

Antalya Uluslararası Havalimanı Simülasyon Modeli ile Bir Kuyruk Problemi

Yağmur ÖZ

Akdeniz Üniversitesi, yagmuroz@akdeniz.edu.tr, 0242 3106759

ÖZET

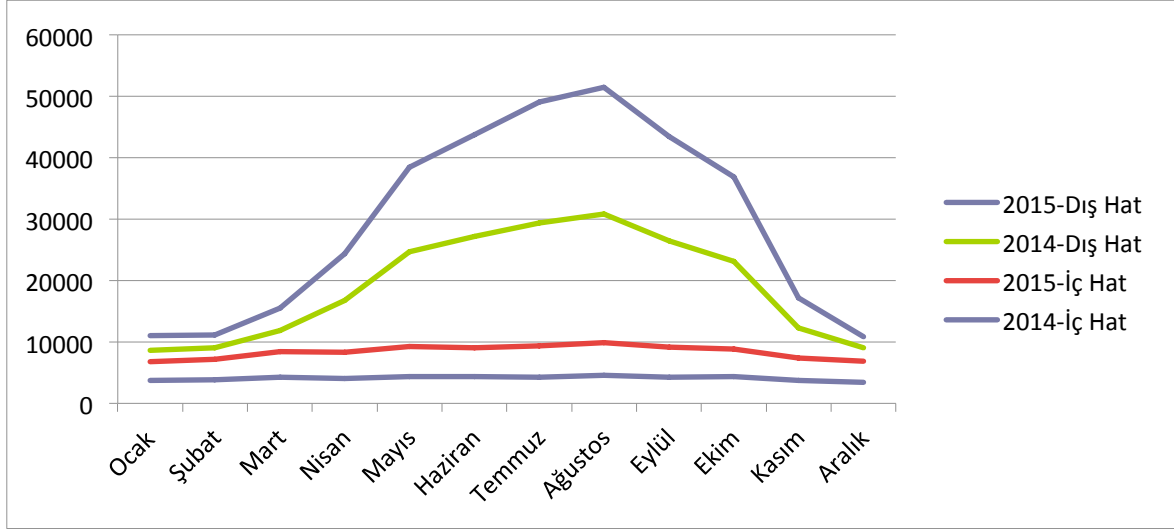
Çalışmanın amacı Antalya Uluslararası Havalimanı'nda pist kullanımından kaynaklanan beklemlerin durumunu anlamaktır. İniş-kalkış yapan uçakların uçuş sürelerinin, beklenen uçuş sürelerinden sapmalarından kaynaklanan farkın ve beklemlerin, uçuş operasyonları nedeni ile çevreye yayılan zararlı emisyonların tahminine olan etkisinin incelenmesidir. Bu amaç ile 10 Kasım 2016 tarihinde Antalya Uluslararası Havalimanı'na iç ve dış hatlardan gelen- giden uçaklara ait iniş-kalkış bilgileri 24 saatlik zaman diliminde gözlemlenmiştir. Uçakların iniş kalkış sürelerinin dağılımlarını, pist kullanım sürelerini, servis zamanlarını (yolcu indirme-bindirme sürelerini) ve rötat durumlarını da kapsayan bir havaalanı simülasyon modeli kurularak, Arena simülasyon programı yardımıyla kurulan modelin sonuçları elde edilmiştir.

GİRİŞ

Literatürde Antalya Uluslararası Havalimanı 1960 yılında hizmete girmiştir, sivil havaalanı statüsünde iç ve dış hat trafiğine açık, 3 adet pisti ile yolculara hizmet vermektedir. (DHMI(2016)). Antalya Uluslararası Havalimanı 2014-2015 yıllarında Şekil 1'de gösterildiği gibi yaklaşık olarak 17,7 milyon yolcuya hizmet vermiştir. (AHL (2016)) 1

Antalya Uluslararası Havalimanı'na 2014-2015 yılları arasında yapılan iç-dış hat uçuşlarına ait veriler aylara göre incelendiğinde; iç hat uçuşlarının sayısında bir değişim gözlenmez iken, dış hat uçuşlarında mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında belirgin bir artış gözlenmektedir. Özellikle temmuz ve ağustos aylarında dış hat uçuşlarındaki artış ocak ayında gözlemlenen değerlerin yaklaşık 10 katına kadar ulaşmaktadır. Yılın belirli zamanlarında havalimanında yoğunluğun artış göstermesinin çeşitli olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Hava sıcaklığının da artış gösterdiği aylara denk gelen dış hat uçuşlarının sayısındaki artış ekonomik açıdan turizm gelirlerinin artışı anlamına gelebilecek iken, havalimanı kapasitesi yetersiz ise veya havalimanı kaynakları etkin kullanılmıyor ise uçakların rötat yapması nedeni ile bekleyen yolcularda oluşabilecek memnuniyetsizlik sonucu yolcuların aynı turistik lokasyonu veya havayolu firmasının tercih etmemesinin ekonomi üzerindeki etkileri olumsuz olacaktır. Uçakların hava trafiğine takılarak veya benzer şekilde yoğunluk nedeni ile

yerde bekleme sürelerinin uzaması, uçak motorlarından havaya salınacak olan gazların artışına neden olarak çevreye olumsuz etkileri olabilecektir.



