

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI 4.0 ÜZERİNE BİR MODEL ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

Tolga MEMİKA

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Tülay KORKUSUZ
POLAT**

Aralık 2022

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI 4.0 ÜZERİNE BİR
MODEL ÖNERİSİ**

DOKTORA TEZİ

Tolga MEMİKA

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 30 / 12 / 2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Jüri
Başkanı**

Üye

Üye

Üye

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Tolga MEMİKA

30.12.2022

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Tülay KORKUSUZ POLAT'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreç boyunca her zaman yanımda olan sevgili eşime, anneme, babama ve çocuklarıma çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Nesnelerin İnterneti.....	4
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal	16
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Klasik boarding süreci.....	16
3.2.2. Nesnelerin internet destekli boarding süreci (Boarding 4.0).....	19
3.2.3. Bulanık AHP yöntemi	23
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI ve UYGULAMA.....	27
4.1. Boarding 4.0.....	27

BÖLÜM 5.

DEĞERLENDİRME.....	46
5.1. Klasik boarding süreci ile karşılaştırma (Bulanık AHP)	46
5.2. Uluslararası Benzer Modellerle Karşılaştırma.....	50

BÖLÜM 6.

TARTIŞMA VE SONUÇ	60
6.1. Boarding 4.0 Modeli İçin Tartışma ve Sonuç	60
6.2. Gelecek Çalışma	61

KAYNAKLAR	63
-----------------	----

ÖZGEÇMİŞ	71
----------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	: Analitik hiyerarşi proses
BT	: Bilişim teknolojileri
B4MA	: Boarding 4.0 Mobil Asistan



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil.2.1. 2007-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı.....	8
Şekil 2.2. 2007-2022 dönemine ait nesnelerin interneti anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi	9
Şekil 2.3. 2012-2022 dönemine ait boarding ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı	10
Şekil 2.4. 2012-2022 dönemine ait boarding anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi.....	10
Şekil 2.5. 2013-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı.....	11
Şekil 2.6. 2012-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi	12
Şekil 2.7. 2012-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı kavramlarının ülkeleri ile ilgili bibliyometrik ağ analizi	13
Şekil 3.1. Operasyonel ana süreç haritası.....	17
Şekil 3.2. Boarding süreç haritası	18
Şekil 3.3. Nesnelerin interneti destekli boarding süreci yönetim modeli (Boarding 4.0)	20
Şekil 4.1. Boarding 4.0 güvenlik alt süreci sistem mimarisi.....	31
Şekil 4.2. Boarding 4.0 bekleme zamanı alt süreci sistem mimarisi.....	32
Şekil 4.3. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama giriş ekranı	32
Şekil 4.4. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama ana ekranı	33
Şekil 4.5. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama yiyecek/içecek menü ekranı	34
Şekil 4.6. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama en hızlı seçenek ekranı	35
Şekil 4.7. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama sipariş ekranı	36
Şekil 4.8. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama sipariş onay ekranı	36

Şekil 4.9. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama harita ekranı	37
Şekil 4.10. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama uçuş uyarı ekranı	38
Şekil 4.11. Otonom elektrikli araç tasarımı (yan kesit)	39
Şekil 4.12. Otonom elektrikli araç tasarımı (iç kesit)	40
Şekil 4.13. Otonom elektrikli araç tasarımı (ön kesit)	41
Şekil 4.14. Servo motor çalışması ile ilgili kod parçası görüntüsü	42
Şekil 4.15. Uzaklık sensörünün çalışması ile ilgili kod parçası görüntüsü	43
Şekil 4.16. Boarding 4.0 bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci sistem mimarisi	44



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Nesnelerin interneti ve boarding kaynak tablosu.....	6
Tablo 2.2. Bulanık AHP kaynak tablosu.....	15
Tablo 3.1. Alt süreç bileşenleri tablosu.....	21
Tablo 3.2. Sistem/veri tablosu.....	21
Tablo 3.3. Veri yetkilendirme tablosu.....	22
Tablo 3.4. Alt süreçler – müşteri hareketleri tablosu	22
Tablo 3.5. Güvenlik tablosu	23
Tablo 3.6. Boarding sistemleri değerlendirme faktörleri matrisi	25
Tablo 3.7. Boarding sistemleri geometrik ortalama tablosu	26
Tablo 3.8. Boarding sistemleri bulanık AHP hesaplama sonucu.....	26
Tablo 4.1. Boarding 4.0 alt süreç bileşenleri tablosu	27
Tablo.4.2. Boarding 4.0 sistem/veri tablosu	28
Tablo.4.3. Boarding 4.0 veri yetkilendirme tablosu.....	29
Tablo.4.4. Boarding 4.0 alt süreçler – müşteri hareketleri tablosu	30
Tablo 4.5. Boarding 4.0 güvenlik tablosu	30
Tablo 4.6. Boarding sürecindeki müşteri hareketleri	45
Tablo 5.1. Boarding sürecindeki müşteri hareketlerinin ekonomik değerlendirilmesi	47
Tablo 5.2. Boarding sürecindeki müşteri hareketlerinin teknik değerlendirilmesi.	47
Tablo 5.3. Boarding sürecindeki müşteri hareketlerinin operasyonel değerlendirilmesi	48
Tablo 5.4. Değerlendirme faktörleri matrisi	48
Tablo 5.5. Geometrik ortalama tablosu.....	49
Tablo 5.6. Kriterlerin normalleştirilmiş değerler tablosu	49
Tablo 5.7. Bulanık AHP hesaplama sonucu.....	49

