 | 10:00 | +1 | MNL | 12:00 |
| 085 | 1.3..6. | MNL | 12:50 | 02:05 | +1 | IST | 13:15 |
| 088 | ..3456. | IST | 15:20 | 01:25 | +1 | ICN | 10:05 |
| 089 | ...4567 | ICN | 02:55 | 14:55 | | IST | 12:00 |
| 090 | 1234567 | IST | 21:55 | 07:55 | +1 | ICN | 10:00 |
| 091 | 1234567 | ICN | 14:50 | 02:40 | +1 | IST | 11:50 |
| 092 | 1234567 | IST | 08:25 | 12:10 | | JED | 3:45 |
| 093 | 1234567 | JED | 13:25 | 17:10 | | IST | 3:45 |
| 094 | 1234567 | IST | 17:20 | 21:15 | | JED | 3:55 |
| 095 | 1234567 | JED | 23:00 | 02:50 | +1 | IST | 3:50 |
| 096 | 1234567 | IST | 22:10 | 02:05 | +1 | JED | 3:55 |
| 097 | 1234567 | JED | 03:45 | 07:30 | | IST | 3:45 |
| 098 | 123.567 | IST | 20:10 | 23:30 | | MED | 3:20 |
| 098 | ...4... | IST | 20:15 | 23:30 | | MED | 3:15 |
| 099 | 1234567 | MED | 00:45 | 04:10 | | IST | 3:25 |
| 104 |5.. | IST | 12:30 | 16:05 | | MED | 3:35 |
| 105 |5.. | MED | 17:20 | 20:50 | | IST | 3:30 |
| 108 | 1234.67 | IST | 09:10 | 12:40 | | MED | 3:30 |
| 109 | 1234.67 | MED | 13:55 | 17:25 | | IST | 3:30 |
| 112 | ...456. | IST | 18:30 | 22:00 | | YNB | 3:30 |
| 113 | ...456. | YNB | 23:00 | 02:30 | +1 | IST | 3:30 |
| 114 | 1234567 | IST | 22:45 | 02:10 | +1 | YNB | 3:25 |
| 115 | 123.567 | YNB | 03:10 | 06:35 | | IST | 3:25 |
| 115 | ...4... | YNB | 03:10 | 06:30 | | IST | 3:20 |
| 120 | 1.34.6. | IST | 21:40 | 01:40 | +1 | ELQ | 4:00 |
| 121 | .2.45.7 | ELQ | 02:40 | 06:25 | | IST | 3:45 |
| 140 | 1234567 | IST | 16:35 | 20:45 | | RUH | 4:10 |
| 141 | 1234567 | RUH | 22:00 | 02:15 | +1 | IST | 4:15 |
| 144 | 1234567 | IST | 22:15 | 02:25 | +1 | RUH | 4:10 |
| 145 | 1234567 | RUH | 03:45 | 08:00 | | IST | 4:15 |
| 150 | 1.3456. | IST | 18:05 | 21:55 | | DMM | 3:50 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 151 | 1.3456. | DMM | 22:55 | 03:00 | +1 | IST | 4:05 |
| 152 | .234.67 | IST | 21:20 | 01:10 | +1 | DMM | 3:50 |
| 153 | 1.345.7 | DMM | 02:10 | 06:15 | | IST | 4:05 |
| 211 | 1234567 | AYT | 19:15 | 22:40 | | VKO | 3:25 |
| 212 | 1234567 | VKO | 00:20 | 03:50 | | AYT | 3:30 |
| 254 | ..3.5.7 | IST | 18:10 | 22:45 | | DYU | 4:35 |
| 255 | 1..4.6. | DYU | 00:40 | 06:05 | | IST | 5:25 |
| 258 | 1..4... | IST | 18:40 | 23:15 | | LBD | 4:35 |
| 259 | .2..5.. | LBD | 00:40 | 06:05 | | IST | 5:25 |
| 269 | 1.3.5.. | IST | 04:40 | 06:10 | | KIV | 1:30 |
| 270 | 1.3.5.. | KIV | 07:10 | 08:45 | | IST | 1:35 |
| 271 | .2.4.67 | IST | 16:15 | 17:45 | | KIV | 1:30 |
| 272 | .2.4.67 | KIV | 18:45 | 20:25 | | IST | 1:40 |
| 283 | 1.34.6. | IST | 09:35 | 12:00 | | MSQ | 2:25 |
| 284 | 1.34.6. | MSQ | 13:00 | 15:40 | | IST | 2:40 |
| 291 |7 | IST | 22:35 | 00:50 | +1 | ROV | 2:15 |
| 292 | 1..... | ROV | 02:20 | 04:35 | | IST | 2:15 |
| 293 | 1.3.5.. | IST | 21:35 | 23:50 | | ROV | 2:15 |
| 294 | .2.4.6. | ROV | 01:20 | 03:35 | | IST | 2:15 |
| 295 | 1234567 | IST | 21:35 | 23:20 | | AER | 1:45 |
| 296 | 1234567 | AER | 00:35 | 02:35 | | IST | 2:00 |
| 297 | .2.4.6. | IST | 11:50 | 13:35 | | AER | 1:45 |
| 298 | .2.4.6. | AER | 14:50 | 16:50 | | IST | 2:00 |
| 300 | 1.3..6. | IST | 07:00 | 10:10 | | BSR | 3:10 |
| 301 | 1.3..6. | BSR | 11:10 | 14:45 | | IST | 3:35 |
| 302 | 1234567 | IST | 07:00 | 09:45 | | BGW | 2:45 |
| 303 | 1234567 | BGW | 11:30 | 14:30 | | IST | 3:00 |
| 304 | .2....7 | IST | 19:30 | 21:50 | | EBL | 2:20 |
| 304 |5.. | IST | 19:35 | 21:50 | | EBL | 2:15 |
| 305 | 1....6. | EBL | 03:10 | 05:45 | | IST | 2:35 |
| 305 | ..3.... | EBL | 03:05 | 05:40 | | IST | 2:35 |
| 306 | 12.4.6. | IST | 09:50 | 12:25 | | ISU | 2:35 |
| 307 | 12.4.6. | ISU | 13:35 | 16:20 | | IST | 2:45 |
| 314 | 1..... | IST | 09:20 | 11:40 | | EBL | 2:20 |
| 314 | ..34.6. | IST | 09:15 | 11:35 | | EBL | 2:20 |
| 315 | 1.34.6. | EBL | 12:35 | 15:10 | | IST | 2:35 |
| 322 | 1234567 | IST | 18:10 | 21:45 | | ASB | 3:35 |
| 323 | 1234567 | ASB | 23:00 | 03:10 | +1 | IST | 4:10 |
| 324 | 1234567 | IST | 21:45 | 01:35 | +1 | ASB | 3:50 |
| 325 | 1234567 | ASB | 02:40 | 06:50 | | IST | 4:10 |
| 328 | 1.3.5.. | IST | 22:45 | 01:20 | +1 | NAJ | 2:35 |
| 328 | .2.4.6. | NAJ | 02:20 | 03:00 | | KVD | 0:40 |
| 328 | .2.4.6. | KVD | 04:20 | 06:50 | | IST | 2:30 |
| 332 | 1234567 | IST | 05:30 | 08:20 | | GYD | 2:50 |
| 333 | 12.4567 | GYD | 09:35 | 12:50 | | IST | 3:15 |
| 333 | ..3.... | GYD | 09:35 | 12:45 | | IST | 3:10 |
| 334 | 1234567 | IST | 12:45 | 15:30 | | GYD | 2:45 |
| 335 | 1234567 | GYD | 16:30 | 19:40 | | IST | 3:10 |
| 336 | 1.3.567 | IST | 18:00 | 20:50 | | GYD | 2:50 |
| 337 | 1234567 | GYD | 02:45 | 05:55 | | IST | 3:10 |
| 338 | 1234567 | IST | 21:35 | 00:20 | +1 | GYD | 2:45 |
| 339 | 1.3.567 | GYD | 23:30 | 02:40 | +1 | IST | 3:10 |
| 342 | 1.3.5.. | IST | 16:05 | 21:15 | | FRU | 5:10 |
| 342 | 1.3.5.. | FRU | 22:25 | 02:05 | +1 | ULN | 3:40 |
| 343 | .2.4.6. | FRU | 08:35 | 14:20 | | IST | 5:45 |
| 343 | .2.4.6. | ULN | 03:05 | 07:25 | | FRU | 4:20 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 344 | .2.4.6. | IST | 21:45 | 02:55 | +1 | FRU | 5:10 |
| 345 | ..3.5.7 | FRU | 04:25 | 10:15 | | IST | 5:50 |
| 346 | .2.4.67 | IST | 15:35 | 20:40 | | FRU | 5:05 |
| 347 | .2.4.67 | FRU | 21:50 | 03:40 | +1 | IST | 5:50 |
| 348 | 123.5.7 | IST | 18:10 | 23:20 | | FRU | 5:10 |
| 349 | 1234.6. | FRU | 00:40 | 06:30 | | IST | 5:50 |
| 350 | 1234567 | IST | 17:45 | 23:10 | | ALA | 5:25 |
| 351 | 1234567 | ALA | 00:45 | 06:55 | | IST | 6:10 |
| 352 | .2.4.6. | IST | 21:15 | 02:35 | +1 | ALA | 5:20 |
| 353 | ..3.5.7 | ALA | 04:00 | 10:10 | | IST | 6:10 |
| 354 | 123.56. | IST | 15:50 | 20:35 | | TSE | 4:45 |
| 355 | 123.56. | TSE | 21:50 | 03:20 | +1 | IST | 5:30 |
| 360 | 1.3.56. | IST | 17:10 | 22:05 | | OSS | 4:55 |
| 361 | 1.3.56. | OSS | 23:25 | 05:05 | +1 | IST | 5:40 |
| 368 | 12.45.. | IST | 20:55 | 01:30 | +1 | TAS | 4:35 |
| 369 | .23.56. | TAS | 03:15 | 08:35 | | IST | 5:20 |
| 370 | ..3..67 | IST | 16:00 | 20:35 | | TAS | 4:35 |
| 371 | ..3..67 | TAS | 22:10 | 03:25 | +1 | IST | 5:15 |
| 382 | 1234567 | IST | 10:10 | 12:25 | | TBS | 2:15 |
| 383 | 1234567 | TBS | 13:15 | 15:45 | | IST | 2:30 |
| 384 | 1234567 | IST | 04:05 | 06:20 | | TBS | 2:15 |
| 385 | 1234567 | TBS | 07:20 | 09:50 | | IST | 2:30 |
| 386 | 1234567 | IST | 21:10 | 23:25 | | TBS | 2:15 |
| 387 | 1234567 | TBS | 00:15 | 02:45 | | IST | 2:30 |
| 390 | .2.4..7 | IST | 04:15 | 06:10 | | BUS | 1:55 |
| 391 | .2.4..7 | BUS | 07:25 | 09:30 | | IST | 2:05 |
| 392 | 1234567 | IST | 10:10 | 12:05 | | BUS | 1:55 |
| 393 | 1234567 | BUS | 13:05 | 15:10 | | IST | 2:05 |
| 401 | 1234567 | IST | 07:55 | 11:15 | | LED | 3:20 |
| 402 | 1234567 | LED | 12:25 | 15:55 | | IST | 3:30 |
| 413 | 1234567 | IST | 05:25 | 08:20 | | VKO | 2:55 |
| 414 | 1234567 | VKO | 09:25 | 12:35 | | IST | 3:10 |
| 415 | 1234567 | IST | 13:35 | 16:30 | | VKO | 2:55 |
| 416 | 12.4567 | VKO | 17:45 | 20:55 | | IST | 3:10 |
| 416 | ..3.... | VKO | 17:45 | 20:50 | | IST | 3:05 |
| 417 | 1234567 | IST | 08:05 | 10:55 | | VKO | 2:50 |
| 418 | 1234567 | VKO | 12:00 | 15:10 | | IST | 3:10 |
| 419 | 1234567 | IST | 20:10 | 23:00 | | VKO | 2:50 |
| 420 | 1234567 | VKO | 02:00 | 05:05 | | IST | 3:05 |
| 421 | 1234567 | ESB | 10:50 | 14:00 | | VKO | 3:10 |
| 422 | 1234567 | VKO | 15:00 | 18:10 | | ESB | 3:10 |
| 423 | ..3.5.7 | IST | 17:00 | 22:50 | | OVB | 5:50 |
| 424 | 1..4.6. | OVB | 00:10 | 06:35 | | IST | 6:25 |
| 427 | 1234567 | IST | 18:55 | 22:25 | | KZN | 3:30 |
| 428 | 1234567 | KZN | 23:40 | 03:25 | +1 | IST | 3:45 |
| 435 | .2345.7 | IST | 09:50 | 11:40 | | DNK | 1:50 |
| 436 | .2345.7 | DNK | 12:35 | 14:45 | | IST | 2:10 |
| 441 | .2.4..7 | IST | 09:30 | 11:30 | | LWO | 2:00 |
| 442 | .2.4..7 | LWO | 12:20 | 14:25 | | IST | 2:05 |
| 446 | 123.567 | IST | 21:30 | 01:15 | +1 | UFA | 3:45 |
| 447 | 1234.67 | UFA | 02:35 | 06:50 | | IST | 4:15 |
| 457 | 1.34567 | IST | 04:55 | 06:55 | | KBP | 2:00 |
| 458 | 1.34567 | KBP | 07:55 | 10:00 | | IST | 2:05 |
| 459 | 1234567 | IST | 15:20 | 17:15 | | KBP | 1:55 |
| 460 | 1234567 | KBP | 18:15 | 20:25 | | IST | 2:10 |
| 465 | 123456. | IST | 04:40 | 06:05 | | ODS | 1:25 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 466 | 123456. | ODS | 06:55 | 08:25 | | IST | 1:30 |
| 467 | 12.45.7 | IST | 16:20 | 17:50 | | ODS | 1:30 |
| 468 | 12.45.7 | ODS | 18:45 | 20:10 | | IST | 1:25 |
| 471 | 1234567 | IST | 10:55 | 12:25 | | KHE | 1:30 |
| 472 | 1234567 | KHE | 13:15 | 15:10 | | IST | 1:55 |
| 475 | 1.3.5.7 | IST | 21:05 | 01:15 | +1 | SVX | 4:10 |
| 476 | 12.4.6. | SVX | 02:25 | 07:10 | | IST | 4:45 |
| 479 | .23.5.7 | IST | 20:50 | 23:35 | | ASF | 2:45 |
| 480 | 1.34.6. | ASF | 01:00 | 03:50 | | IST | 2:50 |
| 483 | .2.4..7 | IST | 22:05 | 00:20 | +1 | STW | 2:15 |
| 484 | 1.3.5.. | STW | 01:15 | 03:40 | | IST | 2:25 |
| 493 | 1.3.56. | IST | 09:45 | 13:55 | | ORN | 4:10 |
| 494 | 1.3.56. | ORN | 15:05 | 18:45 | | IST | 3:40 |
| 495 | .2.4..7 | IST | 20:20 | 00:30 | +1 | ORN | 4:10 |
| 496 | 1.3.5.. | ORN | 01:30 | 05:10 | | IST | 3:40 |
| 545 |6. | IST | 14:45 | 20:50 | | NIM | 6:05 |
| 545 |6. | NIM | 21:45 | 23:50 | | BKO | 2:05 |
| 545 |7 | BKO | 00:45 | 07:15 | | IST | 6:30 |
| 549 | .2.4... | IST | 14:50 | 21:25 | | OUA | 6:35 |
| 549 | .2.4... | OUA | 22:20 | 23:50 | | BKO | 1:30 |
| 549 | ..3.5.. | BKO | 00:45 | 07:15 | | IST | 6:30 |
| 559 |7 | COO | 20:05 | 21:50 | | ABJ | 1:45 |
| 559 |7 | ABJ | 22:50 | 05:40 | +1 | IST | 6:50 |
| 559 |7 | IST | 12:25 | 19:05 | | COO | 6:40 |
| 561 | 1.3.5.. | ABJ | 22:50 | 05:40 | +1 | IST | 6:50 |
| 561 | 1.3.5.. | IST | 12:25 | 19:05 | | COO | 6:40 |
| 561 | 1.3.5.. | COO | 20:05 | 21:50 | | ABJ | 1:45 |
| 567 | 1....6. | OUA | 00:05 | 06:15 | | IST | 6:10 |
| 567 |5.7 | IST | 15:00 | 21:05 | | NIM | 6:05 |
| 567 |5.7 | NIM | 22:05 | 23:05 | | OUA | 1:00 |
| 569 | 1..... | EBB | 00:55 | 07:15 | | IST | 6:20 |
| 569 |7 | IST | 15:20 | 21:55 | | KGL | 6:35 |
| 569 |7 | KGL | 22:55 | 23:55 | | EBB | 1:00 |
| 571 | ..3.5.. | JRO | 23:10 | 00:05 | +1 | MBA | 0:55 |
| 571 | ..3.5.. | IST | 15:15 | 22:10 | | JRO | 6:55 |
| 571 | ...4.6. | MBA | 01:05 | 08:00 | | IST | 6:55 |
| 578 | .2.4.6. | TIF | 20:45 | 22:30 | | ASM | 1:45 |
| 578 | .2.4.6. | IST | 15:50 | 19:45 | | TIF | 3:55 |
| 579 | .2.4.6. | ASM | 23:30 | 01:15 | +1 | TIF | 1:45 |
| 579 | ..3.5.7 | TIF | 02:15 | 05:50 | | IST | 3:35 |
| 585 | ...4.6. | IST | 14:05 | 20:05 | | KAN | 6:00 |
| 585 | ...4.6. | NDJ | 22:55 | 04:35 | +1 | IST | 5:40 |
| 585 | ...4.6. | KAN | 20:55 | 22:10 | | NDJ | 1:15 |
| 587 | .2..... | KAN | 20:55 | 22:10 | | NDJ | 1:15 |
| 587 | .2..... | NDJ | 22:55 | 04:35 | +1 | IST | 5:40 |
| 587 | .2..... | IST | 14:05 | 20:05 | | KAN | 6:00 |
| 589 | 1.3.567 | FIH | 19:55 | 21:25 | | LBV | 1:30 |
| 589 | 1.3.567 | IST | 11:00 | 18:40 | | FIH | 7:40 |
| 589 | 1.3.567 | LBV | 22:40 | 06:00 | +1 | IST | 7:20 |
| 593 | 1.3..6. | NKC | 05:35 | 06:35 | | DKR | 1:00 |
| 593 | 1.3..6. | DKR | 07:30 | 14:25 | | IST | 6:55 |
| 593 | .2..5.7 | IST | 21:45 | 04:50 | +1 | NKC | 7:05 |
| 595 | .2.4..7 | IST | 10:45 | 17:50 | | NKC | 7:05 |
| 595 | .2.4..7 | NKC | 18:35 | 19:40 | | DKR | 1:05 |
| 595 | .2.4..7 | DKR | 20:35 | 03:35 | +1 | IST | 7:00 |
| 597 | 1.3.... | IST | 15:00 | 21:05 | | NIM | 6:05 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 597 | 1.3.... | NIM | 22:05 | 23:05 | | OUA | 1:00 |
| 597 | .2.4... | OUA | 00:05 | 06:15 | | IST | 6:10 |
| 603 | 1234567 | IST | 16:10 | 23:35 | | DAR | 7:25 |
| 604 | 1234567 | DAR | 00:35 | 07:50 | | IST | 7:15 |
| 606 | 1.3.5.. | IST | 15:20 | 21:55 | | KGL | 6:35 |
| 606 | 1.3.5.. | KGL | 22:55 | 23:55 | | EBB | 1:00 |
| 606 | .2.4.6. | EBB | 00:55 | 07:15 | | IST | 6:20 |
| 607 | 1234567 | IST | 21:50 | 04:25 | +1 | NBO | 6:35 |
| 608 | 1234567 | NBO | 07:35 | 14:00 | | IST | 6:25 |
| 612 | .2.4... | IST | 15:20 | 21:55 | | KGL | 6:35 |
| 612 | .2.4.6. | KGL | 22:55 | 23:55 | | EBB | 1:00 |
| 612 | ..3.5.7 | EBB | 00:55 | 07:15 | | IST | 6:20 |
| 612 |6. | IST | 15:25 | 21:55 | | KGL | 6:30 |
| 617 | 1234567 | IST | 07:25 | 12:25 | | CMN | 5:00 |
| 618 | 1234567 | CMN | 14:05 | 18:40 | | IST | 4:35 |
| 623 | .2.4567 | IST | 15:25 | 21:55 | | ABV | 6:30 |
| 624 | .2.4567 | ABV | 22:55 | 05:05 | +1 | IST | 6:10 |
| 625 | 1234567 | IST | 13:10 | 19:55 | | LOS | 6:45 |
| 626 | 1.34567 | LOS | 21:10 | 03:40 | +1 | IST | 6:30 |
| 626 | .2..... | LOS | 21:10 | 03:35 | +1 | IST | 6:25 |
| 629 | 1234567 | IST | 12:10 | 19:20 | | ACC | 7:10 |
| 630 | 1234567 | ACC | 20:20 | 03:00 | +1 | IST | 6:40 |
| 651 | 1234567 | IST | 11:00 | 14:40 | | ALG | 3:40 |
| 652 | 1234567 | ALG | 16:00 | 19:10 | | IST | 3:10 |
| 653 | 1.3.5.7 | IST | 06:00 | 09:35 | | ALG | 3:35 |
| 654 | 1.3.5.7 | ALG | 11:05 | 14:30 | | IST | 3:25 |
| 655 | 1234567 | IST | 19:00 | 22:35 | | ALG | 3:35 |
| 656 | 1234567 | ALG | 23:55 | 03:15 | +1 | IST | 3:20 |
| 657 | .2.4.6. | IST | 13:25 | 17:00 | | ALG | 3:35 |
| 658 | .2.4.6. | ALG | 18:30 | 21:50 | | IST | 3:20 |
| 661 | 1234567 | IST | 05:15 | 08:05 | | TUN | 2:50 |
| 662 | 12.45.. | TUN | 09:20 | 12:00 | | IST | 2:40 |
| 662 | ..3..67 | TUN | 09:20 | 11:55 | | IST | 2:35 |
| 663 | 1234567 | IST | 10:45 | 13:35 | | TUN | 2:50 |
| 664 | 1234567 | TUN | 14:35 | 17:15 | | IST | 2:40 |
| 667 | 1.3.5.. | NSI | 01:30 | 08:20 | | IST | 6:50 |
| 667 | .2.4..7 | DLA | 23:30 | 00:30 | +1 | NSI | 1:00 |
| 667 | .2.4..7 | IST | 15:40 | 22:30 | | DLA | 6:50 |
| 669 | 1.3.5.. | NSI | 23:05 | 00:05 | +1 | DLA | 1:00 |
| 669 | 1.3.5.. | IST | 15:15 | 22:05 | | NSI | 6:50 |
| 669 | .2.4.6. | DLA | 01:00 | 07:50 | | IST | 6:50 |
| 673 | 1..4.6. | IST | 15:15 | 22:10 | | JRO | 6:55 |
| 673 | 1..4.6. | JRO | 23:10 | 00:05 | +1 | MBA | 0:55 |
| 673 | .2..5.7 | MBA | 01:05 | 08:00 | | IST | 6:55 |
| 675 | 1.3.... | MBA | 01:05 | 08:00 | | IST | 6:55 |
| 675 | .2....7 | IST | 15:15 | 22:10 | | JRO | 6:55 |
| 675 | .2....7 | JRO | 23:10 | 00:05 | +1 | MBA | 0:55 |
| 676 | 1234567 | IST | 15:50 | 21:05 | | ADD | 5:15 |
| 677 | 1234567 | ADD | 22:20 | 03:35 | +1 | IST | 5:15 |
| 679 |6. | IST | 15:15 | 22:05 | | NSI | 6:50 |
| 679 |6. | NSI | 23:05 | 00:05 | +1 | DLA | 1:00 |
| 679 |7 | DLA | 01:00 | 07:50 | | IST | 6:50 |
| 680 | 1234567 | IST | 18:00 | 22:10 | | KRT | 4:10 |
| 681 | 1234567 | KRT | 23:20 | 03:30 | +1 | IST | 4:10 |
| 686 | 1.3.5.7 | JIB | 03:00 | 05:00 | | MGQ | 2:00 |
| 686 | .2.4.67 | IST | 20:55 | 02:05 | +1 | JIB | 5:10 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 687 | 1.3.5.7 | MGQ | 06:20 | 08:20 | | JIB | 2:00 |
| 687 | 1.3.5.7 | JIB | 09:10 | 14:20 | | IST | 5:10 |
| 688 | 1.3.5.. | IST | 20:55 | 02:05 | +1 | JIB | 5:10 |
| 688 | .2.4.6. | JIB | 03:00 | 05:00 | | MGQ | 2:00 |
| 689 | .2.4.6. | MGQ | 06:20 | 08:20 | | JIB | 2:00 |
| 689 | .2.4.6. | JIB | 09:10 | 14:20 | | IST | 5:10 |
| 690 | 1234567 | IST | 03:45 | 05:55 | | CAI | 2:10 |
| 691 | 1234567 | CAI | 06:55 | 09:05 | | IST | 2:10 |
| 692 | 1234567 | IST | 21:30 | 23:50 | | CAI | 2:20 |
| 693 | 1234567 | CAI | 00:50 | 03:05 | | IST | 2:15 |
| 694 | 1234567 | IST | 15:10 | 17:25 | | CAI | 2:15 |
| 695 | 1234567 | CAI | 18:25 | 20:40 | | IST | 2:15 |
| 696 | 1234567 | IST | 21:35 | 23:50 | | HBE | 2:15 |
| 697 | 1234567 | HBE | 00:50 | 03:00 | | IST | 2:10 |
| 700 | 123.567 | IST | 21:15 | 23:45 | | SSH | 2:30 |
| 700 | ...4... | IST | 21:20 | 23:45 | | SSH | 2:25 |
| 701 | 1234567 | SSH | 00:45 | 03:20 | | IST | 2:35 |
| 702 | 1234567 | IST | 21:05 | 23:50 | | HRG | 2:45 |
| 703 | 1234567 | HRG | 00:45 | 03:30 | | IST | 2:45 |
| 706 | 1234567 | IST | 00:10 | 05:00 | | KBL | 4:50 |
| 707 | 1234567 | KBL | 07:00 | 13:00 | | IST | 6:00 |
| 708 | 1234567 | IST | 17:30 | 22:55 | | KHI | 5:25 |
| 709 | 1234567 | KHI | 00:30 | 06:30 | | IST | 6:00 |
| 710 | 1234567 | IST | 17:20 | 22:50 | | ISB | 5:30 |
| 711 | 1234567 | ISB | 00:30 | 06:40 | | IST | 6:10 |
| 712 | 1234567 | IST | 15:20 | 22:50 | | DAC | 7:30 |
| 713 | 1234567 | DAC | 00:10 | 08:40 | | IST | 8:30 |
| 714 | 1234567 | IST | 17:20 | 22:50 | | LHE | 5:30 |
| 715 | 1234567 | LHE | 00:20 | 06:40 | | IST | 6:20 |
| 716 | 1234567 | IST | 16:55 | 22:50 | | DEL | 5:55 |
| 717 | 1234567 | DEL | 00:35 | 07:25 | | IST | 6:50 |
| 720 | 1234567 | IST | 16:35 | 23:00 | | BOM | 6:25 |
| 721 | 1234567 | BOM | 00:25 | 07:15 | | IST | 6:50 |
| 726 | 1..456. | IST | 17:35 | 00:30 | +1 | KTM | 6:55 |
| 727 | .2..567 | KTM | 02:00 | 09:40 | | IST | 7:40 |
| 730 | 12.4.67 | IST | 21:55 | 05:50 | +1 | MLE | 7:55 |
| 730 | 123.5.7 | MLE | 07:05 | 08:35 | | CMB | 1:30 |
| 731 | 123.5.7 | CMB | 15:50 | 17:25 | | MLE | 1:35 |
| 731 | 123.5.7 | MLE | 18:40 | 02:35 | +1 | IST | 7:55 |
| 736 | .2.4.6. | IST | 20:50 | 01:25 | +1 | MZR | 4:35 |
| 737 | ..3.5.7 | MZR | 02:35 | 08:00 | | IST | 5:25 |
| 760 | 1234567 | IST | 16:45 | 21:20 | | DXB | 4:35 |
| 761 | 1234567 | DXB | 22:35 | 03:25 | +1 | IST | 4:50 |
| 762 | 1234567 | IST | 21:20 | 01:40 | +1 | DXB | 4:20 |
| 763 | 1234567 | DXB | 02:55 | 07:45 | | IST | 4:50 |
| 766 | 12...67 | IST | 06:40 | 10:10 | | KWI | 3:30 |
| 766 | ..345.. | IST | 06:40 | 10:05 | | KWI | 3:25 |
| 767 | 12...6. | KWI | 11:10 | 15:00 | | IST | 3:50 |
| 767 | ..345.. | KWI | 11:20 | 15:05 | | IST | 3:45 |
| 767 |7 | KWI | 11:25 | 15:15 | | IST | 3:50 |
| 768 | 1234567 | IST | 20:30 | 23:50 | | KWI | 3:20 |
| 769 | 1234567 | KWI | 00:40 | 04:25 | | IST | 3:45 |
| 770 | 1234567 | IST | 22:05 | 01:40 | +1 | KWI | 3:35 |
| 771 | 1234567 | KWI | 03:50 | 07:40 | | IST | 3:50 |
| 772 | 1.3456. | IST | 18:00 | 21:35 | | KWI | 3:35 |
| 772 | .2....7 | IST | 17:40 | 21:15 | | KWI | 3:35 |