Şekil 1. 2014-2015 Yıllarında Uluslararası Antalya Havalimanına Gelen-Giden İç-Dış Hat Uçuşları (Aylara Göre)

Kaynak: <http://www.antalyahavalimani.gov.tr/tr/istatistik.asp>

Antalya Uluslararası Havalimanı çevresel konulardaki hassasiyetini bu alandaki belgelere sahip olarak göstermektedir. Antalya Uluslararası Havalimanı'nın Türk Standartları Enstitüsü tarafından yapılan incelemeler sonucunda Sera Gazı Envanteri TS EN ISO 14064-1:2007 ve toplam emisyon miktarları TS EN ISO 14064-3 standartları şartlarına göre "Makul Güven Seviyesinde" olduğu doğrulanmış olup, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nce yürütülen "Yeşil Havaalanı" projesi kapsamında "Yeşil Kuruluş" unvanı almıştır. Ayrıca Avrupa Havaalanları Birliği (ACI) onayı ile Havaalanı Karbon Akreditasyonu belgesini de almıştır. (AntalyaDHMI (2016))

Antalya Uluslararası Havalimanı, Yeşil Kuruluş unvanına uygun olarak faaliyetlerinden kaynaklanan doğal çevreye olumsuz etki edebilecek kaynaklarını azaltmak veya bunları ortadan kaldırmak için daha az emisyon üreten yakıtların kullanılması gibi tedbirler almaktadır. (TSE (2016))

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Sınırlı kaynaklar ve artan insan yoğunluğu göz önüne alındığında, eldeki kaynakları kullanırken giderek artan bekleme süreleri ve bu sürelerden kaynaklanan memnuniyetsizlikler geçmişten günümüze ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu probleme neden olan kaynakları belirleyip, gözlemleyerek benzetim yolu ile tahminlerde bulunmak için bir çok alanda simülasyon çalışmalarına rastlanmaktadır. Girginer ve Şahin (2007) spor tesisi, Akarçay (2008) banka, Akın ve Özkil (2011) hastane röntgen servisi, Adi ve Dharmawirya (2011) restoran,

Yıldız ve Arslan (2013) yemekhane süreçlerinde oluşan kuyruk problemleri ile ilgili çeşitli alanlarda simülasyon modelleri ile çalışmalar yapmışlardır.

Dünyada ve ülkemizde havayolu trafiği üzerine yapılan çalışmalar, gerek kargo gerekse yolcu taşımacılığı alanında artan talep ve azalan maliyetler ile fazlasıyla önem kazanmıştır. Öngörülemeyen koşulları da içinde barındırabilen veya gerçek hayattın bir kesimini ele alabilen simülasyon çalışmaları havaalanı, hava trafiği, sektörde çalışanların iş gücü yoğunluğu, hava kirliliği vb. konuların modellenmesinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Kim vd. (2005), George Bush Intercontinental Havaalanı'nın kapasitesi ve operasyon prosedürleri üzerine Arena Simülasyon programını kullanarak uçakların havaalanına varış trafiği parametrelerini kullanarak bir model oluşturmaya çalışmışlardır. Simülasyon sonucunda modelde belirlenen yollar arasındaki geçiş süreleri, belirlenen periyotta havaalanına iniş yapan uçakların uçuş sayısı hakkında bir tahmininde bulunmasına olanak sağlamıştır.

Hindistan'daki HAL Bangalore Havaalanı'nda askeri uçakların plansız uçuşlarının ve sivil hava trafiğinin artması, havaalanı kapasitesini zorlayarak gecikmelere sebep olduğundan Lathasree vd. (2007) havaalanının bir simülasyonunu yapmışlardır. Hindistan'da giderek artan hava trafik yoğunluğunun yarattığı problemleri uçuş gecikmesi, hava trafik kontrolörlerinin iş yükü ve havaalanı içerisindeki ve çevresinde gürültü seviyeleri olarak parametrelendirmişlerdir. Simülasyonda havaalanının kabul edilebilir gecikme limitini aştığı, hava trafik kontrolörleri üzerindeki iş yükünün yoğun zamanlarda yüksek seviyelere çıktığı, özellikle uçan askeri uçaklar için gürültü kontür tahmininin havaalanı yakınında yaşayanlar için rahatsız edici seviyelere ulaştığı gözlenmiştir.