Tablo 5.8. Otonom elektrikli araç bileşenleri.....	51
Tablo 5.9. Boarding süreci çözümlerinin ekonomik karşılaştırılması	54
Tablo 5.10. Boarding 4.0 sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu.....	55
Tablo 5.11. Avrupa merkezli firmanın sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu.....	56
Tablo 5.12. Amerika merkezli firmanın sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu.....	56
Tablo 5.13. Çin merkezli firmanın sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu.....	57
Tablo 5.14. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için değerlendirme faktörleri matrisi	58
Tablo 5.15. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için geometrik ortalama tablosu	58
Tablo 5.16. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için kriterlerin normalleştirilmiş değerler tablosu	59
Tablo 5.17. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için bulanık AHP hesaplama sonucu	59

ÖZET

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, nesnelerin interneti, havayolu iş süreçleri, boarding süreci

Bilgi Teknolojisinin (BT) iş süreçlerinde performans iyileştirmeleri elde etmede oynadığı önemli rolü göz önünde bulundurarak, bu çalışmada da Endüstri 4.0 teknolojik gelişmelerinden faydalanılmakta, mevcut süreçlerdeki performans üzerindeki potansiyel etkisinin keşfedilmesi amaçlanmaktadır.

Günümüzde birçok sektörde Endüstri 4.0 ihtiyacı bulunmaktadır. Endüstri 4.0, insanoğluna mevcut manuel veya bilgisayar destekli sistemler yerine daha dijital ve daha fazla otomasyon içeren sistemleri kullanma imkânı sunmaktadır. Bu imkân sistemlerdeki zaman ve efor kaynaklarının daha nitelikli faaliyetlere aktarılması için fırsat olmaktadır. Bu fırsatın gerçekleştirilebileceği sektörlerden biri de havayolu taşımacılığı sektörüdür. Yapılan yatırımlarla sürdürülen mevcut sistemler teknolojinin sürekli ilerlemesi ile dijital dönüşüme ihtiyaç duymaktadır. Mevcut sistemdeki işlemlerin süreleri, süreç akışındaki kopukluklar hem müşteri memnuniyetsizliğine hem de maliyet artışına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada havayolu taşımacılığının operasyonel süreçlerinden biri olan boarding süreci ele alınmıştır. Klasik boarding süreci Endüstri 4.0 bileşenlerinden nesnelerin interneti teknolojisinden faydalanılarak yeniden tasarlanmıştır. Nesnelerin interneti tabanlı boarding süreci (Boarding 4.0) için bir yönetim modeli geliştirilmiştir. Sektörün uzmanlarından alınan bilgiler doğrultusunda bulanık AHP tekniğiyle değerlendirilerek Boarding 4.0'ın katma değerli çıktıları ortaya konmuştur.

A MODEL PROPOSAL FOR AIR TRANSPORT 4.0

SUMMARY

Keywords: Industry 4.0, internet of things, airline, boarding process

Considering the importance that computing (IT) plays in achieving performance improvements in business processes, the study aims to realize the potential of the fourth industrial revolution - Industry 4.0 and the technological advances it drives with it to realize the current processes.

Recently, Industry 4.0 is needed in many sectors. Instead of existing manual or assisted computer systems, Industry 4.0 offers human beings the opportunity to use more digital and more automated systems. This facility provides an opportunity to transfer the time and effort resources in systems to more qualified activities. The air transport sector is one of the sectors in which this opportunity can be realized. The existing systems maintained with the investments made need digital transformation with the continuous advancement of technology. The duration of the processes in the current system, the disconnections in the process flow cause both customer dissatisfaction and cost increase.

In this study, boarding process, which is one of the operational processes of airline transportation and which is open to improvement, was discussed. The classic boarding process has been redesigned using the Internet of Things technology which is one of the Industry 4.0 components. A management model has been created for the Internet of Things based boarding process, namely Boarding 4.0. In line with the information obtained from the experts of the sector, the value-added outputs of Boarding 4.0 have been presented by evaluating fuzzy AHP.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Müşterilerin kaynak verimliliğini artırarak süreçlere katılabilecekleri bir entegrasyon oluşturan Endüstri 4.0 (Bulut ve Akçacı, 2017), ilk olarak Almanya'da ortaya çıkmıştır (Bal ve Erkan, 2019). Endüstri 4.0 sonucunda hem ürünler/hizmetler hem de süreçler değişmek zorunda kalmıştır. Bazı çalışmalar, katma değerli çıktılar sağlamak için tasarım, izleme ve kontrol süreçlerinde farklı bir yaklaşım ortaya koymaktadır (Mogos ve ark., 2019; Albers ve ark., 2019; Henao-Hernández ve ark., 2019; Horváth ve Szabó, 2019). Günümüzde Endüstri 4.0, imalattan hizmet sektörüne kadar birçok farklı sektörde uygulanabilmektedir. Örneğin, havacılık sektöründe bilgi süreçlerini iyileştirmek ve dijital iş akışları oluşturmak için Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır (Darıbay ve ark., 2019). Ayrıca Endüstri 4.0'ın süreç iyileştirme uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan teknolojilerden biri olan Nesnelerin interneti teknolojisinin ortaya çıkması şirketlerin mevcut süreçleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Kiel ve ark., 2017).