| | | | | | | | |
|-----|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 773 | 1234567 | KWI | 23:05 | 02:50 | +1 | IST | 3:45 |
| 774 | 1234567 | IST | 16:55 | 21:35 | | MCT | 4:40 |
| 775 | 1234567 | MCT | 22:30 | 03:35 | +1 | IST | 5:05 |
| 778 | 1234567 | IST | 17:35 | 21:35 | | BAH | 4:00 |
| 779 | 12345.7 | BAH | 22:35 | 02:50 | +1 | IST | 4:15 |
| 779 |6. | BAH | 22:50 | 03:05 | +1 | IST | 4:15 |
| 780 | 1234567 | IST | 17:40 | 22:00 | | DOH | 4:20 |
| 781 | 1234567 | DOH | 23:00 | 03:45 | +1 | IST | 4:45 |
| 782 | 1234567 | IST | 21:30 | 01:40 | +1 | DOH | 4:10 |
| 783 | 1234567 | DOH | 02:45 | 07:15 | | IST | 4:30 |
| 784 | 1234567 | IST | 03:45 | 05:50 | | TLV | 2:05 |
| 785 | 1..... | TLV | 06:50 | 09:00 | | IST | 2:10 |
| 785 | .2.4567 | TLV | 06:50 | 09:05 | | IST | 2:15 |
| 785 | ..3.... | TLV | 07:05 | 09:20 | | IST | 2:15 |
| 786 | 1.3.567 | IST | 09:40 | 11:45 | | TLV | 2:05 |
| 786 | .2.4... | IST | 09:25 | 11:30 | | TLV | 2:05 |
| 787 | 1234567 | TLV | 12:45 | 15:00 | | IST | 2:15 |
| 788 | 1234567 | IST | 15:15 | 17:20 | | TLV | 2:05 |
| 789 | 1234567 | TLV | 18:35 | 20:50 | | IST | 2:15 |
| 790 | 1234567 | IST | 18:15 | 20:30 | | TLV | 2:15 |
| 791 | 1234567 | TLV | 22:00 | 00:10 | +1 | IST | 2:10 |
| 792 | 1234567 | IST | 21:50 | 00:05 | +1 | TLV | 2:15 |
| 793 | 12345.7 | TLV | 02:00 | 04:15 | | IST | 2:15 |
| 793 |6. | TLV | 02:50 | 05:05 | | IST | 2:15 |
| 794 | 1234567 | IST | 06:15 | 08:20 | | TLV | 2:05 |
| 795 | 123.567 | TLV | 09:20 | 11:35 | | IST | 2:15 |
| 795 | ...4... | TLV | 09:35 | 11:50 | | IST | 2:15 |
| 796 | 1234567 | IST | 00:15 | 03:05 | | NJF | 2:50 |
| 797 | 1234567 | NJF | 05:05 | 08:20 | | IST | 3:15 |
| 798 | 1234567 | IST | 01:25 | 04:35 | | BSR | 3:10 |
| 799 | 1234567 | BSR | 05:35 | 09:10 | | IST | 3:35 |
| 802 | 1234567 | IST | 00:50 | 03:35 | | BGW | 2:45 |
| 803 | 12345.7 | BGW | 06:45 | 09:45 | | IST | 3:00 |
| 803 |6. | BGW | 06:45 | 09:40 | | IST | 2:55 |
| 804 | 1.34.6. | IST | 21:15 | 23:35 | | EBL | 2:20 |
| 804 | .2..5.7 | IST | 21:25 | 23:45 | | EBL | 2:20 |
| 805 | 1.3..6. | EBL | 00:45 | 03:20 | | IST | 2:35 |
| 805 | .2.45.7 | EBL | 00:50 | 03:25 | | IST | 2:35 |
| 806 | 1234567 | IST | 21:10 | 23:45 | | ISU | 2:35 |
| 807 | 1234567 | ISU | 00:55 | 03:40 | | IST | 2:45 |
| 810 | 12345.. | IST | 20:35 | 22:45 | | TLV | 2:10 |
| 810 |67 | IST | 20:45 | 22:55 | | TLV | 2:10 |
| 811 | 1.34.67 | TLV | 04:30 | 06:45 | | IST | 2:15 |
| 811 | .2..5.. | TLV | 04:50 | 07:05 | | IST | 2:15 |
| 812 | 1234567 | IST | 17:45 | 20:55 | | AMM | 3:10 |
| 813 | 1234567 | AMM | 04:00 | 06:55 | | IST | 2:55 |
| 814 | 1234567 | IST | 21:55 | 01:00 | +1 | AMM | 3:05 |
| 815 | 1234567 | AMM | 00:10 | 03:05 | | IST | 2:55 |
| 818 | .2.4.6. | IST | 21:25 | 23:55 | | AQJ | 2:30 |
| 819 | ..3.5.7 | AQJ | 00:55 | 03:30 | | IST | 2:35 |
| 824 | 1234567 | IST | 09:40 | 11:25 | | BEY | 1:45 |
| 825 | 1234567 | BEY | 12:45 | 14:40 | | IST | 1:55 |
| 826 | 1234567 | IST | 19:50 | 21:40 | | BEY | 1:50 |
| 827 | 1234567 | BEY | 04:20 | 06:15 | | IST | 1:55 |
| 828 | 1234567 | IST | 22:40 | 00:30 | +1 | BEY | 1:50 |
| 829 | 1234567 | BEY | 01:00 | 02:55 | | IST | 1:55 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 840 | 1.34.6. | IST | 18:15 | 19:30 | | AYT | 1:15 |
| 840 | 1.34.6. | AYT | 20:00 | 22:10 | | EBL | 2:10 |
| 841 | .2.45.7 | EBL | 01:10 | 03:25 | | AYT | 2:15 |
| 841 | .2.45.7 | AYT | 03:55 | 05:15 | | IST | 1:20 |
| 842 | 1.34.6. | AYT | 09:00 | 11:35 | | BGW | 2:35 |
| 842 | 1.34.6. | IST | 07:20 | 08:30 | | AYT | 1:10 |
| 843 | 1.34.6. | BGW | 13:20 | 16:05 | | AYT | 2:45 |
| 843 | 1.34.6. | AYT | 16:35 | 17:55 | | IST | 1:20 |
| 868 | .2.45.7 | IST | 17:20 | 21:45 | | AUH | 4:25 |
| 869 | .2.45.7 | AUH | 23:00 | 03:45 | +1 | IST | 4:45 |
| 870 | 1234567 | IST | 07:10 | 10:10 | | IKA | 3:00 |
| 871 | 1234567 | IKA | 11:10 | 14:40 | | IST | 3:30 |
| 872 | 1234567 | IST | 20:20 | 23:20 | | IKA | 3:00 |
| 873 | 1234567 | IKA | 00:45 | 04:10 | | IST | 3:25 |
| 874 | 123456. | IST | 17:50 | 21:00 | | IKA | 3:10 |
| 874 |7 | IST | 18:00 | 21:10 | | IKA | 3:10 |
| 875 | 1234567 | IKA | 22:50 | 02:15 | +1 | IST | 3:25 |
| 878 | 1234567 | IST | 22:10 | 01:20 | +1 | IKA | 3:10 |
| 879 | 1234567 | IKA | 03:45 | 07:10 | | IST | 3:25 |
| 882 | 1234567 | IST | 21:25 | 23:55 | | TBZ | 2:30 |
| 883 | 1234567 | TBZ | 01:00 | 03:45 | | IST | 2:45 |
| 884 | 1234567 | IST | 18:10 | 22:00 | | SYZ | 3:50 |
| 885 | 1234567 | SYZ | 23:05 | 03:10 | +1 | IST | 4:05 |
| 888 | 1234567 | IST | 18:05 | 21:50 | | MHD | 3:45 |
| 889 | 1234567 | MHD | 22:50 | 03:15 | +1 | IST | 4:25 |
| 890 | 1..4... | KSH | 02:30 | 05:35 | | IST | 3:05 |
| 890 | 1..4... | AWZ | 00:40 | 01:45 | | KSH | 1:05 |
| 890 | ..3...7 | IST | 20:50 | 23:55 | | AWZ | 3:05 |
| 892 | 1234567 | IST | 20:00 | 23:20 | | IFN | 3:20 |
| 893 | 1234567 | IFN | 00:20 | 04:05 | | IST | 3:45 |
| 894 | .2..5.. | IST | 20:50 | 23:35 | | KSH | 2:45 |
| 894 | ..3..6. | KSH | 00:20 | 01:20 | | AWZ | 1:00 |
| 894 | ..3..6. | AWZ | 02:05 | 05:35 | | IST | 3:30 |
| 960 | 1234567 | IST | 04:20 | 05:50 | | ECN | 1:30 |
| 961 | 1234567 | ECN | 06:35 | 08:15 | | IST | 1:40 |
| 962 | 1234567 | IST | 15:50 | 17:20 | | ECN | 1:30 |
| 963 | 1234567 | ECN | 18:10 | 19:45 | | IST | 1:35 |
| 964 | 1234567 | IST | 20:35 | 22:10 | | ECN | 1:35 |
| 965 | 1234567 | ECN | 01:20 | 02:55 | | IST | 1:35 |
| 966 | 1234567 | IST | 13:55 | 15:30 | | ECN | 1:35 |
| 967 | 1234567 | ECN | 16:20 | 18:00 | | IST | 1:40 |
| 968 | 1234567 | IST | 10:45 | 12:20 | | ECN | 1:35 |
| 969 | 1234567 | ECN | 13:10 | 14:50 | | IST | 1:40 |
| 1003 | 1234567 | IST | 04:40 | 06:10 | | SKP | 1:30 |
| 1004 | 1234567 | SKP | 07:05 | 08:35 | | IST | 1:30 |
| 1005 | 1234567 | IST | 16:25 | 17:55 | | SKP | 1:30 |
| 1006 | 1234567 | SKP | 18:50 | 20:25 | | IST | 1:35 |
| 1017 | 1234567 | IST | 04:35 | 06:10 | | PRN | 1:35 |
| 1018 | 1234567 | PRN | 07:05 | 08:40 | | IST | 1:35 |
| 1019 | 1234567 | IST | 16:05 | 17:45 | | PRN | 1:40 |
| 1020 | 1234567 | PRN | 18:40 | 20:20 | | IST | 1:40 |
| 1021 | 1234567 | IST | 04:05 | 05:55 | | SJJ | 1:50 |
| 1022 | 1234567 | SJJ | 06:50 | 08:45 | | IST | 1:55 |
| 1023 | 1..45.7 | IST | 09:20 | 11:10 | | SJJ | 1:50 |
| 1024 | 1..45.7 | SJJ | 12:05 | 13:55 | | IST | 1:50 |
| 1025 | 1234567 | IST | 15:45 | 17:35 | | SJJ | 1:50 |

| | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|-----|------|
| 1026 | 1234567 | SJJ | 18:35 | 20:30 | IST | 1:55 |
| 1027 | 1234567 | IST | 04:30 | 05:45 | SOF | 1:15 |
| 1028 | 1234567 | SOF | 06:35 | 08:00 | IST | 1:25 |
| 1029 | 1234567 | IST | 16:10 | 17:30 | SOF | 1:20 |
| 1030 | 1234567 | SOF | 18:20 | 19:45 | IST | 1:25 |
| 1033 | 1234567 | IST | 08:55 | 10:55 | BUD | 2:00 |
| 1034 | 1234567 | BUD | 11:50 | 13:55 | IST | 2:05 |
| 1035 | 1234567 | IST | 04:25 | 06:20 | BUD | 1:55 |
| 1036 | 1234567 | BUD | 07:05 | 09:05 | IST | 2:00 |
| 1037 | 1234567 | IST | 15:15 | 17:15 | BUD | 2:00 |
| 1038 | 1234567 | BUD | 18:10 | 20:15 | IST | 2:05 |
| 1039 | 1234567 | IST | 13:00 | 15:05 | BUD | 2:05 |
| 1040 | 1234567 | BUD | 16:00 | 18:00 | IST | 2:00 |
| 1041 | 1234567 | IST | 19:55 | 21:15 | OTP | 1:20 |
| 1042 | 1234567 | OTP | 03:05 | 04:25 | IST | 1:20 |
| 1043 | 1234567 | IST | 04:40 | 06:00 | OTP | 1:20 |
| 1044 | 1234567 | OTP | 07:15 | 08:40 | IST | 1:25 |
| 1045 | 1234567 | IST | 16:30 | 17:50 | OTP | 1:20 |
| 1046 | 1234567 | OTP | 18:50 | 20:15 | IST | 1:25 |
| 1049 | .2....7 | CND | 11:40 | 12:20 | VAR | 0:40 |
| 1049 | .2....7 | IST | 09:40 | 10:55 | CND | 1:15 |
| 1049 | .2....7 | VAR | 13:05 | 14:05 | IST | 1:00 |
| 1051 | ..3.5.. | CND | 12:55 | 14:05 | IST | 1:10 |
| 1051 | ..3.5.. | VAR | 11:25 | 12:05 | CND | 0:40 |
| 1051 | ..3.5.. | IST | 09:40 | 10:40 | VAR | 1:00 |
| 1053 | 1234567 | IST | 05:50 | 08:05 | ZAG | 2:15 |
| 1054 | 1234567 | ZAG | 09:00 | 11:00 | IST | 2:00 |
| 1055 | 1234567 | IST | 15:20 | 17:25 | ZAG | 2:05 |
| 1056 | 1234567 | ZAG | 18:20 | 20:25 | IST | 2:05 |
| 1059 | 1..4.6. | IST | 10:55 | 11:55 | VAR | 1:00 |
| 1060 | 1..4.6. | VAR | 12:40 | 13:40 | IST | 1:00 |
| 1061 | 12.4.67 | IST | 06:15 | 08:30 | LJU | 2:15 |
| 1062 | 12.4.67 | LJU | 09:25 | 11:40 | IST | 2:15 |
| 1063 | 1.345.7 | IST | 12:35 | 14:50 | LJU | 2:15 |
| 1064 | 1.345.7 | LJU | 15:45 | 17:55 | IST | 2:10 |
| 1069 | .2.45.7 | IST | 22:00 | 23:00 | VAR | 1:00 |
| 1070 | 1.3.56. | VAR | 01:15 | 02:15 | IST | 1:00 |
| 1073 | 1234567 | IST | 04:25 | 06:05 | TIA | 1:40 |
| 1074 | 1234567 | TIA | 07:10 | 08:50 | IST | 1:40 |
| 1077 | 1234567 | IST | 16:05 | 17:45 | TIA | 1:40 |
| 1078 | 1234567 | TIA | 18:40 | 20:20 | IST | 1:40 |
| 1081 | 1234567 | IST | 04:25 | 06:05 | BEG | 1:40 |
| 1082 | 1234567 | BEG | 06:55 | 08:40 | IST | 1:45 |
| 1083 | 1234567 | IST | 15:45 | 17:25 | BEG | 1:40 |
| 1084 | 1234567 | BEG | 18:20 | 20:05 | IST | 1:45 |
| 1085 | 1234567 | IST | 09:40 | 11:30 | TGD | 1:50 |
| 1086 | 1234567 | TGD | 12:30 | 14:10 | IST | 1:40 |
| 1087 | ...45.7 | IST | 16:30 | 18:20 | TGD | 1:50 |
| 1088 | ...45.7 | TGD | 19:20 | 21:05 | IST | 1:45 |
| 1301 | 1234567 | IST | 07:55 | 11:50 | VLC | 3:55 |
| 1302 | 1234567 | VLC | 12:40 | 16:20 | IST | 3:40 |
| 1303 | 1.3.5.. | IST | 08:55 | 13:25 | AGP | 4:30 |
| 1304 | 1.3.5.. | AGP | 14:25 | 18:35 | IST | 4:10 |
| 1305 | 1234567 | IST | 06:30 | 11:10 | AGP | 4:40 |
| 1306 | 1234567 | AGP | 12:10 | 16:20 | IST | 4:10 |
| 1307 | 1.3.567 | IST | 07:30 | 10:20 | GOA | 2:50 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 1308 | 1.3.567 | GOA | 11:20 | 14:10 | | IST | 2:50 |
| 1309 | 1.3..6. | IST | 05:20 | 08:25 | | TRN | 3:05 |
| 1310 | 1.3..6. | TRN | 09:15 | 12:05 | | IST | 2:50 |
| 1311 | .2..5.7 | IST | 11:50 | 14:55 | | TRN | 3:05 |
| 1311 | ...4... | IST | 11:55 | 14:55 | | TRN | 3:00 |
| 1312 | .2.45.7 | TRN | 15:45 | 18:35 | | IST | 2:50 |
| 1315 | .2..5.7 | IST | 05:45 | 10:00 | | BIO | 4:15 |
| 1315 | .2..5.7 | BIO | 10:45 | 11:55 | | SCQ | 1:10 |
| 1316 | .2..5.7 | BIO | 14:55 | 18:45 | | IST | 3:50 |
| 1316 | .2..5.7 | SCQ | 13:00 | 14:10 | | BIO | 1:10 |
| 1317 | 1.34.6. | IST | 09:45 | 14:00 | | BIO | 4:15 |
| 1318 | 1.34.6. | BIO | 14:55 | 18:45 | | IST | 3:50 |
| 1321 | 1234567 | IST | 05:45 | 08:25 | | BLQ | 2:40 |
| 1322 | 1234567 | BLQ | 09:25 | 11:55 | | IST | 2:30 |
| 1323 | ..3.5.7 | IST | 08:55 | 11:35 | | BLQ | 2:40 |
| 1324 | ..3.5.7 | BLQ | 12:35 | 15:05 | | IST | 2:30 |
| 1325 | 1234567 | IST | 13:05 | 15:45 | | BLQ | 2:40 |
| 1326 | 1234567 | BLQ | 16:45 | 19:15 | | IST | 2:30 |
| 1331 | 12.45.7 | IST | 06:25 | 09:40 | | BRE | 3:15 |
| 1332 | 12.45.7 | BRE | 10:30 | 13:35 | | IST | 3:05 |
| 1333 | .234.67 | IST | 11:10 | 14:25 | | BRE | 3:15 |
| 1334 | .234.67 | BRE | 15:15 | 18:20 | | IST | 3:05 |
| 1337 | .2.4.6. | IST | 05:55 | 08:45 | | LEJ | 2:50 |
| 1338 | .2.4.6. | LEJ | 09:40 | 12:35 | | IST | 2:55 |
| 1339 | 1.3.5.7 | IST | 11:50 | 14:40 | | LEJ | 2:50 |
| 1340 | 1.3.5.7 | LEJ | 15:35 | 18:25 | | IST | 2:50 |
| 1343 | 12.456. | IST | 05:25 | 09:50 | | EDI | 4:25 |
| 1344 | 12.456. | EDI | 10:50 | 15:10 | | IST | 4:20 |
| 1345 | .23.5.7 | IST | 09:35 | 14:05 | | EDI | 4:30 |
| 1346 | .23.5.7 | EDI | 15:05 | 19:20 | | IST | 4:15 |
| 1347 | 1.3..6. | AAL | 12:40 | 13:25 | | BLL | 0:45 |
| 1347 | 1.3..6. | IST | 08:15 | 11:50 | | AAL | 3:35 |
| 1347 | 1.3..6. | BLL | 14:15 | 17:40 | | IST | 3:25 |
| 1349 | .2.45.7 | IST | 08:15 | 11:50 | | BLL | 3:35 |
| 1349 | .2.45.7 | AAL | 14:15 | 17:40 | | IST | 3:25 |
| 1349 | .2.45.7 | BLL | 12:40 | 13:25 | | AAL | 0:45 |
| 1353 | .2.4.67 | IST | 06:20 | 09:45 | | LUX | 3:25 |
| 1354 | .2.4.67 | LUX | 10:45 | 14:00 | | IST | 3:15 |
| 1355 | 1.3.5.. | IST | 10:25 | 13:45 | | LUX | 3:20 |
| 1356 | 1.3.5.. | LUX | 14:45 | 18:00 | | IST | 3:15 |
| 1357 | 1234567 | IST | 16:20 | 20:55 | | MAD | 4:35 |
| 1358 | 1234567 | MAD | 21:55 | 01:55 | +1 | IST | 4:00 |
| 1361 | 1234567 | IST | 19:15 | 21:50 | | FCO | 2:35 |
| 1362 | 1234567 | FCO | 05:10 | 07:40 | | IST | 2:30 |
| 1365 | .2345.7 | IST | 06:40 | 10:00 | | MRS | 3:20 |
| 1366 | .2345.7 | MRS | 10:50 | 13:50 | | IST | 3:00 |
| 1367 | 123.56. | IST | 11:10 | 14:30 | | MRS | 3:20 |
| 1368 | 123.5.. | MRS | 15:20 | 18:20 | | IST | 3:00 |
| 1368 |6. | MRS | 15:45 | 18:45 | | IST | 3:00 |
| 1369 | 1234567 | IST | 05:50 | 08:15 | | MLA | 2:25 |
| 1370 | 1234567 | MLA | 09:05 | 11:25 | | IST | 2:20 |
| 1371 | 1.34567 | IST | 11:20 | 13:45 | | MLA | 2:25 |
| 1372 | 1.34567 | MLA | 14:40 | 17:00 | | IST | 2:20 |
| 1377 | 12.45.7 | IST | 08:45 | 12:05 | | FMO | 3:20 |
| 1378 | 12.45.7 | FMO | 13:05 | 16:15 | | IST | 3:10 |
| 1381 | 1.3.567 | IST | 06:30 | 09:00 | | SZG | 2:30 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 1382 | 1.3.567 | SZG | 10:00 | 12:20 | | IST | 2:20 |
| 1383 | .2345.7 | IST | 12:35 | 15:05 | | SZG | 2:30 |
| 1384 | .2345.7 | SZG | 16:05 | 18:25 | | IST | 2:20 |
| 1385 | 1234567 | IST | 10:00 | 12:50 | | FDH | 2:50 |
| 1386 | 1234567 | FDH | 13:40 | 16:20 | | IST | 2:40 |
| 1389 | 1234567 | IST | 07:50 | 11:35 | | BOD | 3:45 |
| 1390 | 1234567 | BOD | 12:25 | 15:55 | | IST | 3:30 |
| 1393 | 1.3.56. | IST | 03:55 | 06:10 | | CTA | 2:15 |
| 1394 | 1.3.56. | CTA | 07:10 | 09:15 | | IST | 2:05 |
| 1395 | .2.4..7 | IST | 10:00 | 12:10 | | CTA | 2:10 |
| 1396 | .2.4..7 | CTA | 13:10 | 15:15 | | IST | 2:05 |
| 1397 | 1...5.7 | IST | 06:00 | 08:50 | | PSA | 2:50 |
| 1398 | 1...5.7 | PSA | 09:50 | 12:20 | | IST | 2:30 |
| 1399 | .2...6. | IST | 09:40 | 12:30 | | PSA | 2:50 |
| 1400 | .2...6. | PSA | 13:30 | 16:00 | | IST | 2:30 |
| 1405 | .2.4... | TLM | 12:40 | 13:40 | | BLJ | 1:00 |
| 1405 | .2.4... | BLJ | 14:55 | 17:45 | | IST | 2:50 |
| 1405 | .2.4... | IST | 07:05 | 11:25 | | TLM | 4:20 |
| 1407 | 1234567 | IST | 08:55 | 11:20 | | VNO | 2:25 |
| 1408 | 1234567 | VNO | 12:15 | 14:40 | | IST | 2:25 |
| 1411 | .2.4..7 | IST | 10:50 | 14:00 | | CZL | 3:10 |
| 1412 | .2.4..7 | CZL | 15:15 | 18:05 | | IST | 2:50 |
| 1418 | 1.3.5.7 | IST | 00:35 | 03:00 | | KVD | 2:25 |
| 1419 | 1.3.5.7 | KVD | 04:20 | 06:50 | | IST | 2:30 |
| 1421 | 1234567 | IST | 08:25 | 11:35 | | TLL | 3:10 |
| 1422 | 1234567 | TLL | 12:25 | 15:40 | | IST | 3:15 |
| 1425 | 12.4.6. | IST | 16:45 | 20:10 | | HEL | 3:25 |
| 1426 | .23.5.7 | HEL | 03:30 | 06:55 | | IST | 3:25 |
| 1429 | 1.3.5.7 | IST | 17:10 | 21:00 | | OSL | 3:50 |
| 1430 | 12.4... | OSL | 05:30 | 09:20 | | IST | 3:50 |
| 1430 |6. | OSL | 05:40 | 09:30 | | IST | 3:50 |
| 1431 | 1234567 | IST | 15:45 | 19:25 | | RTM | 3:40 |
| 1432 | 1234567 | RTM | 06:10 | 09:35 | | IST | 3:25 |
| 1441 | .23.5.7 | IST | 09:10 | 12:15 | | FKB | 3:05 |
| 1442 | .23.5.7 | FKB | 13:10 | 16:10 | | IST | 3:00 |
| 1445 | .23.5.7 | IST | 10:25 | 12:25 | | BRI | 2:00 |
| 1446 | .23.5.7 | BRI | 13:25 | 15:25 | | IST | 2:00 |
| 1449 | .2.4.67 | IST | 08:30 | 13:20 | | OPO | 4:50 |
| 1450 | .2.4.67 | OPO | 14:20 | 18:50 | | IST | 4:30 |
| 1453 | 1.3..67 | IST | 13:00 | 15:15 | | NAP | 2:15 |
| 1454 | 1.3..67 | NAP | 16:05 | 18:15 | | IST | 2:10 |
| 1457 |567 | IST | 18:35 | 21:10 | | VCE | 2:35 |
| 1458 | 1....67 | VCE | 05:30 | 07:55 | | IST | 2:25 |
| 1461 | 1.34.6. | IST | 10:30 | 12:45 | | GRZ | 2:15 |
| 1462 | 1.34.6. | GRZ | 13:40 | 15:45 | | IST | 2:05 |
| 1491 | 1234567 | IST | 17:30 | 21:40 | | MAN | 4:10 |
| 1492 | 1234567 | MAN | 22:45 | 02:45 | +1 | IST | 4:00 |
| 1503 | 1234567 | IST | 05:40 | 08:30 | | NUE | 2:50 |
| 1504 | 1234567 | NUE | 09:30 | 12:10 | | IST | 2:40 |
| 1505 | 1234567 | IST | 12:50 | 15:35 | | NUE | 2:45 |
| 1506 | 1234567 | NUE | 16:30 | 19:20 | | IST | 2:50 |
| 1507 | 1234567 | IST | 19:40 | 22:25 | | NUE | 2:45 |
| 1508 | 1234567 | NUE | 23:25 | 02:05 | +1 | IST | 2:40 |
| 1523 | 1234567 | IST | 05:10 | 08:35 | | DUS | 3:25 |
| 1524 | 12...6. | DUS | 09:50 | 13:10 | | IST | 3:20 |
| 1524 | ..345.7 | DUS | 09:35 | 12:55 | | IST | 3:20 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 1525 | 1234567 | IST | 08:25 | 11:45 | | DUS | 3:20 |
| 1526 | 1234567 | DUS | 12:40 | 15:55 | | IST | 3:15 |
| 1527 | 1234567 | IST | 11:45 | 15:05 | | DUS | 3:20 |
| 1528 | 1234567 | DUS | 16:20 | 19:35 | | IST | 3:15 |
| 1529 | 1234567 | IST | 15:05 | 18:25 | | DUS | 3:20 |
| 1530 | 1.34567 | DUS | 05:45 | 09:00 | | IST | 3:15 |
| 1530 | .2..... | DUS | 05:50 | 09:05 | | IST | 3:15 |
| 1536 |6. | DUS | 19:15 | 23:15 | | ADA | 4:00 |
| 1537 |7 | ADA | 00:30 | 04:45 | | DUS | 4:15 |
| 1538 | ...4... | DUS | 19:15 | 23:00 | | SZF | 3:45 |
| 1539 |5.. | SZF | 00:50 | 04:45 | | DUS | 3:55 |
| 1542 | .2..... | DUS | 19:15 | 23:05 | | ASR | 3:50 |
| 1543 | ..3.... | ASR | 00:40 | 04:45 | | DUS | 4:05 |
| 1551 | 1234567 | IST | 08:50 | 12:00 | | HAJ | 3:10 |
| 1552 | 1234567 | HAJ | 12:55 | 15:55 | | IST | 3:00 |
| 1553 | 1234567 | IST | 04:50 | 08:05 | | HAJ | 3:15 |
| 1554 | 1234567 | HAJ | 09:00 | 12:05 | | IST | 3:05 |
| 1555 | 1234567 | IST | 11:50 | 15:00 | | HAJ | 3:10 |
| 1556 | 1234567 | HAJ | 15:55 | 18:55 | | IST | 3:00 |
| 1557 | 1234567 | IST | 19:15 | 22:20 | | HAJ | 3:05 |
| 1558 | 1234567 | HAJ | 23:15 | 02:15 | +1 | IST | 3:00 |
| 1587 | 1234567 | IST | 05:05 | 08:25 | | FRA | 3:20 |
| 1588 | 1234567 | FRA | 09:40 | 12:50 | | IST | 3:10 |
| 1591 | 1234567 | IST | 09:00 | 12:10 | | FRA | 3:10 |
| 1592 | 1234567 | FRA | 13:10 | 16:15 | | IST | 3:05 |
| 1593 | 1234.67 | IST | 11:45 | 15:05 | | FRA | 3:20 |
| 1593 |5.. | IST | 12:00 | 15:20 | | FRA | 3:20 |
| 1594 | 1234567 | FRA | 16:20 | 19:25 | | IST | 3:05 |
| 1597 | 1234567 | IST | 16:00 | 19:15 | | FRA | 3:15 |
| 1598 | 1234567 | FRA | 05:25 | 08:25 | | IST | 3:00 |
| 1611 | 1234567 | IST | 01:10 | 04:20 | | FRA | 3:10 |
| 1612 | 1234567 | FRA | 20:35 | 23:30 | | IST | 2:55 |
| 1619 | ..3.5.7 | ESB | 16:00 | 19:30 | | FRA | 3:30 |
| 1620 | 1..4.6. | FRA | 05:40 | 08:55 | | ESB | 3:15 |
| 1629 | 1234567 | IST | 04:45 | 07:30 | | MUC | 2:45 |
| 1630 | 1234567 | MUC | 08:30 | 11:05 | | IST | 2:35 |
| 1631 | 1234567 | IST | 09:00 | 11:40 | | MUC | 2:40 |
| 1632 | 1234567 | MUC | 12:45 | 15:20 | | IST | 2:35 |
| 1635 | 1234567 | IST | 13:05 | 15:45 | | MUC | 2:40 |
| 1636 | 1234567 | MUC | 16:55 | 19:30 | | IST | 2:35 |
| 1637 | 1234567 | IST | 16:45 | 19:30 | | MUC | 2:45 |
| 1638 | 1234567 | MUC | 05:30 | 08:15 | | IST | 2:45 |
| 1641 |5.. | IST | 01:50 | 04:30 | | MUC | 2:40 |
| 1642 |5.7 | MUC | 20:20 | 23:00 | | ADB | 2:40 |
| 1643 | 1....6. | ADB | 01:45 | 04:30 | | MUC | 2:45 |
| 1646 |6. | MUC | 20:20 | 23:25 | | SZF | 3:05 |
| 1647 |7 | SZF | 01:05 | 04:30 | | MUC | 3:25 |
| 1648 | ...4... | MUC | 20:20 | 23:00 | | IST | 2:40 |
| 1651 | .2..... | IST | 00:45 | 04:10 | | HAM | 3:25 |
| 1652 | ..3..6. | HAM | 20:15 | 23:40 | | AYT | 3:25 |
| 1653 | ...4..7 | AYT | 00:25 | 04:15 | | HAM | 3:50 |
| 1654 | .2..... | HAM | 20:15 | 23:35 | | ESB | 3:20 |
| 1655 | ..3.... | ESB | 00:30 | 04:10 | | HAM | 3:40 |
| 1656 | ...4... | HAM | 20:15 | 00:05 | +1 | ADA | 3:50 |
| 1657 |5.. | ADA | 00:10 | 04:10 | | HAM | 4:00 |
| 1658 |5.7 | HAM | 20:15 | 23:30 | | ADB | 3:15 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 1659 | 1....6. | ADB | 00:45 | 04:10 | | HAM | 3:25 |
| 1660 | 1..... | HAM | 20:15 | 23:20 | | IST | 3:05 |
| 1661 | 1234567 | IST | 05:40 | 08:55 | | HAM | 3:15 |
| 1662 | 1234567 | HAM | 09:45 | 12:55 | | IST | 3:10 |
| 1663 | 1234567 | IST | 12:10 | 15:25 | | HAM | 3:15 |
| 1664 | 1234567 | HAM | 16:15 | 19:30 | | IST | 3:15 |
| 1665 | 1234567 | IST | 09:10 | 12:25 | | HAM | 3:15 |
| 1666 | 1234567 | HAM | 13:15 | 16:20 | | IST | 3:05 |
| 1667 | 1234567 | IST | 16:10 | 19:25 | | HAM | 3:15 |
| 1668 | 1234567 | HAM | 05:05 | 08:10 | | IST | 3:05 |
| 1671 | 1234567 | IST | 04:35 | 07:55 | | CGN | 3:20 |
| 1672 | 1234567 | CGN | 08:50 | 11:55 | | IST | 3:05 |
| 1673 | 1234567 | IST | 12:35 | 15:55 | | CGN | 3:20 |
| 1674 | 1234567 | CGN | 16:50 | 20:05 | | IST | 3:15 |
| 1675 |567 | IST | 18:55 | 22:15 | | CGN | 3:20 |
| 1676 |567 | CGN | 23:15 | 02:15 | +1 | IST | 3:00 |
| 1701 | 1234567 | IST | 05:20 | 08:20 | | STR | 3:00 |
| 1702 | 1234567 | STR | 09:20 | 12:15 | | IST | 2:55 |
| 1703 | 1234567 | IST | 09:00 | 11:55 | | STR | 2:55 |
| 1704 | 1234567 | STR | 12:55 | 15:50 | | IST | 2:55 |
| 1705 | 1234567 | IST | 12:35 | 15:35 | | STR | 3:00 |
| 1706 | 1234567 | STR | 16:40 | 19:30 | | IST | 2:50 |
| 1709 | 1234567 | IST | 16:30 | 19:30 | | STR | 3:00 |
| 1710 | 1234567 | STR | 05:10 | 08:05 | | IST | 2:55 |
| 1711 | ..3.... | IST | 01:20 | 04:20 | | STR | 3:00 |
| 1712 | ..3.... | STR | 20:20 | 23:50 | | ASR | 3:30 |
| 1713 | ...4... | ASR | 00:40 | 04:20 | | STR | 3:40 |
| 1714 | ...4... | STR | 20:20 | 23:50 | | TZX | 3:30 |
| 1715 |5.. | TZX | 00:35 | 04:20 | | STR | 3:45 |
| 1716 | 1...5.. | STR | 20:20 | 23:20 | | ESB | 3:00 |
| 1717 | .2...6. | ESB | 00:40 | 04:20 | | STR | 3:40 |
| 1718 |6. | STR | 20:20 | 23:30 | | AYT | 3:10 |
| 1719 |7 | AYT | 00:50 | 04:20 | | STR | 3:30 |
| 1720 | .2..... | STR | 20:20 | 23:10 | | IST | 2:50 |
| 1721 | 1234567 | IST | 05:15 | 08:10 | | TXL | 2:55 |
| 1722 | 1234567 | TXL | 09:25 | 12:15 | | IST | 2:50 |
| 1723 | 1234567 | IST | 13:10 | 16:00 | | TXL | 2:50 |
| 1724 | 1234567 | TXL | 17:00 | 19:50 | | IST | 2:50 |
| 1725 | 1234567 | IST | 09:00 | 11:50 | | TXL | 2:50 |
| 1726 | 1234567 | TXL | 12:50 | 15:35 | | IST | 2:45 |
| 1727 | 1234567 | IST | 16:00 | 18:55 | | TXL | 2:55 |
| 1728 | 1234567 | TXL | 05:00 | 07:50 | | IST | 2:50 |
| 1732 | 1..... | TXL | 19:40 | 22:50 | | ADB | 3:10 |
| 1732 |6. | TXL | 19:45 | 22:50 | | ADB | 3:05 |
| 1733 | .2....7 | ADB | 00:55 | 04:10 | | TXL | 3:15 |
| 1734 | .2..5.. | TXL | 19:40 | 22:50 | | ESB | 3:10 |
| 1735 | ..3..6. | ESB | 00:55 | 04:10 | | TXL | 3:15 |
| 1736 |7 | TXL | 19:45 | 23:15 | | ADA | 3:30 |
| 1737 | 1..... | ADA | 00:25 | 04:10 | | TXL | 3:45 |
| 1738 | ..3.... | TXL | 19:40 | 23:05 | | SZF | 3:25 |
| 1739 | ...4... | SZF | 00:20 | 04:10 | | TXL | 3:50 |
| 1740 | ...4... | TXL | 19:45 | 23:35 | | TZX | 3:50 |
| 1741 |5.. | TZX | 00:30 | 04:10 | | TXL | 3:40 |
| 1746 |7 | STR | 20:20 | 23:45 | | ADB | 3:25 |
| 1747 | 1..... | ADB | 00:30 | 04:20 | | STR | 3:50 |
| 1751 | 1234567 | IST | 05:30 | 09:25 | | OSL | 3:55 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 1752 | 1234567 | OSL | 10:20 | 14:10 | | IST | 3:50 |
| 1753 | 1234567 | IST | 11:30 | 15:15 | | OSL | 3:45 |
| 1754 | 1234567 | OSL | 16:15 | 20:10 | | IST | 3:55 |
| 1755 | 1234567 | IST | 04:35 | 09:30 | | LIS | 4:55 |
| 1756 | 1234567 | LIS | 10:30 | 15:05 | | IST | 4:35 |
| 1757 | 1234567 | IST | 08:45 | 11:40 | | RIX | 2:55 |
| 1758 | 1234567 | RIX | 12:40 | 15:35 | | IST | 2:55 |
| 1759 | 1234567 | IST | 08:45 | 13:45 | | LIS | 5:00 |
| 1760 | 1234567 | LIS | 14:45 | 19:20 | | IST | 4:35 |
| 1761 | 1234567 | IST | 05:35 | 09:05 | | HEL | 3:30 |
| 1762 | 1234567 | HEL | 10:05 | 13:35 | | IST | 3:30 |
| 1763 | 1234567 | IST | 11:00 | 14:25 | | HEL | 3:25 |
| 1764 | 1234567 | HEL | 15:25 | 18:50 | | IST | 3:25 |
| 1765 | 1.345.7 | IST | 09:25 | 11:50 | | WAW | 2:25 |
| 1766 | 1.345.7 | WAW | 12:45 | 15:15 | | IST | 2:30 |
| 1767 | 1234567 | IST | 06:20 | 09:05 | | PRG | 2:45 |
| 1768 | 1234567 | PRG | 10:00 | 12:40 | | IST | 2:40 |
| 1769 | 1234567 | IST | 13:35 | 16:10 | | PRG | 2:35 |
| 1770 | 1234567 | PRG | 17:10 | 19:50 | | IST | 2:40 |
| 1771 | 1234567 | IST | 09:05 | 11:50 | | PRG | 2:45 |
| 1772 | 1234567 | PRG | 12:45 | 15:25 | | IST | 2:40 |
| 1777 | 1..4.6. | ESB | 00:50 | 04:20 | | CPH | 3:30 |
| 1778 | ..3.5.7 | CPH | 21:10 | 00:35 | +1 | ESB | 3:25 |
| 1779 | .23.5.7 | KYA | 00:30 | 04:20 | | CPH | 3:50 |
| 1780 | 12.4.6. | CPH | 21:25 | 01:05 | +1 | KYA | 3:40 |
| 1783 | 1234567 | IST | 05:15 | 08:35 | | CPH | 3:20 |
| 1784 | 123...7 | CPH | 09:35 | 12:50 | | IST | 3:15 |
| 1784 | ...4.6. | CPH | 09:35 | 12:45 | | IST | 3:10 |
| 1784 |5.. | CPH | 09:50 | 13:05 | | IST | 3:15 |
| 1785 | 1234567 | IST | 11:55 | 15:10 | | CPH | 3:15 |
| 1786 | 1234567 | CPH | 16:05 | 19:15 | | IST | 3:10 |
| 1787 | 1234567 | IST | 17:00 | 20:20 | | CPH | 3:20 |
| 1788 | 1234567 | CPH | 05:25 | 08:30 | | IST | 3:05 |
| 1791 | 1234567 | IST | 18:00 | 21:30 | | ARN | 3:30 |
| 1792 | 1234567 | ARN | 22:30 | 01:55 | +1 | IST | 3:25 |
| 1793 | 1234567 | IST | 05:15 | 08:45 | | ARN | 3:30 |
| 1794 | 1234567 | ARN | 09:45 | 13:15 | | IST | 3:30 |
| 1795 | 1234567 | IST | 11:00 | 14:30 | | ARN | 3:30 |
| 1796 | 1234567 | ARN | 15:25 | 18:45 | | IST | 3:20 |
| 1797 | 1234567 | IST | 05:50 | 09:20 | | GOT | 3:30 |
| 1798 | 1234567 | GOT | 10:20 | 13:40 | | IST | 3:20 |
| 1799 | 1234567 | IST | 11:15 | 14:40 | | GOT | 3:25 |
| 1800 | 1234567 | GOT | 15:40 | 19:05 | | IST | 3:25 |
| 1805 | 1234567 | IST | 08:00 | 11:40 | | TLS | 3:40 |
| 1806 | 1234567 | TLS | 12:30 | 16:00 | | IST | 3:30 |
| 1807 | 1234567 | IST | 05:40 | 09:00 | | LYS | 3:20 |
| 1808 | 1234567 | LYS | 10:00 | 13:10 | | IST | 3:10 |
| 1809 | 1234567 | IST | 11:40 | 15:00 | | LYS | 3:20 |
| 1810 | 1234567 | LYS | 16:00 | 19:05 | | IST | 3:05 |
| 1813 | 1234567 | IST | 05:30 | 08:45 | | NCE | 3:15 |
| 1814 | 1234567 | NCE | 09:40 | 12:35 | | IST | 2:55 |
| 1815 | 1234567 | IST | 11:55 | 15:10 | | NCE | 3:15 |
| 1816 | 1234567 | NCE | 16:10 | 19:00 | | IST | 2:50 |
| 1821 | 1234567 | IST | 04:35 | 08:15 | | CDG | 3:40 |
| 1822 | 1234567 | CDG | 09:30 | 13:05 | | IST | 3:35 |
| 1823 | 1234567 | IST | 08:15 | 11:55 | | CDG | 3:40 |

| | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|-----|------|
| 1824 | 1234567 | CDG | 13:10 | 16:35 | IST | 3:25 |
| 1827 | 1234567 | IST | 11:20 | 15:00 | CDG | 3:40 |
| 1828 | 1234567 | CDG | 16:15 | 19:45 | IST | 3:30 |
| 1829 | 1234567 | IST | 16:20 | 20:05 | CDG | 3:45 |
| 1830 | 1234567 | CDG | 06:10 | 09:40 | IST | 3:30 |
| 1841 | 1234567 | IST | 20:20 | 21:45 | ATH | 1:25 |
| 1842 | 1234567 | ATH | 04:00 | 05:20 | IST | 1:20 |
| 1843 | 1234567 | IST | 16:00 | 17:30 | ATH | 1:30 |
| 1844 | 1234567 | ATH | 18:55 | 20:25 | IST | 1:30 |
| 1845 | 1234567 | IST | 04:40 | 06:05 | ATH | 1:25 |
| 1846 | 1234567 | ATH | 07:20 | 08:45 | IST | 1:25 |
| 1849 | 1234567 | IST | 09:55 | 11:20 | ATH | 1:25 |
| 1850 | 1234567 | ATH | 12:20 | 13:45 | IST | 1:25 |
| 1851 | 1234567 | IST | 17:10 | 21:00 | BCN | 3:50 |
| 1852 | 1234567 | BCN | 04:00 | 07:20 | IST | 3:20 |
| 1853 | 1234567 | IST | 05:35 | 09:25 | BCN | 3:50 |
| 1854 | 1234567 | BCN | 10:50 | 14:15 | IST | 3:25 |
| 1855 | 1234567 | IST | 10:55 | 14:40 | BCN | 3:45 |
| 1856 | 123.5.7 | BCN | 15:40 | 19:00 | IST | 3:20 |
| 1856 | ...4.6. | BCN | 15:55 | 19:15 | IST | 3:20 |
| 1857 | 1234567 | IST | 04:40 | 09:10 | MAD | 4:30 |
| 1858 | 1234567 | MAD | 10:25 | 14:20 | IST | 3:55 |
| 1859 | 1234567 | IST | 10:10 | 14:45 | MAD | 4:35 |
| 1860 | 1234567 | MAD | 15:45 | 19:55 | IST | 4:10 |
| 1861 | 1234567 | IST | 05:15 | 08:00 | FCO | 2:45 |
| 1862 | 1234567 | FCO | 08:55 | 11:30 | IST | 2:35 |
| 1863 | 1234567 | IST | 13:30 | 16:05 | FCO | 2:35 |
| 1864 | 1234567 | FCO | 17:05 | 19:40 | IST | 2:35 |
| 1865 | 1234567 | IST | 09:40 | 12:20 | FCO | 2:40 |
| 1866 | 1234567 | FCO | 13:20 | 15:50 | IST | 2:30 |
| 1867 | 1234567 | IST | 05:10 | 07:45 | VCE | 2:35 |
| 1868 | 1234567 | VCE | 08:45 | 11:10 | IST | 2:25 |
| 1869 | 1234567 | IST | 13:50 | 16:20 | VCE | 2:30 |
| 1870 | 1234567 | VCE | 17:20 | 19:45 | IST | 2:25 |
| 1871 | 1234567 | IST | 08:50 | 11:20 | VCE | 2:30 |
| 1872 | 1234567 | VCE | 12:20 | 14:45 | IST | 2:25 |
| 1873 | 1234567 | IST | 05:00 | 08:00 | MXP | 3:00 |
| 1874 | 1234567 | MXP | 09:20 | 12:05 | IST | 2:45 |
| 1875 | 1234567 | IST | 12:40 | 15:40 | MXP | 3:00 |
| 1876 | 1234567 | MXP | 16:40 | 19:25 | IST | 2:45 |
| 1877 | 1234567 | IST | 17:45 | 20:45 | MXP | 3:00 |
| 1878 | 1234567 | MXP | 04:45 | 07:35 | IST | 2:50 |
| 1879 | 12.4567 | IST | 06:30 | 08:45 | NAP | 2:15 |
| 1880 | 12.4567 | NAP | 09:35 | 11:45 | IST | 2:10 |
| 1881 | 1234567 | IST | 04:30 | 05:45 | SKG | 1:15 |
| 1882 | 1234567 | SKG | 06:40 | 08:00 | IST | 1:20 |
| 1883 | 1234567 | IST | 05:05 | 07:30 | VIE | 2:25 |
| 1884 | 1234567 | VIE | 08:35 | 10:50 | IST | 2:15 |
| 1885 | 1234567 | IST | 09:10 | 11:25 | VIE | 2:15 |
| 1886 | 1234567 | VIE | 12:25 | 14:35 | IST | 2:10 |
| 1887 | 1234567 | IST | 14:10 | 16:25 | VIE | 2:15 |
| 1888 | 1234567 | VIE | 17:45 | 20:00 | IST | 2:15 |
| 1889 | 1234567 | IST | 17:00 | 19:20 | VIE | 2:20 |
| 1890 | 1234567 | VIE | 04:45 | 07:00 | IST | 2:15 |
| 1891 |5.. | SZF | 01:00 | 03:55 | VIE | 2:55 |
| 1892 | ...4... | VIE | 20:20 | 23:05 | SZF | 2:45 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 1893 | 1234567 | IST | 15:35 | 16:55 | | SKG | 1:20 |
| 1894 | 1234567 | SKG | 17:50 | 19:10 | | IST | 1:20 |
| 1895 | 1234567 | IST | 09:05 | 12:00 | | MXP | 2:55 |
| 1896 | 1234567 | MXP | 13:00 | 15:50 | | IST | 2:50 |
| 1897 | 1.34... | ESB | 01:20 | 03:55 | | VIE | 2:35 |
| 1898 | .23...7 | VIE | 20:20 | 22:50 | | ESB | 2:30 |
| 1903 |7 | IST | 01:35 | 03:55 | | VIE | 2:20 |
| 1904 |6. | VIE | 20:20 | 22:35 | | IST | 2:15 |
| 1905 |6. | ASR | 00:55 | 03:55 | | VIE | 3:00 |
| 1906 |5.. | VIE | 20:20 | 23:05 | | ASR | 2:45 |
| 1907 | 1..4.67 | IST | 05:30 | 08:35 | | ZRH | 3:05 |
| 1907 | .23.5.. | IST | 05:25 | 08:30 | | ZRH | 3:05 |
| 1908 | 1..4.67 | ZRH | 09:50 | 12:45 | | IST | 2:55 |
| 1908 | .23.5.. | ZRH | 09:45 | 12:40 | | IST | 2:55 |
| 1909 | 1234567 | IST | 12:25 | 15:25 | | ZRH | 3:00 |
| 1910 | 1234567 | ZRH | 16:25 | 19:15 | | IST | 2:50 |
| 1911 | 1234567 | IST | 17:10 | 20:15 | | ZRH | 3:05 |
| 1912 | 1234567 | ZRH | 05:40 | 08:35 | | IST | 2:55 |
| 1913 | 1234567 | IST | 08:45 | 11:40 | | ZRH | 2:55 |
| 1914 | 1234.67 | ZRH | 12:40 | 15:35 | | IST | 2:55 |
| 1914 |5.. | ZRH | 12:40 | 15:30 | | IST | 2:50 |
| 1915 | .234..7 | IST | 00:55 | 04:10 | | GVA | 3:15 |
| 1916 | 1..... | GVA | 20:35 | 23:40 | | IST | 3:05 |
| 1916 | .23..6. | GVA | 20:30 | 23:35 | | IST | 3:05 |
| 1917 | 1..... | IST | 04:50 | 08:05 | | GVA | 3:15 |
| 1917 | .2.4.6. | IST | 05:05 | 08:20 | | GVA | 3:15 |
| 1917 | ..3.... | IST | 04:40 | 07:55 | | GVA | 3:15 |
| 1917 |5.7 | IST | 05:10 | 08:25 | | GVA | 3:15 |
| 1918 | 1.3.... | GVA | 09:25 | 12:30 | | IST | 3:05 |
| 1918 | .2.4.6. | GVA | 09:35 | 12:40 | | IST | 3:05 |
| 1918 |5.7 | GVA | 09:50 | 12:55 | | IST | 3:05 |
| 1919 | 1234567 | IST | 12:15 | 15:30 | | GVA | 3:15 |
| 1920 | 1234567 | GVA | 16:30 | 19:35 | | IST | 3:05 |
| 1921 | 1..... | IST | 16:25 | 19:40 | | GVA | 3:15 |
| 1921 | .234567 | IST | 16:20 | 19:35 | | GVA | 3:15 |
| 1922 | 1234567 | GVA | 05:00 | 08:05 | | IST | 3:05 |
| 1923 | 1234567 | IST | 06:10 | 09:10 | | BSL | 3:00 |
| 1924 | 1234567 | BSL | 10:05 | 13:00 | | IST | 2:55 |
| 1925 | 1234567 | IST | 11:10 | 14:15 | | BSL | 3:05 |
| 1926 | 1234567 | BSL | 15:10 | 18:10 | | IST | 3:00 |
| 1927 | 1..... | ADB | 00:50 | 04:10 | | GVA | 3:20 |
| 1928 |7 | GVA | 20:30 | 23:40 | | ADB | 3:10 |
| 1929 |5.. | ESB | 00:40 | 04:10 | | GVA | 3:30 |
| 1930 | ...4... | GVA | 20:30 | 23:45 | | ESB | 3:15 |
| 1931 | .23456. | AOE | 01:20 | 04:50 | | BRU | 3:30 |
| 1932 | 12345.. | BRU | 20:45 | 00:20 | +1 | AOE | 3:35 |
| 1935 | 1.....7 | IST | 01:25 | 04:50 | | BRU | 3:25 |
| 1936 |67 | BRU | 20:45 | 00:05 | +1 | IST | 3:20 |
| 1937 | 12.456. | IST | 05:20 | 08:45 | | BRU | 3:25 |
| 1937 | ..3.... | IST | 04:55 | 08:20 | | BRU | 3:25 |
| 1937 |7 | IST | 04:50 | 08:15 | | BRU | 3:25 |
| 1938 | 1..4.6. | BRU | 09:50 | 13:15 | | IST | 3:25 |
| 1938 | .2..5.. | BRU | 10:00 | 13:25 | | IST | 3:25 |
| 1938 | ..3.... | BRU | 09:35 | 13:00 | | IST | 3:25 |
| 1938 |7 | BRU | 09:30 | 12:55 | | IST | 3:25 |
| 1939 | 1234567 | IST | 11:50 | 15:15 | | BRU | 3:25 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 1940 | 1234567 | BRU | 16:15 | 19:35 | | IST | 3:20 |
| 1941 | 1234567 | IST | 16:15 | 19:40 | | BRU | 3:25 |
| 1942 | 1234567 | BRU | 05:50 | 09:10 | | IST | 3:20 |
| 1943 | 1234567 | IST | 08:50 | 12:15 | | BRU | 3:25 |
| 1944 | 1234567 | BRU | 13:15 | 16:35 | | IST | 3:20 |
| 1951 | 1234567 | IST | 05:20 | 09:00 | | AMS | 3:40 |
| 1952 | 1234567 | AMS | 10:15 | 13:45 | | IST | 3:30 |
| 1953 | 1234567 | IST | 11:30 | 15:10 | | AMS | 3:40 |
| 1954 | 1234567 | AMS | 16:10 | 19:45 | | IST | 3:35 |
| 1955 | 1234567 | IST | 16:25 | 20:05 | | AMS | 3:40 |
| 1956 | 1234567 | AMS | 21:55 | 01:20 | +1 | IST | 3:25 |
| 1957 | 1234567 | IST | 08:05 | 11:40 | | AMS | 3:35 |
| 1958 | 1234567 | AMS | 12:35 | 16:05 | | IST | 3:30 |
| 1965 | 1234567 | IST | 05:45 | 09:50 | | LGW | 4:05 |
| 1966 | 1234567 | LGW | 11:35 | 15:25 | | IST | 3:50 |
| 1967 | 1.34567 | IST | 05:05 | 09:15 | | BHX | 4:10 |
| 1968 | 1.34567 | BHX | 10:15 | 14:15 | | IST | 4:00 |
| 1969 | 12.4567 | IST | 09:50 | 13:55 | | BHX | 4:05 |
| 1970 | 12.4567 | BHX | 14:55 | 18:45 | | IST | 3:50 |
| 1975 | 1234567 | IST | 04:30 | 09:00 | | DUB | 4:30 |
| 1976 | 1234567 | DUB | 10:00 | 14:20 | | IST | 4:20 |
| 1977 | 1234567 | IST | 10:10 | 14:40 | | DUB | 4:30 |
| 1978 | 1234567 | DUB | 15:40 | 20:05 | | IST | 4:25 |
| 1979 | 1234567 | IST | 04:55 | 09:05 | | LHR | 4:10 |
| 1980 | 1234567 | LHR | 10:30 | 14:20 | | IST | 3:50 |
| 1981 | 1234567 | IST | 04:00 | 08:05 | | LGW | 4:05 |
| 1982 | 1234567 | LGW | 09:05 | 12:55 | | IST | 3:50 |
| 1983 | 1234567 | IST | 15:50 | 20:00 | | LHR | 4:10 |
| 1984 | 1234567 | LHR | 21:30 | 01:20 | +1 | IST | 3:50 |
| 1985 | 1234567 | IST | 10:10 | 14:15 | | LHR | 4:05 |
| 1986 | 1234567 | LHR | 15:30 | 19:15 | | IST | 3:45 |
| 1987 | 1234567 | IST | 17:25 | 21:30 | | LHR | 4:05 |
| 1988 | 1234567 | LHR | 05:55 | 09:45 | | IST | 3:50 |
| 1989 | 1....6. | IST | 07:30 | 11:30 | | LHR | 4:00 |
| 1990 | 1....6. | LHR | 13:00 | 16:50 | | IST | 3:50 |
| 1991 |6. | IST | 11:25 | 15:35 | | LHR | 4:10 |
| 1992 |6. | LHR | 16:40 | 20:30 | | IST | 3:50 |
| 1993 | 1234567 | IST | 05:00 | 09:15 | | MAN | 4:15 |
| 1994 | 1234567 | MAN | 10:15 | 14:20 | | IST | 4:05 |
| 1995 | 1234567 | IST | 09:50 | 14:05 | | MAN | 4:15 |
| 1996 | 1234567 | MAN | 15:05 | 19:00 | | IST | 3:55 |
| 1997 | 1234567 | IST | 11:00 | 15:05 | | LGW | 4:05 |
| 1998 | 123456. | LGW | 16:10 | 20:00 | | IST | 3:50 |
| 1998 |7 | LGW | 16:05 | 19:55 | | IST | 3:50 |
| 2004 | 1234567 | IST | 10:05 | 11:20 | | NAV | 1:15 |
| 2005 | 1234567 | NAV | 12:05 | 13:25 | | IST | 1:20 |
| 2006 | 1234567 | IST | 04:05 | 05:20 | | NAV | 1:15 |
| 2007 | 1234567 | NAV | 06:05 | 07:25 | | IST | 1:20 |
| 2008 | 1234567 | IST | 14:45 | 16:05 | | NAV | 1:20 |
| 2009 | 1234567 | NAV | 16:50 | 18:10 | | IST | 1:20 |
| 2010 | 1234567 | IST | 03:55 | 05:15 | | ASR | 1:20 |
| 2011 | 1234567 | ASR | 06:00 | 07:30 | | IST | 1:30 |
| 2012 | 12345.7 | IST | 09:20 | 10:45 | | ASR | 1:25 |
| 2012 |6. | IST | 12:45 | 14:10 | | ASR | 1:25 |
| 2013 | 12345.7 | ASR | 11:30 | 13:05 | | IST | 1:35 |
| 2013 |6. | ASR | 14:55 | 16:30 | | IST | 1:35 |

| | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|-----|------|
| 2014 | 1234567 | IST | 13:00 | 14:25 | ASR | 1:25 |
| 2015 | 1234567 | ASR | 15:10 | 16:40 | IST | 1:30 |
| 2018 | 1234567 | IST | 17:50 | 19:15 | ASR | 1:25 |
| 2019 | 1234567 | ASR | 20:00 | 21:30 | IST | 1:30 |
| 2020 | 1234567 | IST | 14:10 | 15:35 | ASR | 1:25 |
| 2021 | 1234567 | ASR | 16:20 | 17:50 | IST | 1:30 |
| 2022 | 1234567 | IST | 21:20 | 22:40 | ASR | 1:20 |
| 2023 | 1234567 | ASR | 03:00 | 04:25 | IST | 1:25 |
| 2026 | 12345.7 | IST | 06:50 | 08:10 | ASR | 1:20 |
| 2026 |6. | IST | 04:45 | 06:05 | ASR | 1:20 |
| 2027 | 12345.7 | ASR | 08:55 | 10:25 | IST | 1:30 |
| 2027 |6. | ASR | 06:50 | 08:20 | IST | 1:30 |
| 2032 | 1234567 | IST | 03:15 | 04:25 | KYA | 1:10 |
| 2033 | 1234567 | KYA | 05:10 | 06:25 | IST | 1:15 |
| 2036 | 1234567 | IST | 08:00 | 09:15 | KYA | 1:15 |
| 2037 | 1234567 | KYA | 10:00 | 11:20 | IST | 1:20 |
| 2038 | 1234567 | IST | 18:25 | 19:45 | KYA | 1:20 |
| 2039 | 1234567 | KYA | 20:30 | 21:45 | IST | 1:15 |
| 2042 | 1234567 | IST | 20:30 | 21:40 | KYA | 1:10 |
| 2043 | 1234567 | KYA | 02:40 | 04:00 | IST | 1:20 |
| 2054 | 1234567 | IST | 19:55 | 20:55 | KZR | 1:00 |
| 2055 | 1234567 | KZR | 04:00 | 05:00 | IST | 1:00 |
| 2100 | .23456. | AYT | 02:20 | 03:15 | ESB | 0:55 |
| 2101 | 12345.. | ESB | 19:00 | 19:55 | AYT | 0:55 |
| 2105 | 1234567 | ESB | 01:15 | 02:15 | IST | 1:00 |
| 2107 | .23456. | ESB | 04:00 | 05:05 | IST | 1:05 |
| 2108 | 1234567 | IST | 05:00 | 06:05 | ESB | 1:05 |
| 2109 | 1234567 | ESB | 07:30 | 08:40 | IST | 1:10 |
| 2111 | 1234567 | ESB | 03:30 | 04:35 | IST | 1:05 |
| 2113 | 1234567 | ESB | 04:30 | 05:30 | IST | 1:00 |
| 2115 | 1234567 | ESB | 03:00 | 04:00 | IST | 1:00 |
| 2116 | 1234567 | IST | 03:10 | 04:15 | ESB | 1:05 |
| 2117 | 12.4567 | ESB | 05:00 | 06:05 | IST | 1:05 |
| 2117 | ..3.... | ESB | 10:35 | 11:40 | IST | 1:05 |
| 2122 | 1234567 | IST | 04:00 | 05:05 | ESB | 1:05 |
| 2123 | 1234.6. | ESB | 06:30 | 07:35 | IST | 1:05 |
| 2123 |5.7 | ESB | 06:00 | 07:05 | IST | 1:05 |
| 2134 | 1234567 | IST | 06:00 | 07:05 | ESB | 1:05 |
| 2135 | 1234567 | ESB | 08:00 | 09:05 | IST | 1:05 |
| 2138 | 1234567 | IST | 07:00 | 08:05 | ESB | 1:05 |
| 2139 | 1234567 | ESB | 09:00 | 10:05 | IST | 1:05 |
| 2140 | .2.45.7 | IST | 07:30 | 08:35 | ESB | 1:05 |
| 2141 | 1..4.6. | ESB | 09:45 | 10:50 | IST | 1:05 |
| 2142 | 1234567 | IST | 08:00 | 09:05 | ESB | 1:05 |
| 2143 | 1234567 | ESB | 10:00 | 11:05 | IST | 1:05 |
| 2146 | 1234567 | IST | 09:00 | 10:05 | ESB | 1:05 |
| 2147 | 1234567 | ESB | 11:00 | 12:05 | IST | 1:05 |
| 2150 | 1234567 | IST | 10:00 | 11:05 | ESB | 1:05 |
| 2151 | 1234567 | ESB | 12:00 | 13:05 | IST | 1:05 |
| 2154 | 1234567 | IST | 11:00 | 12:05 | ESB | 1:05 |
| 2155 | 1234567 | ESB | 13:00 | 14:05 | IST | 1:05 |
| 2158 | 1234567 | IST | 12:00 | 13:05 | ESB | 1:05 |
| 2159 | 123.567 | ESB | 14:00 | 15:05 | IST | 1:05 |
| 2159 | ...4... | ESB | 14:20 | 15:25 | IST | 1:05 |
| 2162 | 1234567 | IST | 13:00 | 14:05 | ESB | 1:05 |
| 2163 | 1234567 | ESB | 15:00 | 16:05 | IST | 1:05 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 2165 | .2.45.7 | ESB | 09:30 | 10:35 | | IST | 1:05 |
| 2166 | 1234567 | IST | 14:00 | 15:05 | | ESB | 1:05 |
| 2167 | 12345.7 | ESB | 16:00 | 17:05 | | IST | 1:05 |
| 2167 |6. | ESB | 16:20 | 17:25 | | IST | 1:05 |
| 2168 | ..3.5.7 | IST | 14:10 | 15:15 | | ESB | 1:05 |
| 2170 | 1234567 | IST | 15:00 | 16:05 | | ESB | 1:05 |
| 2171 | 12345.. | ESB | 17:00 | 18:05 | | IST | 1:05 |
| 2171 |67 | ESB | 17:30 | 18:35 | | IST | 1:05 |
| 2174 | 1234567 | IST | 16:00 | 17:05 | | ESB | 1:05 |
| 2175 | 1234567 | ESB | 18:30 | 19:35 | | IST | 1:05 |
| 2178 | 1234567 | IST | 17:00 | 18:05 | | ESB | 1:05 |
| 2182 | 1234567 | IST | 18:30 | 19:35 | | ESB | 1:05 |
| 2183 |67 | ESB | 20:30 | 21:35 | | IST | 1:05 |
| 2184 | 1234567 | IST | 19:00 | 20:05 | | ESB | 1:05 |
| 2185 | 1234567 | ESB | 20:55 | 22:00 | | IST | 1:05 |
| 2186 | 1234567 | IST | 20:00 | 21:05 | | ESB | 1:05 |
| 2190 | 1234567 | IST | 20:50 | 21:55 | | ESB | 1:05 |
| 2192 | 1234567 | IST | 22:35 | 23:40 | | ESB | 1:05 |
| 2200 | 1234567 | IST | 03:15 | 04:50 | | KCM | 1:35 |
| 2201 | 1234567 | KCM | 05:35 | 07:20 | | IST | 1:45 |
| 2204 | 1234... | IST | 14:30 | 16:10 | | KCM | 1:40 |
| 2204 |567 | IST | 13:20 | 15:00 | | KCM | 1:40 |
| 2205 | 1234... | KCM | 16:55 | 18:40 | | IST | 1:45 |
| 2205 |567 | KCM | 15:45 | 17:30 | | IST | 1:45 |
| 2216 | 12345.7 | IST | 07:00 | 08:45 | | ADF | 1:45 |
| 2216 |6. | IST | 07:05 | 08:45 | | ADF | 1:40 |
| 2217 | 1234567 | ADF | 09:30 | 11:25 | | IST | 1:55 |
| 2220 | 1234567 | IST | 02:00 | 03:35 | | GZT | 1:35 |
| 2221 | 1234567 | GZT | 04:20 | 06:00 | | IST | 1:40 |
| 2222 | 1234567 | IST | 08:25 | 10:00 | | GZT | 1:35 |
| 2223 | 1234567 | GZT | 10:45 | 12:25 | | IST | 1:40 |
| 2224 | 1234567 | IST | 05:30 | 07:05 | | GZT | 1:35 |
| 2225 | 1234567 | GZT | 07:50 | 09:25 | | IST | 1:35 |
| 2226 | 1234567 | IST | 14:20 | 15:55 | | GZT | 1:35 |
| 2227 | 1234567 | GZT | 16:40 | 18:20 | | IST | 1:40 |
| 2228 | 1234567 | IST | 18:25 | 20:00 | | GZT | 1:35 |
| 2229 | 1234567 | GZT | 20:45 | 22:35 | | IST | 1:50 |
| 2236 | 1234567 | IST | 22:30 | 00:05 | +1 | GZT | 1:35 |
| 2237 | 1234567 | GZT | 00:50 | 02:30 | | IST | 1:40 |
| 2246 | 1234567 | IST | 03:30 | 05:15 | | GNY | 1:45 |
| 2247 | 1234567 | GNY | 06:00 | 07:55 | | IST | 1:55 |
| 2248 | 123456. | IST | 13:30 | 15:15 | | GNY | 1:45 |
| 2248 |7 | IST | 13:35 | 15:15 | | GNY | 1:40 |
| 2249 | 1234567 | GNY | 16:00 | 17:55 | | IST | 1:55 |
| 2252 | 1234567 | IST | 06:40 | 08:25 | | HTY | 1:45 |
| 2253 | 1234567 | HTY | 09:10 | 10:55 | | IST | 1:45 |
| 2254 | 1234567 | IST | 12:40 | 14:25 | | HTY | 1:45 |
| 2255 | 1234567 | HTY | 15:10 | 16:55 | | IST | 1:45 |
| 2256 | 1234567 | IST | 20:55 | 22:40 | | HTY | 1:45 |
| 2257 | 1234567 | HTY | 02:15 | 04:00 | | IST | 1:45 |
| 2305 | 1234567 | ADB | 02:00 | 03:05 | | IST | 1:05 |
| 2307 | 1234567 | ADB | 04:00 | 05:05 | | IST | 1:05 |
| 2309 | 1234567 | ADB | 05:00 | 06:05 | | IST | 1:05 |
| 2310 | 1234567 | IST | 04:00 | 05:05 | | ADB | 1:05 |
| 2311 | 1234567 | ADB | 06:00 | 07:05 | | IST | 1:05 |
| 2312 | 1234567 | IST | 05:00 | 06:05 | | ADB | 1:05 |

| | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|-----|------|
| 2313 | 1234567 | ADB | 07:30 | 08:40 | IST | 1:10 |
| 2316 | 1234567 | IST | 06:00 | 07:05 | ADB | 1:05 |
| 2317 | 1234567 | ADB | 08:00 | 09:05 | IST | 1:05 |
| 2318 | 1234567 | IST | 07:00 | 08:05 | ADB | 1:05 |
| 2319 | 1234567 | ADB | 09:00 | 10:05 | IST | 1:05 |
| 2320 | 1234567 | IST | 08:00 | 09:05 | ADB | 1:05 |
| 2321 | 1234567 | ADB | 10:00 | 11:05 | IST | 1:05 |
| 2324 | 1234567 | IST | 10:00 | 11:05 | ADB | 1:05 |
| 2325 | 1234567 | ADB | 12:00 | 13:05 | IST | 1:05 |
| 2326 | 1234567 | IST | 12:00 | 13:05 | ADB | 1:05 |
| 2327 | 1234567 | ADB | 13:50 | 14:55 | IST | 1:05 |
| 2328 | 1234567 | IST | 13:00 | 14:05 | ADB | 1:05 |
| 2329 | 1234567 | ADB | 15:00 | 16:05 | IST | 1:05 |
| 2330 | 1234567 | IST | 11:00 | 12:05 | ADB | 1:05 |
| 2331 | 1234567 | ADB | 13:00 | 14:05 | IST | 1:05 |
| 2332 | 1234567 | IST | 14:00 | 15:05 | ADB | 1:05 |
| 2333 | 1234567 | ADB | 16:00 | 17:05 | IST | 1:05 |
| 2334 | 1234567 | IST | 15:00 | 16:00 | ADB | 1:00 |
| 2335 | 1.34.67 | ADB | 17:00 | 18:05 | IST | 1:05 |
| 2335 | .2..5.. | ADB | 17:25 | 18:30 | IST | 1:05 |
| 2336 | 1234567 | IST | 16:00 | 17:05 | ADB | 1:05 |
| 2337 | 1234567 | ADB | 18:30 | 19:35 | IST | 1:05 |
| 2338 | 1234567 | IST | 17:00 | 18:05 | ADB | 1:05 |
| 2339 | 1234567 | ADB | 19:00 | 20:05 | IST | 1:05 |
| 2340 | 1234567 | IST | 18:00 | 19:05 | ADB | 1:05 |
| 2344 | 1234567 | IST | 19:00 | 20:05 | ADB | 1:05 |
| 2354 | 1234567 | IST | 22:30 | 23:35 | ADB | 1:05 |
| 2403 | 1234567 | AYT | 00:40 | 01:55 | IST | 1:15 |
| 2405 | 1234567 | AYT | 03:00 | 04:20 | IST | 1:20 |
| 2407 | 1234567 | AYT | 04:40 | 06:00 | IST | 1:20 |
| 2408 | 1234567 | IST | 03:25 | 04:40 | AYT | 1:15 |
| 2409 | 1234567 | AYT | 05:25 | 06:45 | IST | 1:20 |
| 2410 | 1234567 | IST | 05:40 | 06:55 | AYT | 1:15 |
| 2411 | 1234567 | AYT | 08:10 | 09:30 | IST | 1:20 |
| 2412 | 123.567 | IST | 07:15 | 08:30 | AYT | 1:15 |
| 2412 | ...4... | IST | 07:20 | 08:30 | AYT | 1:10 |
| 2413 | 12.456. | AYT | 09:15 | 10:35 | IST | 1:20 |
| 2413 | ..3.... | AYT | 09:45 | 11:05 | IST | 1:20 |
| 2413 |7 | AYT | 09:25 | 10:45 | IST | 1:20 |
| 2414 | 1234567 | IST | 08:25 | 09:40 | AYT | 1:15 |
| 2415 | 1234567 | AYT | 10:25 | 11:45 | IST | 1:20 |
| 2416 | 1234567 | IST | 12:10 | 13:25 | AYT | 1:15 |
| 2417 | 1234567 | AYT | 14:10 | 15:30 | IST | 1:20 |
| 2418 | 1.34.67 | IST | 14:00 | 15:15 | AYT | 1:15 |
| 2420 | 1234567 | IST | 14:20 | 15:35 | AYT | 1:15 |
| 2421 | 1234567 | AYT | 16:20 | 17:40 | IST | 1:20 |
| 2422 | 1234567 | IST | 15:00 | 16:15 | AYT | 1:15 |
| 2423 | 1234567 | AYT | 17:00 | 18:20 | IST | 1:20 |
| 2424 | 1234567 | IST | 18:55 | 20:10 | AYT | 1:15 |
| 2425 | 1234567 | AYT | 20:55 | 22:15 | IST | 1:20 |
| 2426 | 1234567 | IST | 19:55 | 21:10 | AYT | 1:15 |
| 2428 | 1234567 | IST | 22:30 | 23:45 | AYT | 1:15 |
| 2430 | 1234567 | IST | 13:25 | 14:40 | AYT | 1:15 |
| 2431 | 1234567 | AYT | 15:25 | 16:40 | IST | 1:15 |
| 2432 | 1234567 | IST | 10:30 | 11:45 | AYT | 1:15 |
| 2433 | 1..... | AYT | 13:00 | 14:20 | IST | 1:20 |

| | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|-----|------|
| 2433 | .234567 | AYT | 12:30 | 13:50 | IST | 1:20 |
| 2434 | 1234567 | IST | 17:15 | 18:30 | AYT | 1:15 |
| 2435 | 1234567 | AYT | 04:35 | 05:55 | IST | 1:20 |
| 2436 | ..3..6. | IST | 01:00 | 02:15 | AYT | 1:15 |
| 2438 | 1234567 | IST | 16:15 | 17:30 | AYT | 1:15 |
| 2439 | 1234.67 | AYT | 18:45 | 20:05 | IST | 1:20 |
| 2439 |5.. | AYT | 18:30 | 19:50 | IST | 1:20 |
| 2451 | 1234567 | ADA | 00:35 | 02:10 | IST | 1:35 |
| 2453 | 1234567 | ADA | 03:45 | 05:20 | IST | 1:35 |
| 2454 | 1234567 | IST | 03:10 | 04:40 | ADA | 1:30 |
| 2455 | 1234567 | ADA | 05:25 | 07:05 | IST | 1:40 |
| 2458 | 1234567 | IST | 06:10 | 07:45 | ADA | 1:35 |
| 2459 | 1234567 | ADA | 08:30 | 10:10 | IST | 1:40 |
| 2460 | 1234567 | IST | 08:55 | 10:25 | ADA | 1:30 |
| 2461 | 123456. | ADA | 11:10 | 12:50 | IST | 1:40 |
| 2461 |7 | ADA | 11:10 | 12:45 | IST | 1:35 |
| 2462 | 1234567 | IST | 10:50 | 12:25 | ADA | 1:35 |
| 2463 | 1234567 | ADA | 13:10 | 14:50 | IST | 1:40 |
| 2466 | 1234567 | IST | 13:10 | 14:45 | ADA | 1:35 |
| 2467 | 1234567 | ADA | 15:30 | 17:10 | IST | 1:40 |
| 2468 | 1234567 | IST | 14:45 | 16:15 | ADA | 1:30 |
| 2469 | 1234567 | ADA | 17:00 | 18:40 | IST | 1:40 |
| 2470 | 1234567 | IST | 16:40 | 18:15 | ADA | 1:35 |
| 2471 | 1234567 | ADA | 19:15 | 20:55 | IST | 1:40 |
| 2474 | 1234567 | IST | 19:05 | 20:35 | ADA | 1:30 |
| 2476 | 1234567 | IST | 22:15 | 23:50 | ADA | 1:35 |
| 2480 | 1234567 | IST | 07:00 | 08:35 | ADA | 1:35 |
| 2481 | 1234567 | ADA | 09:20 | 10:55 | IST | 1:35 |
| 2504 | 1234567 | IST | 03:15 | 04:30 | BJV | 1:15 |
| 2505 | 1....67 | BJV | 05:55 | 07:05 | IST | 1:10 |
| 2505 | .2345.. | BJV | 05:15 | 06:25 | IST | 1:10 |
| 2506 | 1234567 | IST | 10:05 | 11:20 | BJV | 1:15 |
| 2507 | 1234..7 | BJV | 12:05 | 13:15 | IST | 1:10 |
| 2507 |56. | BJV | 12:35 | 13:45 | IST | 1:10 |
| 2508 | 1234567 | IST | 06:20 | 07:40 | BJV | 1:20 |
| 2509 | 12345.7 | BJV | 08:25 | 09:35 | IST | 1:10 |
| 2509 |6. | BJV | 08:55 | 10:05 | IST | 1:10 |
| 2510 | 1234567 | IST | 07:35 | 08:50 | BJV | 1:15 |
| 2511 | 1..... | BJV | 10:05 | 11:15 | IST | 1:10 |
| 2511 | .234567 | BJV | 09:35 | 10:45 | IST | 1:10 |
| 2514 | 1234567 | IST | 11:40 | 12:55 | BJV | 1:15 |
| 2515 | 1234567 | BJV | 13:40 | 14:50 | IST | 1:10 |
| 2516 | 123456. | IST | 14:10 | 15:25 | BJV | 1:15 |
| 2516 |7 | IST | 14:20 | 15:35 | BJV | 1:15 |
| 2517 | 1....6. | BJV | 16:40 | 17:50 | IST | 1:10 |
| 2517 | .2345.. | BJV | 16:10 | 17:20 | IST | 1:10 |
| 2517 |7 | BJV | 17:00 | 18:10 | IST | 1:10 |
| 2518 | 1234567 | IST | 15:00 | 16:15 | BJV | 1:15 |
| 2519 | 1.34..7 | BJV | 17:30 | 18:45 | IST | 1:15 |
| 2519 | .2...6. | BJV | 17:15 | 18:30 | IST | 1:15 |
| 2519 |5.. | BJV | 17:40 | 18:55 | IST | 1:15 |
| 2524 | 1234567 | IST | 17:55 | 19:20 | BJV | 1:25 |
| 2525 | 1234567 | BJV | 20:05 | 21:20 | IST | 1:15 |
| 2526 | 1234567 | IST | 18:55 | 20:10 | BJV | 1:15 |
| 2527 | 1234567 | BJV | 20:55 | 22:05 | IST | 1:10 |
| 2530 | 1234567 | IST | 20:40 | 21:55 | BJV | 1:15 |

| | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|-----|------|
| 2531 | 1234567 | BJV | 00:35 | 01:45 | IST | 1:10 |
| 2538 | 1234567 | IST | 22:10 | 23:25 | BJV | 1:15 |
| 2539 | 1234567 | BJV | 03:00 | 04:10 | IST | 1:10 |
| 2552 | 1234567 | IST | 03:20 | 04:40 | DLM | 1:20 |
| 2553 | 1234567 | DLM | 05:25 | 06:45 | IST | 1:20 |
| 2554 | 1234567 | IST | 06:25 | 07:45 | DLM | 1:20 |
| 2555 | 1234567 | DLM | 08:30 | 09:50 | IST | 1:20 |
| 2556 | 1234567 | IST | 08:10 | 09:30 | DLM | 1:20 |
| 2557 | 123456. | DLM | 10:15 | 11:35 | IST | 1:20 |
| 2557 |7 | DLM | 10:45 | 12:05 | IST | 1:20 |
| 2558 | 1234567 | IST | 14:00 | 15:20 | DLM | 1:20 |
| 2559 | 1...5.. | DLM | 16:35 | 17:55 | IST | 1:20 |
| 2559 | .234.67 | DLM | 16:05 | 17:25 | IST | 1:20 |
| 2560 | 1234567 | IST | 18:50 | 20:10 | DLM | 1:20 |
| 2561 | 1234567 | DLM | 20:55 | 22:15 | IST | 1:20 |
| 2570 | 1234567 | IST | 18:10 | 19:30 | DLM | 1:20 |
| 2571 | 1234567 | DLM | 20:15 | 21:35 | IST | 1:20 |
| 2572 | 1234567 | IST | 21:05 | 22:25 | DLM | 1:20 |
| 2573 | 1234567 | DLM | 00:45 | 02:05 | IST | 1:20 |
| 2576 | 1234567 | IST | 03:00 | 04:10 | DNZ | 1:10 |
| 2577 | 1234567 | DNZ | 04:55 | 06:00 | IST | 1:05 |
| 2578 | 1234567 | IST | 14:00 | 15:15 | DNZ | 1:15 |
| 2579 | 1234567 | DNZ | 16:00 | 17:05 | IST | 1:05 |
| 2580 | 1234567 | IST | 21:20 | 22:35 | DNZ | 1:15 |
| 2581 | 1234567 | DNZ | 02:50 | 03:55 | IST | 1:05 |
| 2592 | 1234567 | IST | 06:35 | 07:55 | GZP | 1:20 |
| 2593 | 1234567 | GZP | 08:40 | 10:00 | IST | 1:20 |
| 2596 | 1234567 | IST | 17:50 | 19:10 | GZP | 1:20 |
| 2597 | 1234567 | GZP | 19:55 | 21:20 | IST | 1:25 |
| 2602 | 1234567 | IST | 04:15 | 06:00 | DIY | 1:45 |
| 2603 | 1234567 | DIY | 06:50 | 08:55 | IST | 2:05 |
| 2604 | 1234567 | IST | 06:20 | 08:05 | DIY | 1:45 |
| 2605 | 1234567 | DIY | 08:50 | 10:55 | IST | 2:05 |
| 2606 | 1234567 | IST | 16:15 | 18:05 | DIY | 1:50 |
| 2607 | 1234567 | DIY | 18:50 | 20:55 | IST | 2:05 |
| 2608 | 1234567 | IST | 12:25 | 14:10 | DIY | 1:45 |
| 2609 | 1234567 | DIY | 15:20 | 17:25 | IST | 2:05 |
| 2610 | 1234567 | IST | 18:30 | 20:20 | DIY | 1:50 |
| 2611 | 1234567 | DIY | 21:05 | 23:05 | IST | 2:00 |
| 2612 | 1234567 | IST | 21:45 | 23:30 | DIY | 1:45 |
| 2613 | 1234567 | DIY | 03:00 | 05:05 | IST | 2:05 |
| 2630 | 1234567 | IST | 03:15 | 04:55 | MLX | 1:40 |
| 2631 | 1234567 | MLX | 05:45 | 07:30 | IST | 1:45 |
| 2636 | 1234567 | IST | 17:05 | 18:50 | MLX | 1:45 |
| 2637 | 1234567 | MLX | 19:40 | 21:30 | IST | 1:50 |
| 2642 | 1234567 | IST | 04:10 | 05:55 | EZS | 1:45 |
| 2643 | 1234567 | EZS | 06:55 | 08:50 | IST | 1:55 |
| 2644 | 12345.7 | IST | 17:15 | 19:00 | EZS | 1:45 |
| 2644 |6. | IST | 17:20 | 19:00 | EZS | 1:40 |
| 2645 | 1234567 | EZS | 19:45 | 21:40 | IST | 1:55 |
| 2648 | 1234567 | IST | 06:25 | 08:30 | BGG | 2:05 |
| 2649 | 1234567 | BGG | 09:15 | 11:20 | IST | 2:05 |
| 2654 | 1234567 | IST | 10:45 | 12:35 | ERC | 1:50 |
| 2655 | 1234567 | ERC | 13:20 | 15:15 | IST | 1:55 |
| 2658 | 1234567 | IST | 06:00 | 07:35 | VAS | 1:35 |
| 2659 | 1234567 | VAS | 08:20 | 09:55 | IST | 1:35 |

| | | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|----|-----|------|
| 2660 | 1234567 | IST | 16:30 | 18:10 | | VAS | 1:40 |
| 2661 | 1234567 | VAS | 18:55 | 20:30 | | IST | 1:35 |
| 2666 | 1234567 | IST | 12:15 | 14:20 | | NKT | 2:05 |
| 2667 | 1234567 | NKT | 15:05 | 17:20 | | IST | 2:15 |
| 2670 | 1234567 | IST | 06:05 | 08:20 | | YKO | 2:15 |
| 2671 | 1234567 | YKO | 09:05 | 11:40 | | IST | 2:35 |
| 2674 | 1234567 | IST | 03:55 | 05:55 | | MQM | 2:00 |
| 2675 | 1234567 | MQM | 07:00 | 09:10 | | IST | 2:10 |
| 2676 | 1234567 | IST | 13:10 | 15:10 | | MQM | 2:00 |
| 2677 | 1234567 | MQM | 16:00 | 18:10 | | IST | 2:10 |
| 2692 | 1234567 | IST | 11:45 | 13:50 | | MSR | 2:05 |
| 2693 | 1234567 | MSR | 14:35 | 16:45 | | IST | 2:10 |
| 2704 | 1234567 | IST | 04:15 | 06:05 | | ERZ | 1:50 |
| 2705 | 1234567 | ERZ | 07:10 | 09:15 | | IST | 2:05 |
| 2706 | 1234567 | IST | 13:20 | 15:10 | | ERZ | 1:50 |
| 2707 | 1234567 | ERZ | 15:55 | 18:00 | | IST | 2:05 |
| 2714 | 1234567 | IST | 12:15 | 14:25 | | KSY | 2:10 |
| 2715 | 1234567 | KSY | 15:10 | 17:30 | | IST | 2:20 |
| 2718 | 1234567 | IST | 06:55 | 09:10 | | IGD | 2:15 |
| 2719 | 1234567 | IGD | 09:55 | 12:25 | | IST | 2:30 |
| 2730 | 1234567 | IST | 07:00 | 09:00 | | AJI | 2:00 |
| 2731 | 1234567 | AJI | 09:45 | 12:05 | | IST | 2:20 |
| 2736 | 1234567 | IST | 03:10 | 04:20 | | KFS | 1:10 |
| 2737 | 1234567 | KFS | 05:05 | 06:15 | | IST | 1:10 |
| 2746 | 1234567 | IST | 03:40 | 05:45 | | VAN | 2:05 |
| 2747 | 1234567 | VAN | 06:30 | 08:55 | | IST | 2:25 |
| 2750 | 1234567 | IST | 16:00 | 18:05 | | VAN | 2:05 |
| 2751 | 1234567 | VAN | 19:00 | 21:15 | | IST | 2:15 |
| 2806 | 1234567 | IST | 02:50 | 04:15 | | SZF | 1:25 |
| 2807 | 1234567 | SZF | 05:00 | 06:35 | | IST | 1:35 |
| 2810 | 1234567 | IST | 13:20 | 14:45 | | SZF | 1:25 |
| 2811 | 1234567 | SZF | 15:30 | 17:05 | | IST | 1:35 |
| 2814 | 1234567 | IST | 18:00 | 19:35 | | SZF | 1:35 |
| 2815 | 1234567 | SZF | 20:20 | 21:55 | | IST | 1:35 |
| 2818 | 1234567 | IST | 22:30 | 23:55 | | SZF | 1:25 |
| 2819 | 12.4567 | SZF | 02:10 | 03:45 | | IST | 1:35 |
| 2819 | ..3.... | SZF | 02:10 | 03:40 | | IST | 1:30 |
| 2821 | 123.567 | TZX | 05:00 | 06:50 | | IST | 1:50 |
| 2822 | ...4... | IST | 01:25 | 03:05 | | TZX | 1:40 |
| 2823 | 1234567 | TZX | 03:50 | 05:40 | | IST | 1:50 |
| 2826 | 1234567 | IST | 03:15 | 04:55 | | TZX | 1:40 |
| 2827 | 1234567 | TZX | 05:40 | 07:40 | | IST | 2:00 |
| 2828 | 1234567 | IST | 07:50 | 09:30 | | TZX | 1:40 |
| 2829 | 1234567 | TZX | 10:15 | 12:05 | | IST | 1:50 |
| 2830 | 1234567 | IST | 17:15 | 18:55 | | TZX | 1:40 |
| 2831 | 1234567 | TZX | 19:40 | 21:30 | | IST | 1:50 |
| 2832 | 1234567 | IST | 11:50 | 13:30 | | TZX | 1:40 |
| 2833 | 1234567 | TZX | 14:15 | 16:05 | | IST | 1:50 |
| 2834 | 12345.7 | IST | 14:55 | 16:35 | | TZX | 1:40 |
| 2834 |6. | IST | 15:00 | 16:35 | | TZX | 1:35 |
| 2835 | 1234567 | TZX | 17:20 | 19:10 | | IST | 1:50 |
| 2836 | 1234567 | IST | 19:40 | 21:20 | | TZX | 1:40 |
| 2837 | ..3.... | TZX | 22:05 | 23:55 | | IST | 1:50 |
| 2838 | 1234567 | IST | 21:15 | 22:55 | | TZX | 1:40 |
| 2839 | 1234567 | TZX | 23:55 | 01:45 | +1 | IST | 1:50 |
| 2840 | 12.4567 | IST | 14:00 | 15:40 | | TZX | 1:40 |

| | | | | | | |
|------|---------|-----|-------|-------|-----|------|
| 2842 | 1.3.5.7 | IST | 06:25 | 07:40 | NOP | 1:15 |
| 2842 | .2.4.6. | IST | 11:40 | 12:55 | NOP | 1:15 |
| 2843 | 1.3.5.7 | NOP | 08:25 | 09:40 | IST | 1:15 |
| 2843 | .2.4.6. | NOP | 13:40 | 14:55 | IST | 1:15 |
| 2852 | 1234567 | IST | 12:35 | 14:10 | OGU | 1:35 |
| 2853 | 1234567 | OGU | 14:55 | 16:40 | IST | 1:45 |
| 2854 | 1234567 | IST | 20:20 | 21:50 | MZH | 1:30 |
| 2855 | 1234567 | MZH | 02:55 | 04:25 | IST | 1:30 |
| 2860 | 1234567 | IST | 10:25 | 11:35 | ISE | 1:10 |
| 2861 | 1234567 | ISE | 12:20 | 13:25 | IST | 1:05 |
| 3000 | ..3...7 | AYT | 16:00 | 20:55 | ALA | 4:55 |



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Elif DEĞİRMENÇİ
Doğum Tarihi ve Yeri : 17/07/1988 Ankara
Yabancı Dili : İngilizce, Fransızca
E-posta : elifalpay09@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan | Okul/Üniversite | Mezuniyet Yılı |
|-----------|---------------|-----------------------------|----------------|
| Y. Lisans | Endüstri Müh. | Yıldız Teknik Üniversitesi | 2011 |
| Lisans | Endüstri Müh. | Gazi Üniversitesi | 2009 |
| Lise | Fen Bilimleri | Özel Yavuz Selim Fen Lisesi | 2005 |

İŞ TECRÜBESİ

| Yıl | Firma/Kurum | Görevi |
|------|-------------|----------------------|
| 2009 | THY | Uçuş planlama uzmanı |
| 2008 | T.O.B.B | GS1 Proje uzmanı |

YAYINLARI

Makale

1. Degirmenci E., Basligil H., Bolat A., Ozdemir Y., "Customer Satisfaction Measurement in Airline Services Using Servqual", Open Access Scientific Reports, 1(5):294. Doi:10.4172/scientificreports.294, (2012).
2. Degirmenci E., Akca Z., Basligil H., "Havayolu Yolcularinin Uçuş Saati Tercihi Üzerine Bir Çalışma", Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 7(2):243-251, (2016).
3. Degirmenci E., "Comparison of Fuzzy AHP, Choquet Integral and Electre AHP- Selecting Airport Location for Cargo Aircrafts" (Yayınlanmak üzere gönderildi).

Bildiri

1. Degirmenci E., "Service Quality Measurement In Airline Services Using An Enhanced Servqual Approach" Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 32. Ulusal Kongresi, YA/EM 2012, Doğu Üniversitesi, 20-22 Haziran 2012, İstanbul, Türkiye
2. Kotil T., Degirmenci E., "The Most Basic Element of Improving Customer Satisfaction and Loyalty through Understanding the Customer", 51st AGIFORS Annual Proceedings: Annual Symposium and Study Group Meeting, 10-14 October 2011, Antalya, Turkey

Proje

1. Sağlık Bakanlığı, Norm kadro analizi Projesi
2. MİGROS Tandoğan Şubesi 'nin, "SERVQUAL" yöntemi kullanılarak hizmet kalitesi ölçümlenmesi ve "veri zarflama analizi" tekniğinden yararlanılarak, Ankara'daki 3 farklı Migros şubesinin (Maltepe Şubesi, Tandoğan Şubesi, Bahçelievler Şubesi) performans karşılaştırmasının yapılması

ÖDÜLLERİ

1. Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Onur Belgesi
2. Vaka Analizi yarışması üniversite 1.liği