Akdeniz ve Tatar (2009), Adnan Menderes Havaalanı'nda yeni bir piste ihtiyaç olup olmadığını anlayabilmek için, yılın hava trafiği yoğunluğu en fazla olan gününde 100 uçak gözlemleyerek, iniş-kalkış yapan uçakların bekleme optimizasyonunu yapmak için Arena simülasyon programını kullanmışlardır. Havaalanında ikinci pist ihtiyacı olduğu sonucuna varmışlardır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin ikinci en yoğun havaalanı olan Chicago O'Hare Havaalanı'nın trafiği, ticari havayolları sayısının artması ile gecikmelerin alışlageldiği ve engellenemediği bir hal almıştır. Viswanathan vd.(2010) Arena Simülasyon Programı yardımıyla, United Havayolları'nın Chicago O'Hare Havaalanı'na varış ve kalkış verilerini kullanarak, havayolu firmasının kaynaklarını etkin kullanırsa gelirlerini maksimum yapıp yapamayacağı üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Mousavi ve Najji (2012), Londra Heathrow Havaalanı'na iniş yapan uçakların bekleme süreleri ile hava kirlenimi arasındaki ilişkiyi açıklayan bir ayrık olay simülasyonu geliştirmeye çalışmışlardır. Bunun için de uçakların geliş-gidiş operasyonlarını, pist kullanım ve piste erişebilmeleri için geçen ortalama sürelerini kullanmışlardır. Kirlenimi tahmininde ise her bir hava aracının ortalama emisyonunu her eyaletteki emisyonla ilişkilendirmişlerdir. Üçüncü pistin yapılması konusunda operasyon yöneticilerine önerilerini sunmuşlardır.

Altuntaş ve Karakoç (2011), çevresel yaşam döngüsü programı (SimaPro 7) ile değişik uçak motorlarının, iniş-kalkış döngüsünde tükettikleri yakıt miktarına göre 2006-2009 yılları arasında havaalanı faaliyetlerinin çevresel etkileri üzerine bir simülasyon modeli oluşturmuşlardır.

2. UYGULAMA

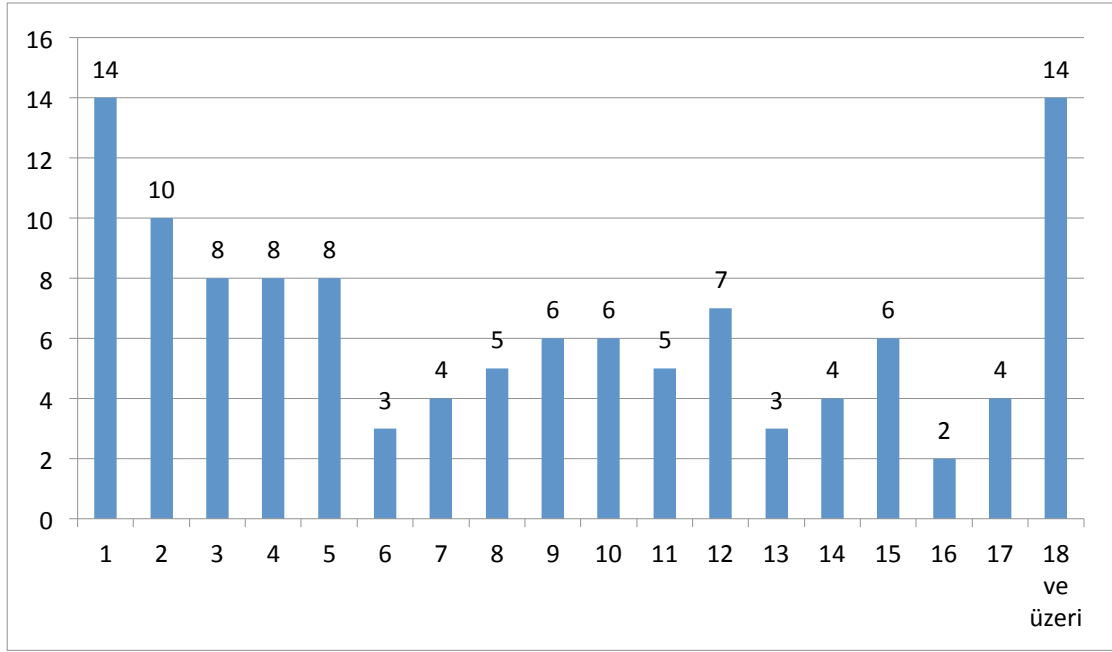
Çalışma için gerekli olan verilere, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü internet sayfasından, Antalya Uluslararası Havalimanı'na 10 Kasım 2016 tarihinde iç ve dış hatlardan gelen- giden uçaklara ait iniş-kalkış bilgileri 24 saatlik zaman diliminde gözlemlenerek ulaşılmıştır. Gün içinde planlanan uçuş bilgileri, uçakların iniş veya kalkış bilgilerini içermediğinden çalışmaya dahil edilmemiştir. İç ve dış hatlar için gelen ve giden uçuş bilgileri; uçuş numarası, havayolu firması, uçağın geldiği yer, gerçekleşen kalkış saati, gerçekleşen iniş saati, beklenen uçuş süresi ve uçak tipi bilgilerini kapsamaktadır. Bu bilgilerden yola çıkılarak, gerçekleşen uçuş süresi ve gerçekleşen uçuş süresi ile beklenen uçuş süresi arası farklar hesaplanmıştır. Uçak tipi bilgisine bakılarak, ilgili uçak modelinde kullanılan uçak motorunun modeli bilgisine ulaşılmıştır. Bu bilgiler uçuş bilgileri istatistikleri internet sayfasından elde edilmiştir. (Flightstats (2016))