Rekabetin yoğun olduğu sektörlerden biri olan havacılık sektörü teknolojinin ilerlemesi ile kendini geliştirmiştir. Sonuç olarak hem havayolu hem de havalimanı işletmecileri ve diğer süreç paydaşları, rekabeti tetikleyerek müşteri ihtiyaçlarını daha iyi karşılamak için süreçlerini iyileştirerek yeni teknolojiler geliştirmek zorundadır.

Süreçlerin zamanında ve etkin işletilmesi havacılıkta büyük önem taşımakta ve yaşanan gecikmeler maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Uçağa binme süreci, gecikmelerin daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamak açısından esastır. Aynı zamanda, biniş hızı 1970'lerin sonlarında dakikada dokuz yolcu, 2000'lerde dakikada 20 yolcuydu (Milne & Kelly, 2014). Havacılık sektöründe süreç iyileştirme yönünde birçok çalışma yapılabilir. Örneğin, sınırlı kapasiteye sahip havalimanlarında, iniş saatleri ve yolcu sayısı dikkate alınarak kaynak planlaması, yolcu bekleme sürelerini

azaltmak için benzetim (Alodhaibi ve ark., 2019), insan faktörlerinin uçağa etkilerinin analizi (Kierzkowski & Kisiel, 2017), koltuk atamaları (Kisiel, 2020) veya el bagajı yerleşimleri (Ren ve ark., 2020) gibi konularda iyileştirme fırsatları fazladır.

Uçağa binme süresinin kısaltılması hem havayolu hem havalimanı şirketleri hem de yolcular için faydalıdır. Yoğun veri akışının yaşandığı bir sektör olduğu için, makinelerin kablosuz olarak birbirleriyle haberleşebildiği, daha güvenli ve hızlı çözümler üreten bu verileri analiz edecek yeni bir anlayış olan Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılabilir. Biniş süreci (boarding süreci), yolcunun check-in yaptıktan sonra uçağa binene kadar geçen faaliyetlerden oluşmaktadır. Bu çalışma boyunca, biniş süreci ifadesi yerine boarding süreci ifadesi kullanılacaktır. Bu çalışmada boarding süreci yeniden tasarlanmış ve Endüstri 4.0 teknolojilerinden biri olan nesnelerin interneti kullanılarak "Boarding 4.0" modeli oluşturulmuştur. Model, havayolu şirketlerinin gelişen teknolojiye ayak uydurmasını, yolcu ihtiyaçlarını daha hızlı karşılamasını ve operasyonel verimliliği artırmayı hedefliyor. Boarding 4.0 ile boarding süreci hızlanacak ve yolcu bu süreçte geçirdiği zamanı daha etkin değerlendirebilecektir.

Yazının ikinci bölümünde uygulamada kullanılan nesnelerin interneti teknolojisi ve kullanım alanları anlatılmaktadır.

Üçüncü bölümde klasik boarding süreci incelenmiş ve havayolu şirketinin, havalimanı işletmecisinin ve diğer paydaşların sorunları anlatılmıştır. Geliştirilen Boarding 4.0 modeli detaylı olarak verilmiş olup uygulamasındaki yol haritası belirtilmiştir.

Uygulama bölümünde klasik boarding süreci ile Boarding 4.0 arasındaki farklar ve Boarding 4.0 ile klasik boarding sürecinde yaşanan sorunların nasıl giderildiği anlatılmaktadır.

Tartışma bölümünde boarding operasyon yöneticisi, iş süreçleri uzmanları, bilgi teknoloji uzmanlarının değerlendirmeleri yer almaktadır. Bulanık AHP tekniği ile değerlendirmeler sayısallaştırılmıştır. Boarding 4.0 modelinin klasik boarding süreci

ile karşılaştırılmasına ek olarak dünya üzerindeki en iyi uygulamalardan Avrupa merkezli bir teknoloji firmasının çözümü, Amerika merkezli bir teknoloji firmasının çözümü ve Çin merkezli bir teknoloji firmasının çözümü ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama yapılırken boarding sürecine dair sunulan tüm çözümlerin maliyetleri ve fonksiyonları kapsamaktadır.



BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Nesnelerin İnterneti

Endüstri 4.0; ürün esnekliği, hızlı prototipleme, daha fazla çıktı kapasitesi, maliyetlerin ve hataların azaltılması, daha kaliteli ve daha az hatalı ürün, ürün hakkında olumlu müşteri görüşü gibi fırsatlar yaratır (Büchi ve ark., 2020). Ancak işletmelerde Endüstri 4.0'dan en çok etkilenen süreçler; üretim ve bilgi sistemlerinin dijitalleştirilmesi, sistemlerin otomasyonu, otomatik veri değişimidir (Atik & Ünlü, 2019). Ayrıca Endüstri 4.0 uygulamalarını uygularken kullanılan teknolojiler; Nesnelerin interneti ve siber-fiziksel sistemler, eklemeli üretim (3D yazıcılar), bulut hizmetleri, blok zinciri, büyük veri, sensörler, e-değer zincirleri ve otonom robotlar artırılmış gerçeklik gibi sıralanabilir (Schwab, 2016; Bunse, 2016; Gabaçlı ve Uzunöz, 2017; Frank ve ark., 2019).

Nesnelerin interneti akıllı cihazları internet üzerinden birbirine bağlayarak veri alışverişini ve süreçlerin kontrolünü sağlayan bir teknolojidir. Ağa bağlı cihazlar arasında gerçek zamanlı bağlantı ve etkileşim sunar (Algahtani ve ark., 2019). Elektronik ve yazılım gömülü sensörler, aktüatörler vb. sistemler, fiziksel cihazlar, araçlar, binalar ve diğer nesnelerle ağ içinde veri alışverişi yapmak için bilgi teknolojilerine bağlanarak bir ağ kurulmasına dayanır (Sharma ve Nandal, 2019; Öztemel ve Gürsev, 2020; Alaoui ve ark., 2020). Nesnelerin interneti; sensörler, okuyucular vb. bilgi aktarımının bütünlüğünün/gizliliğinin korunduğu algılama katmanları (Alharthi ve ark., 2019), bulut ve veri alışverişi gibi ağ teknolojilerini içeren ağ katmanlarından oluşur (Leloğlu, 2016). İşlemlerin gerçekleştirildiği hizmet katmanı, sistemin son kullanıcısı olan ve kullanıcıya sunulan uygulamaların bulunduğu arayüz katmanından oluşmaktadır (Hadj Sassi ve ark., 2019; Alcacer & Cruz-Machado, 2019).

Önemli bir veri kaynağı olan nesnelerin interneti ile elde edilen verilerin heterojenlik, çeşitlilik, fazlalık ve yapı eksikliği gibi özelliklere sahip olmasında bir sorun yoktur (Côrte-Real ve ark., 2020). Bu nedenle birçok alanda çok hızlı bir şekilde kullanılabilir. Araştırmacılar, nesnelerin internetinin iş süreçlerini ve operasyonları iyileştirerek rekabet avantajı elde etmede önemli bir rol oynadığını savunmaktadır (Algahtani ve ark., 2019).

Nesnelerin interneti uygulamalarında üretici ve kullanıcı sistem işletimi, bakımı ve güvenlik sorunlarıyla karşılaşabilir. Bunları ortadan kaldırmak için gömülü sistemler desteklenir (Li & Deng, 2020). Nesnelerin internetinin vazgeçilmez bileşenlerinden biri güvenlidir. Sistemin güvenilir ve sorunsuz çalışabilmesi için güvenlik bileşeninin eksiksiz olarak tasarlanması gerekmektedir. Nesnelerin internetindeki güvenlik bileşeninin özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Lin ve ark., 2017); bütünlük (sisteme girilen veriler doğrudur), erişilebilirlik (veriler sistemler, cihazlar ve kişiler tarafından kullanılabilir) istendiğinde), tanımlama ve kimlik doğrulama (verilere erişim için kişilerin, cihazların ve sistemlerin tanımlanması ve doğrulanması) ve gizlilik (sadece kişilerin izin verilen bilgilere erişmesine izin verilir). Nesnelerin interneti teknolojisinde güvenliğin sağlanmasıyla ilgili tasarım örnekleri için Yang ve ark. (2017), Meneghello ve ark. (2019), Frustacı ve ark. (2020), Hu ve ark. (2020), Liu ve ark. (2020) incelenebilir.

Nesnelerin interneti teknolojisinin gelişmesiyle süreçler daha verimli yönetilebilmekte ve maliyetlerde azalma sağlanabilmektedir. Nesnelerin interneti teknolojisi, daha az kaynak ve süreçleri daha verimli hale getirme ihtiyacı ile birçok sektörde süreçle ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. Havacılık sektöründe (Suresh ve ark., 2015; Pate & Adegbiya, 2018; AlMashari ve ark., 2018; Mira ve ark., 2018; Khadonova ve ark., 2020; Wang ve ark., 2020).), tarım sektöründe (Elijah ve ark, 2018; Abbasi ve ark, 2019; Villa-Henriksen ve ark, 2020), kamu sektöründe (Lee ve ark, 2013; Zanelli ve ark, 2014; Razavi ve ark, 2019; Dachyar ve ark, 2019), atık yönetimi sektöründe (Kang ve ark, 2020), ulaşım sektöründe (He Z. ve ark, 2019), sağlık sektöründe (Saha, 2019; Pavithra ve ark, 2019; Bansal ve Sharma, 2019; Huifeng ve ark, 2020; Prada, 2020),

eğitim sektöründe (Li ve ark, 2019), askeriye sektöründe (Gotarane ve Raskar, 2019), enerji sektöründe (Wanasinghe ve ark, 2020) çalışmalar yapılmıştır.