Gelen uçuşlar iniş, giden uçuşlar ise gün içindeki kalkış saatlerine göre sıralanmışlardır. Gün içinde planlanan uçuşlar haricinde toplam 118 tane uçuş gerçekleşmiş olup bu uçuşların 55 tanesi gelen (iç hat + dış hat), 63 tanesi (iç hat + dış hat) giden uçuşlardır. Gelen ve giden uçuşlar için tek pist kullanıldığı varsayılarak yapılan çalışmada, bu yoğunluk 24 saatlik süre içinde pistin yaklaşık 12 dakikada bir kullanıldığı anlamına gelmektedir. Ancak dikkat edilmesi gereken asıl nokta iniş- kalkış süreleri arasındaki zaman farkıdır. Örneğin gece 12:00 ile sabah 03:00 zaman aralığında sadece 3 adet iniş-kalkış gerçekleşmiş iken, sabah 09:00 ile sabah 12:00 saatleri aralığında art arda 21 adet iniş-kalkış gerçekleşmiştir.

Gelen uçuşların inişleri arasındaki zaman farkları incelendiğinde; 1-3 dakika ara ile 10, 4-6 dakika ara ile 4, 7-9 dakika ara ile 5, 10-12 dakika ara ile 6, 13-15 dakika ara ile 5, 16-18 dakika ara ile 6, 19-21 dakika ara ile 1, 22-24 dakika ara ile 2, 25-27 dakika ara ile 3, 28-30 dakika ara ile 2 ve 31 dakika ve üzeri ara ile 10 uçağın iniş yaptığı gözlemlenmiştir. Gelen ilk uçağın iniş zamanı referans noktası olarak alındığından 54 tane gözlem bulunmaktadır.

Giden uçuşların kalkış zaman farkları incelendiğinde; 1-3 dakika ara ile 6, 4-6 dakika ara ile 9, 7-9 dakika ara ile 11, 10-12 dakika ara ile 9, 13-15 dakika ara ile 5, 16-18 dakika ara ile 2, 19-21 dakika ara ile 1, 22-24 dakika ara ile 3, 25-27 dakika ara ile 3, 28-30 dakika ara ile 2 ve 31 dakika ve üzeri ara ile 11 uçağın iniş yaptığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde giden ilk uçağın kalkış zamanı referans noktası olarak alındığından 62 tane gözlem bulunmaktadır.

Çalışmada iniş-kalkışların tek pist üzerinden gerçekleştiği düşünüldüğünden gelen ve giden uçakların iniş-kalkış zamanları birlikte sıralanarak, zaman aralığına göre pisti kullanan uçak sayısı hesaplanmıştır. Buna göre; 1 dakika ara ile 14, 2 dakika ara ile 10, 3 dakika ara ile 8, 4 dakika ara ile 8, 5 dakika ara ile 8, 6 dakika ara ile 3, 7 dakika ara ile 4, 8 dakika ara ile 5, 9 dakika ara ile 6, 10 dakika ara ile 6, 11 dakika ara ile 5, 12 dakika ara ile 7, 13 dakika ara ile 3, 14 dakika ara ile 4, 15 dakika ara ile 6, 16 dakika ara ile 2, 17 dakika ara ile 4 ve 18 ve üzeri dakika ara ile 14 uçak pisti kullanmaktadır. Şekil 2'de pistin kullanım sıklığını gösteren histogram bulunmaktadır.



Şekil 2. Pist İniş- Kalkış Sıklığı (Dakika Cinsinden)

Pisti kullanan uçakların kalkış ve iniş süreleri arasındaki farka bakılarak belirlenen pist kullanım sıklığı verilerinin dağılımı, Arena programının 9.0 öğrenci versiyonu Input Analyzer kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm dağılımlara göre analiz yapılarak en küçük hata karesi değerine sahip olan dağılımı atama işlemi yapılmıştır. Buna göre iniş yapan uçaklar için verilerin dağılımı Tablo 1’de WEIB(15.9, 0.515) olarak belirlenmiştir.

Antalya Uluslararası Havalimanı’na 10 Kasım 2016 tarihinde iniş yapan uçakların 22 tanesi Türk Havayolları, 16 tanesi Pegasus, 8 tanesi Sunexpress, 4 tanesi Onur Air, kalan uçuşlar ise Aeroflot, Atlasjet, EdelweissAir, Jetairfly, ve Norwegian Air Shuttle tarafından birer uçuş olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu uçuşların 15 tanesi İstanbul Atatürk, 15 tanesi İstanbul Sabiha Gökçen, 8 tanesi Ankara, 3 tanesi Adana, 3 tanesi İzmir, kalan uçuşlar Brüksel, Ercan, Münster, Hamburg, Leipzig/Halle, Münih, Oslo, Moskova, Tel Aviv-Yafo ve Zürih havalimanlarından gelen uçuşlardır. İniş yapan uçakların 44 tanesi (%80’i) iç hat, 11 tanesi (%20’si) ise dış hat uçuşu yapmaktadır. Gelen uçuşların büyük çoğunluğu İstanbul’dan gelen uçaklardan oluşmaktadır.

Tablo 1. Arena Input Analyzer Sonuç Tablosu (İniş Yapan Uçaklar İçin)

<p>Distribution Summary</p> <p>Distribution: Weibull Expression: $0.999 + \text{WEIB}(15.9, 0.515)$ Square Error: 0.004614</p> <p>Chi Square Test</p> <p>Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 0.747 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test</p> <p>Test Statistic = 0.203 Corresponding p-value = 0.021</p>	<p>Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 54 Min Data Value = 1 Max Data Value = 276 Sample Mean = 26.9 Sample Std Dev = 49.4</p> <p>Histogram Summary</p> <p>Histogram Range = 0.999 to 276 Number of Intervals = 7</p>
---	---

Benzer şekilde tüm dağılımlara göre analiz yapılarak en küçük hata karesi değerine sahip olan dağılımı atama işlemi yapılmıştır. Buna göre kalkış yapan uçaklar için verilerin dağılımı Tablo 2’de WEIB(16, 0.768) olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Arena Input Analyzer Sonuç Tablosu (Kalkış Yapan Uçaklar İçin)

Distribution Summary	Data Summary
Distribution: Weibull	Number of Data Points = 62
Expression: $0.999 + \text{WEIB}(16, 0.768)$	Min Data Value = 1
Square Error: 0.001446	Max Data Value = 141
Chi Square Test	Sample Mean = 19.1
Number of intervals = 3	Sample Std Dev = 22.1
Degrees of freedom = 0	Histogram Summary
Test Statistic = 0.1	Histogram Range = 0.999 to 141
Corresponding p-value < 0.005	Number of Intervals = 7
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic = 0.178	
Corresponding p-value = 0.0357	