Boarding sürecini analiz ederek sorunları tespit eden ve iyileştirme önerileri sunan çalışmalara rastlamak mümkündür. Li ve ark. (2021), yolcuların platformlardaki hareketlerini ve yolcuların hareketini engelleyebilecek kafa karışıklığını inceleyerek boarding sürecini analiz etmiş ve biniş verimliliğini azaltan faktörleri tespit etmiştir. Chou et al. (2020), engelli yolcular için biniş tesislerinde süreçlerin iyileştirilmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Li ve ark. (2020), yolcuların iniş-biniş özelliklerini gözlemleyerek yolcuların uyumsuz davranışlarını belirlemiştir. Bu uyumsuz davranışların yolcular için daha uzun iniş ve boarding sürelerine yol açtığını gösterdiler. Milne et al. (2019) ise yaptığı çalışmalarda apron otobüsü (yolcuların havalimanı terminalinden uçağa transferini sağlayan araç veya diğer yönlü transferleri sağlayan araç) ile taşıma sisteminde yaptığı iyileştirme ile çalışmalarında uçağın boarding süresini kısaltmayı başarmıştır.

Tablo 2.1. Nesnelerin interneti ve boarding çalışmaları tablosu

Kaynak	Konu	İçerik
(Raina ve Palaniswami, 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin internetinde mülkiyet sorununa karşı bir yaklaşım getirilmiştir.
(Wen ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin interneti ile finansal risk değerlendirme modeli kurulmuştur.
(Wu ve Xiao, 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin interneti teknolojisinin kamu hizmetlerinde gelişmesini amaçlar.
(Xu ve Li, 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin internetinin yükseköğrenim kurumlarındaki öğrenme deneyimleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.
(Zhang ve Wang, 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin interneti aracılığıyla ön ödemeli hizmetlerin maliyetini düşürme amacıyla model geliştirilmiştir.
(Ju ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin interneti destekli tıbbi cihazlar ile çeşitli hastalıkların tedavi şekli ve hasta verileri ilgili çalışma yapılmıştır.
(Cheng ve Wang, 2021)	Nesnelerin interneti	Kentsel arazi kullanım verimliliğini arttırmak için nesnelerin interneti ile üç boyutlu görüntüleme yöntemleri kullanılmıştır.
(Choi ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin interneti ile akıllı ev arasındaki ilişkiyi ele alan 2339 makale incelenmiş ve geleceğe dair çıkarımlarda bulunulmuştur.
(Lei, 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin internetine dayalı akıllı bir dağıtım modeli geliştirilmiştir.

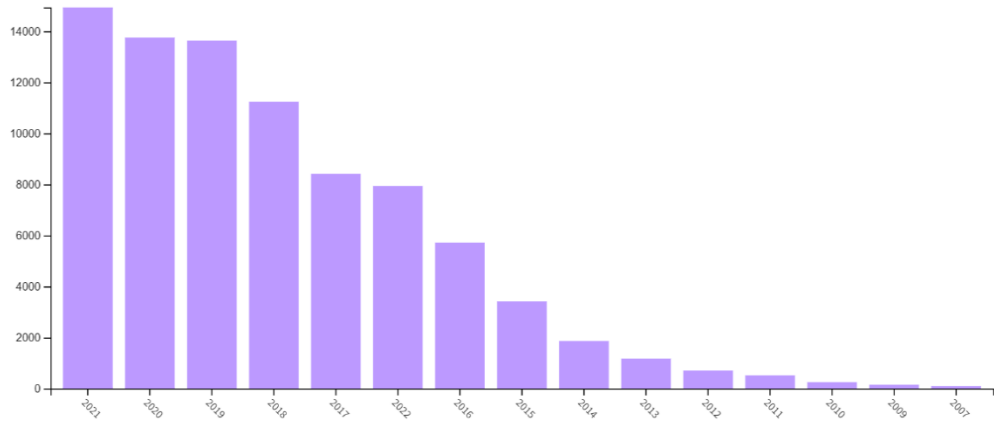
Tablo 2.1. (Devamı)