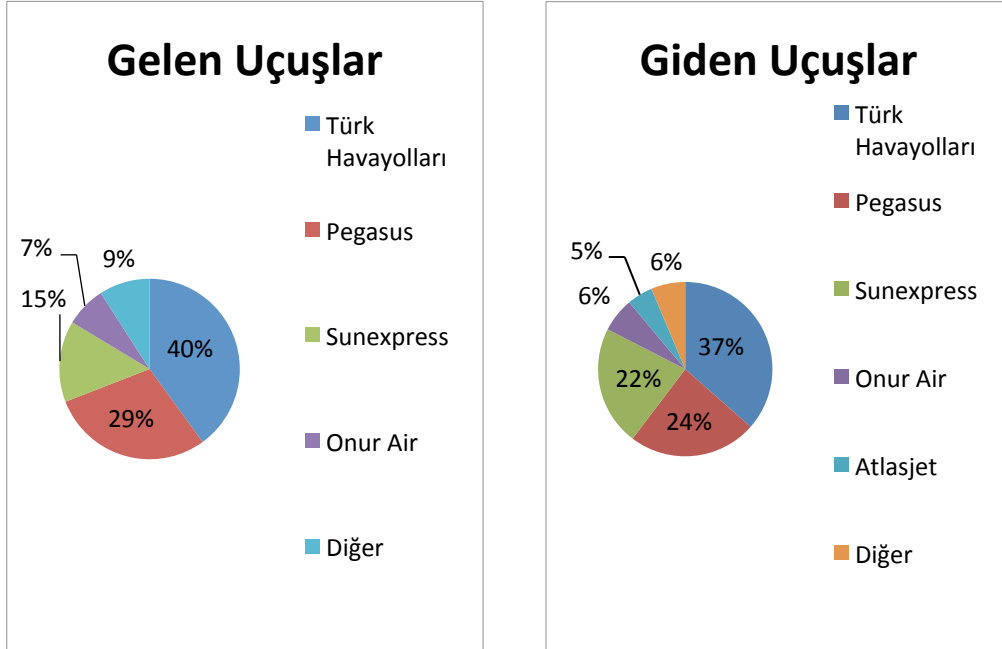
Kalkış yapan uçakların 23 tanesi Türk Havayolları, 15 tanesi Pegasus, 14 tanesi Sunexpress, 4 tanesi Onur Air, 3 tanesi Atlasjet, kalan uçuşlar ise Aeroflot, EdelweissAir, Jetairfly, ve Norwegian Air Shuttle tarafından birer uçuş olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu uçuşların 16 tanesi İstanbul Atatürk, 15 tanesi İstanbul Sabiha Gökçen, 8 tanesi Ankara, 5 tanesi İzmir, 2 tanesi Adana, kalan uçuşlar Brüksel, Köln, Düsseldorf, Ercan, Münster, Frankfurt, Hamburg, Leipzig/Halle, Münih, Nürnberg, Oslo, Stuttgart, Moskova, Berlin, Van ve Zürih havalimanlarından gelen uçuşlardır. Kalkış yapan uçakların 47 tanesi (%75'i) iç hat, 16 tanesi (%25'i) ise dış hat uçuşu yapmaktadır. Giden uçuşların büyük çoğunluğu İstanbul'a giden uçaklardan oluşmaktadır.

Şekil 3'te Antalya Uluslararası Havalimanı'na gelen ve giden uçakların oranı gösterilmektedir.

Uluslararası Antalya Havalimanı'na gelen-giden uçak bilgilerinin 10 Kasım 2016 tarihinde incelendiği 24 saatlik zaman diliminde, turizm sezonu dışında, çok da yoğun olmayan bir günde gerçekleşen 118 uçuşun 91 tanesi (%77'si) iç hat, 27 tanesi (%23'ü) dış hat uçuşudur.

Gerçekleşen uçuşların rötör durumları incelendiğinde; gelen uçakların 55 tanesinin 9'unda (8 tane iç hat, 1 tane dış hat) ve giden uçakların 63 tanesinin 13'ünde (12 iç hat, 1 dış hat) rötörlü uçuş gözlenmiştir. İç hat uçuşlarında rötörlü bir uçuşa denk gelme oranı % 21,9 iken, dış hat uçuşlarında bu oran %7,4'e düşmektedir. Genel olarak ele alındığında uçuşların %19'u rötörlü gerçekleşmektedir.

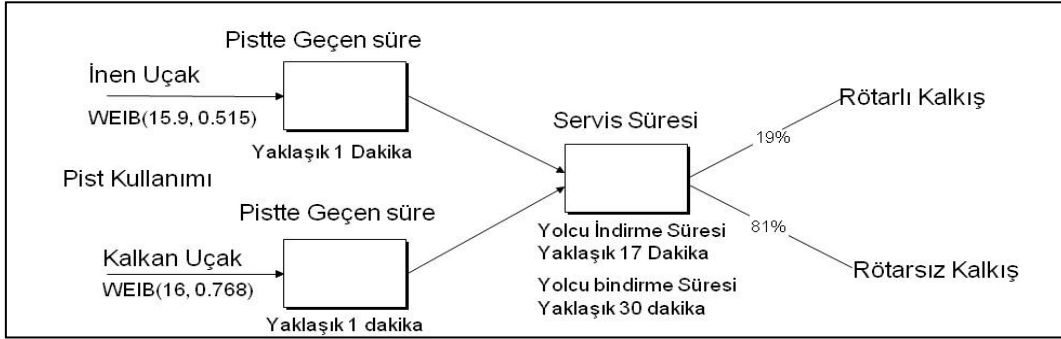


Şekil 3. Gelen Giden Uçuşlar (Havayolu Firmalarına Göre)

Gerçekleşen uçuş süresi ile beklenen uçuş süresi arası farklar incelendiğinde gelen 55 uçağın 40 tanesi (%72'si) beklenen uçuş süresinden daha kısa süre, 2 tanesi (%3,5'i) beklenen süre kadar ve kalan 14 tanesi (%24,5'i) beklenenden daha uzun süre yol almıştır. Giden 63 uçağın 48 tanesi (%76'sı) beklenen uçuş süresinden daha kısa süre, 5 tanesi (%8'i) beklenen süre kadar ve 10 tanesi (%16'sı) beklenenden daha uzun süre yol almıştır. Toplamda 24 saatlik süre zarfında gerçekleşen 118 uçuşun 88 tanesi (%74,%) beklenen uçuş süresinden daha kısa süre yol almıştır. Bu da hesaplamalarda uçuşlardan kaynaklanması beklenen gaz salınımlarının beklenenden daha az gerçekleştiği anlamına gelmektedir.

3. SİMÜLASYON MODELİ

Model için Arena programının “Common Paneli”ndeki Arrive, Server, Inspect, Depart, Simulate ve Animate Modülleri kullanılmıştır. Uçakların iniş ve kalkış verilerinin dağılımları Arena Input Analyzer kullanılarak belirlenmiş olup arrive modülünde iniş verileri için WEIB(15.9, 0.515), kalkış verileri için WEIB(16, 0.768) değeri kullanılmıştır.



Şekil 4. Simülasyon Modelinin Şeması

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü “Havaalanında Kapasite Kriterleri” (2010) dokümanında, uçakların pistte geçirmeleri istenilen süre 50-55 saniye olarak belirtilmektedir. Bu sürenin artması durumunda pist kapasitesi azalmaktadır. Bu nedenle modelde pistte geçen süre 1 dakika olarak modele dahil edilmiştir. Aynı dokümanda uçak tiplerine göre yolcu indirme-bindirme ve uçak servis işlem süreleri Tablo 3’teki gibidir. Simülasyon modelinde yolcu indirme süresi ortalama 17 dakika, yolcu bindirme süresi ise ortalama 30 dakika olarak alınmıştır.

Tablo 3. Tipik Uçak İşlem ve Servis Süresi (dakika cinsinden)

Uçak Tipi	Yolcu Bindirme	Yolcu İndirme	Uçak Servis İşlemleri
B	10	5	10
C	20	10	15
D	30	15	30
E---1 Kapı	40	25	45
2 Kapı	25	15	45
F---1 Kapı	55	30	80
2 Kapı	30	20	80

Servis aşamasını tamamlayan uçakların %81'i rötarsız, kalan %19'u ise rötarlı kalkış göstermektedirler. Model girdilerine ve değerleri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Model Girdileri ve Değerleri

Girdiler	Değerler
Süreler	
İç/Dış Hat Gelen (İniş Yapan) Uçaklar Arası Süre (Dakika)	WEIB(15.9, 0.515)
İç/Dış Hat Giden (Kalkış Yapan) Uçaklar Arası Süre (Dakika)	WEIB(16, 0.768)
Oranlar	
Uçuşun Durumu	%81 Rötarsız %19 Rötarlı
Uçak Modeli	%70 Boeing %30 Airbus

4. SONUÇ

Çalışmada simülasyon modeli sonucunda ortaya çıkan bekleme süreleri farkından kaynaklanan hava kirliliği etkisine bakılmak istenmiş, ancak benzetim sonuçları beklemeye işaret etmediğinden var olan simülasyon sonuçları yorumlanmıştır.

Şekil 4'te gösterilen simülasyon modeli Arena programında 24 saat için çalıştırıldığında 153 uçağın bu süre zarfında havaalanını kullandığı gözlemlenmiştir. Bu uçakların 66 tanesi gelen, 87 tanesi giden uçak olup pisti kullanan uçakların 122 tanesi rötarsız kalkış yapmış, 31 tanesi ile rötarlı kalkmıştır. Sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere modelde bu uçakların 107 tanesinin Boeing, 46 tanesinin ise Airbus modelinde olduğu bilgisi tutulmuştur. Aynı model programda 365 gün için çalıştırıldığında 45.334 uçağın havaalanını kullandığı sonucu ortaya çıkmıştır. Gerçekleşen iç-dış hat uçuş verilerine bakıldığında Uluslararası Antalya Havaalanı'ndan 2014 yılında toplam 49.118 ve 2015 yılında toplam 51.346 uçuş gerçekleştiği görülmektedir. (AHLİstatistik (2016))

Gözlemin havaalanı faaliyetleri bakımından çok da yoğun olmayan kasım ayında yapıldığı dikkate alındığında aradaki farkın buradan kaynaklandığı ancak uçak sayısındaki sapmanın fazla olmadığı görülmektedir. 1 yıllık benzetim sonuçlarına göre gelen 17.041, giden 28.293, rötarsız 36.790, rötarlı 8.544, Boeing 31.803 ve Airbus modelinde 13.531 uçağın havaalanını kullanması beklenmektedir.