Kaynak	Konu	İçerik
(Lei, 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin internetine dayalı akıllı bir dağıtım modeli geliştirilmiştir.
(Quan ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	Bulut ve NFV tabanlı nesnelerin interneti veri füzyonu yönetim modeli önerilmiştir.
(He ve Shi, 2021)	Nesnelerin interneti	Bitkisel ilaç tedarik zincirinin dolaşım sisteminin takibi nesnelerin interneti tarım sensörleri kullanılarak geliştirilmiştir.
(Thomasian ve Adashi, 2021)	Nesnelerin interneti	Medikal nesnelerin interneti teknolojisinin güvenlik sistemi analiz edilmiştir. Siber güvenlik konusunda incelemeler yapılmıştır.
(Mariyaprinçy ve Samiappan, 2020)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin interneti kullanılan otomatik tabanlı bir eğitim modeli önerilmiştir.
(Anjanamma ve Rao, 2020)	Nesnelerin interneti	Tarımsal üretim güvenliğinin geliştirilmesinde nesnelerin interneti destekli bir sistem sunulmuştur.
(Ahmed, 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin interneti teknolojisinin çalışma mekanizması incelenmiştir. Dügümler, protokol, sunucudan oluşan bir platform sunulmuştur.
(Kaur ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	Nesnelerin internetinin perakende sektörü üzerinde etkisi incelenmiştir.
(Garg ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	Üretim sahasında insan, malzeme, tesis ve donanım için ayrık olay tabanlı sistem geliştirme hedefi için çalışılmıştır.
(Zhu ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	5G Nesnelerin internetinin temel teknolojileri incelenmiştir.
(Hughes-Lartey ve ark., 2021)	Nesnelerin interneti	İnsan faktörleri için organizasyonel bilgi güvenliği çerçevesi önerilmiştir.
(Schultz ve Soolaki, 2021)	Boarding	Pandemi döneminin boarding sürecini değiştirmesi ile etkileşimi en aza indirecek gruplama yaparak genetik algoritma ile bir model önerilmiştir.
(Sun ve ark., 2021)	Boarding	Boarding sürecinde bayesian yöntemi ile talep tahmini yapılmıştır.
(Li ve ark., 2021)	Boarding	Boarding sürecinde yolcu hareketleri ile ilgili hücresel otomat (CA) modeli önerilmiştir.
(Chen ve ark., 2021)	Boarding	Covid-19 salgınının boarding sürecindeki etkisi üzerine yolcu sayıları ile ilgili çalışma yapılmış, matematiksel bir model önerilmiştir.

Tablo 2.1. (Devamı)

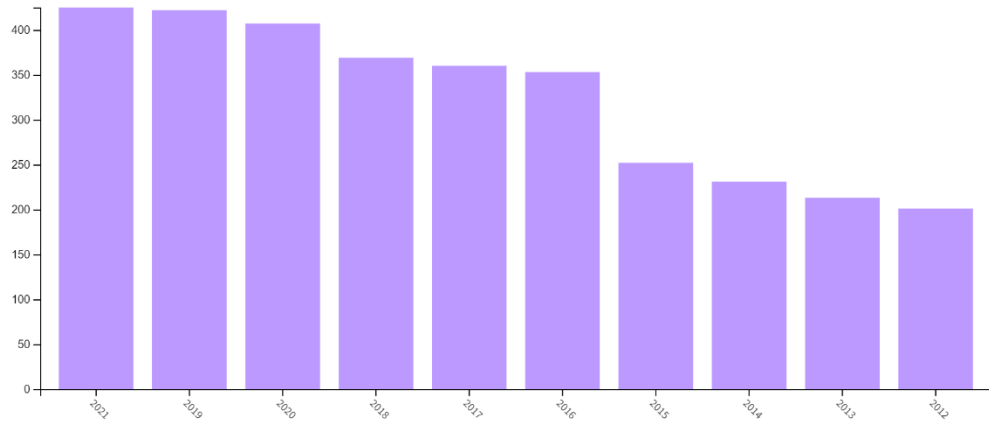
(Baloescu ve ark., 2021)	Boarding	Sağlık sisteminde acil servisteki boarding sürecindeki kalabalıklaşmayı önleyecek bir çalışma yapılmıştır.
(Kraft ve ark., 2021)	Boarding	Amerikan acil servis yatış süreci vaka çalışması yapıp için öneride bulunulmuştur.
(Nesbitt ve ark., 2021)	Boarding	Acil kritik bakım süreci ile ilgili iyileştirme önerisinde bulunulmuştur.
(Milne ve ark., 2021)	Boarding	Corona virüs salgını etkisiyle boarding süreci için altı farklı biniş yöntemi sunulmuştur.
(Yap ve Cats, 2021)	Boarding	Yolcuların boarding süresi ile ilgili çalışma yapılmıştır.
(Zeineddine, 2021)	Boarding	Verimli boarding stratejisi üzerine çalışma yapılmıştır. Boarding kurallarına uymayan yolcuların yol açtığı maliyet benzetim ile ortaya konmuştur.

Nesnelerin interneti kavramına ilişkin Web of Science veri tabanından elde edilen verilere göre 84.258 adet bilimsel yayına erişilmiştir. Bu yayınların 44.088'i makale, 36.461'i bildiri, 63'ü kitaptır. Yayın yılı olarak inceleme yapıldığında son yıllarda yayın sayılarında dikkate değer bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 2.1.).