Modelde gecikmenin nedeni ortalama 150 dakika ile yolcu indirme-bindirme servis işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Uçakların pistte harcadıkları sürenin beklemeye neden olmadığı görülmektedir. Servis işlemi için sırada bekleyen uçak sayısı ortalama 12'dir. Servis sürecinde uçakların motorları çalıştırılmadığından gecikmeye neden olan bu asıl durumun, çalışmada ele alınmak istenilen havaya yayılan kirletici emisyonlar ile bir bağı bulunamamıştır. Ancak beklemekten kaynaklanan müşteri memnuniyetsizliğini ve beklemeye bağlı maliyetleri en aza indirmek için yolcu indirme-bindirme servis zamanlarının azaltılması gerekmektedir.

5. ÖNERİLER

Çalışmanın havaalanının daha yoğun olduğu temmuz, ağustos ayları verileri de gözlemlenerek ele alınması çalışmanın gerçek hayat verilerine yaklaşması açısından faydalı olacaktır.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlara göre yolcu indirme-bindirme servis zamanlarının azaltılması için çalışmalar yapılmalıdır.

Gelecek çalışmaların Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO)'nın LTO döngüsündeki operasyonlardan kaynaklanan HC, CO, NO_x ve SO₂ gazlarının hesaplanan gerçek değerleri kullanılarak tekrarlanması faydalı olacaktır. Bu hesaplamalarda uçak tipi, uçak motor tip, uçak ağırlığı, gazların havaya karışma yüksekliği, rüzgar, hava durumunun gibi faktörlerin etkisi de göz önüne alınmalıdır.

REFERANSLAR

[1] Adi, E. ve Dharmawirya, M. (2011). Case Study for Restaurant Queuing Model. *International Conference on Management and Artificial Intelligence IPEDR*, 7: 52–55.

[2] AHL (2016). <http://www.antalyahavalimani.gov.tr/tr/tr/istatistik.asp>, (06.12.2016).

[3] AHLİstatistik (2016). <http://www.antalyahavalimani.gov.tr/tr/govdb/tr/istatistik/00-2015%20Yili%20Gelen%20Yolcu%20ve%20Ucak%20Sayilari.pdf>, (06.12.2016).

[4] Akarçay, A. (2008). *Hizmet Üreten Sistemlerde Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeli ve Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat.

[5] Akdeniz, A. ve Tatar, B. (2009). Havalimanında Kuyruk Simülasyonu: İzmir-Gazimir Adnan Menderes Havalimanı Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(3): 3-12.

[6] Akın, H.U. ve Özkil, A. (2011). Sağlık Sektöründe Modelleme ve Simülasyon: Hastane Röntgen Servisi Uygulaması. USMOS 2011, Ankara.

[7] Altuntaş, Ö., ve Karakoç, H. (2011). Türkiye'deki Bazı Hava Alanlarında İç Hat Uçuşları İçin Uçak Seçiminde Çevresel Etkilerin Göz Önünde Bulundurulmasının İncelenmesi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(1): 11-18.

[8] AntalyaDHMI (2016). <http://www.antalya.dhmi.gov.tr/havaalanlari/Default.aspx?hv=4>, (06.12.2016).

[9] DHMI (2016). <http://www.dhmi.gov.tr/havaalanlari.aspx?hv=4>, (10.11.2016).

[10] Flightstats (2016). <http://www.flightstats.com/go/FlightStatus/flightStatusByFlight.do>, (10.11.2016).

[11] Girginer, N., ve Şahin, B. (2007). Spor Tesislerinde Kuyruk Problemine Yönelik Bir Benzetim Uygulaması. *Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1): 13-30.

[12] Mousavi, A., ve A. R. Naji. "Application of Discrete Event Simulation in Measuring Pollutant Emissions: A case study for London Heathrow (LHR)" (Yayınlanmamış makale taslağı).

[13] Kim, J.C., Akinbodunse, D.A. ve Nwakamma, C. (2005). Modeling arrival flight traffic using Arena. ISCA 18th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering, Kasım, Hawaii, USA.

[14] Lathasree, P., T. Senthilkumar, ve Padma Madhuranath. (2007). Modelling, Simulation, and Analysis of HAL Bangalore International Airport. *Defence Science Journal*, 57(6): 865-876.

[15] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2010) *Havaalanlarında Kapasite Kriterleri*, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

[16] TSE (2016).
<https://www.tse.org.tr/upload/tr/dosya/icerikyonetimi/3360/09032015132500-2.pdf>, (10.12.2016)

[17] Viswanathan, P.C., Ustun, A. ve McKenzie, F.D. (2010). Simulating the Arrivals and Departures of United Airlines at Chicago O'Hare International Airport. (Yayınlanmamış makale taslağı).

[18] Yıldız, M.S. ve Arslan H.M. (2013). Bekleme Hattı Modeliyle Servis Sisteminin Analizi: Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi Örneği. *Yönetim Ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi* 11(21): 169-184.