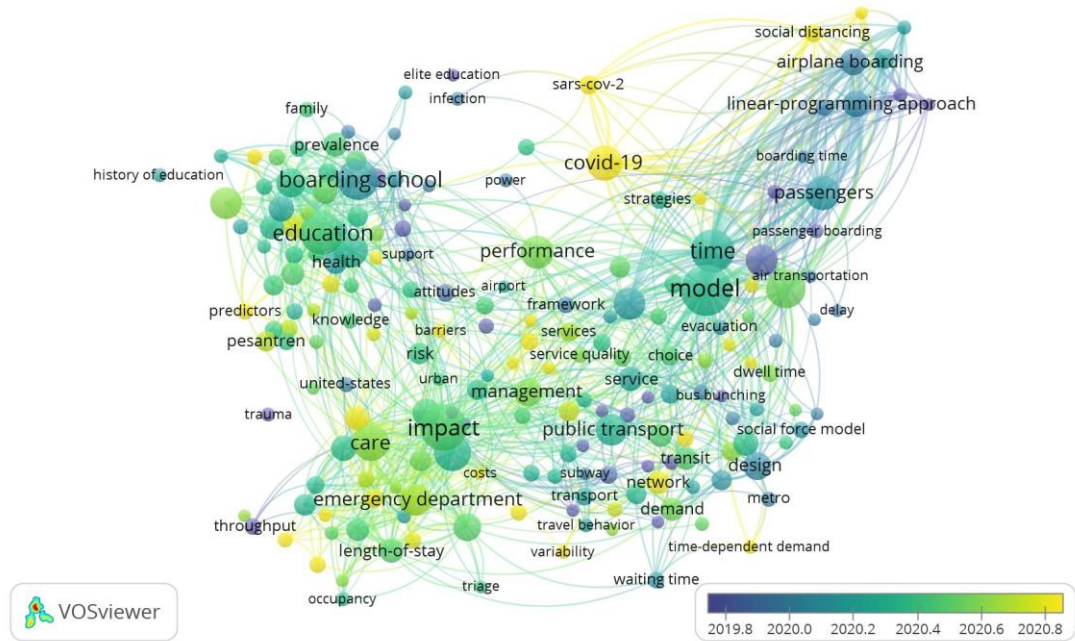
Şekil.2.1. 2007-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı

VOSviewer programı aracılığıyla nesnelerin interneti kavramı ile ilgili bilimsel haritalama analiz tekniği uygulanmıştır. Bu teknik kapsamında anahtar kelimeler incelenmiştir. Sonuç olarak ortaya çıkan renklendirilmiş ve örüntülenmiş görselde anahtar kelimelerin birlikte kullanımı baz alınmıştır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.3. 2012-2022 dönemine ait boarding ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı

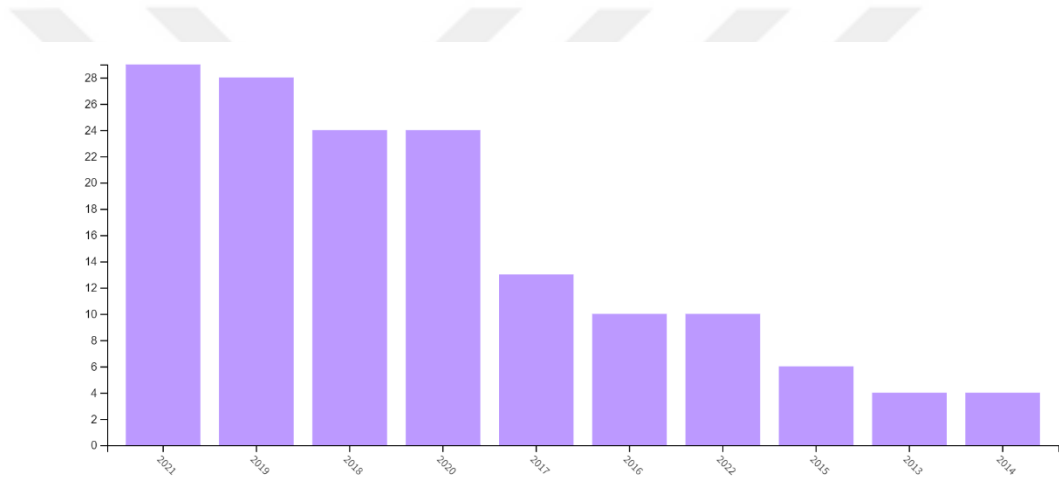
VOSviewer programı aracılığıyla boarding kavramı ile ilgili de bilimsel haritalama analiz tekniği uygulanmıştır. Bu teknik kapsamında anahtar kelimeler incelenmiştir. Sonuç olarak ortaya çıkan renklendirilmiş ve örüntülenmiş görselde anahtar kelimelerin birlikte kullanımı baz alınmıştır (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. 2012-2022 dönemine ait boarding anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi

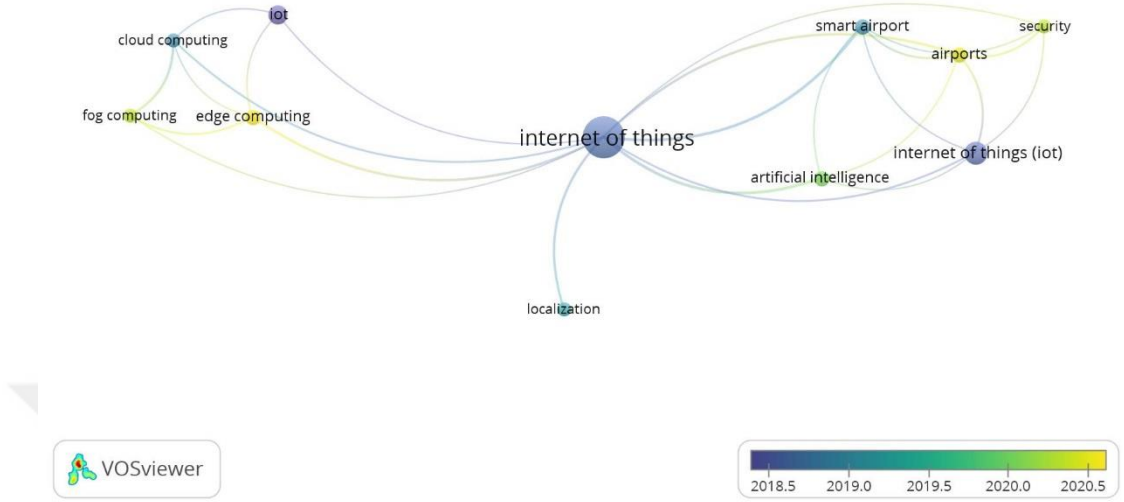
Şekil 2.4.’deki 2012-2022 dönemine ait boarding anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi incelendiğinde boarding kavramı ile birlikte en fazla “model, yönetim, boarding zamanı, performans” kavramları, son yıllarda ise covid-19, hizmet kalitesi, maliyet kavramları çalışılmıştır.

Nesnelerin interneti ve havalimanı kavramının birlikte kullanıldığı çalışmalara ilişkin Web of Science veri tabanından elde edilen verilere göre 156 adet bilimsel yayına erişilmiştir. Bu yayınların 81’i makale, 72’si bildiridir. Yayın yılı olarak inceleme yapıldığında son yıllarda yayın sayılarında dikkate değer bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. 2013-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı

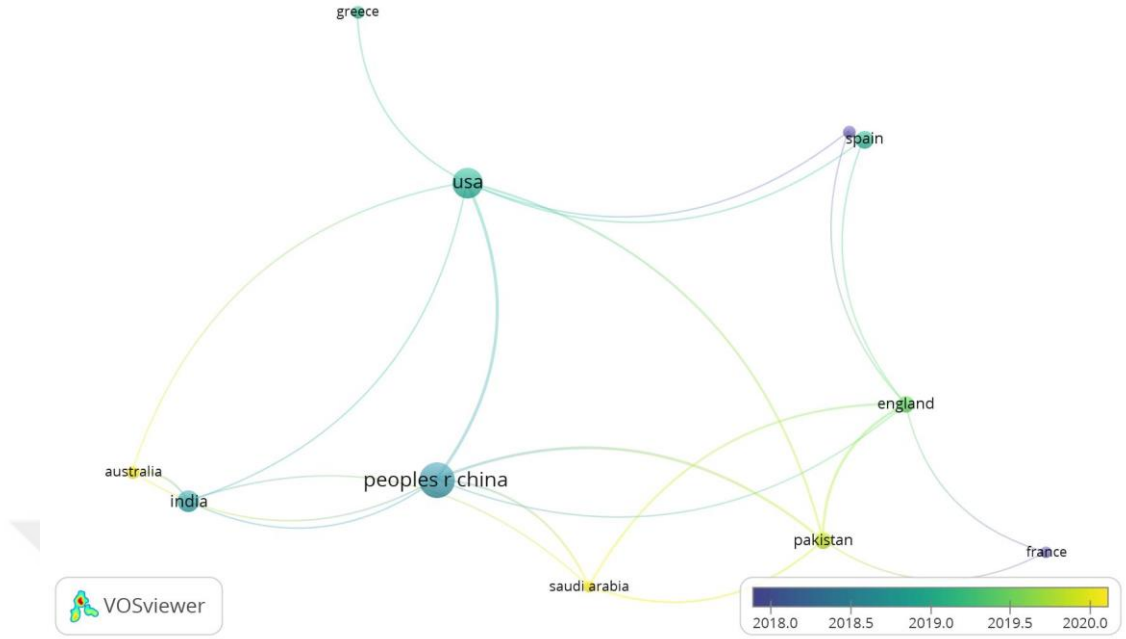
VOSviewer programı aracılığıyla nesnelerin interneti ve havalimanı kavramı ile ilgili de bilimsel haritalama analiz tekniği uygulanmıştır. Bu teknik kapsamında anahtar kelimeler incelenmiştir. Sonuç olarak ortaya çıkan renklendirilmiş ve örüntülenmiş görselde anahtar kelimelerin birlikte kullanımı baz alınmıştır (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. 2012-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi

Şekil 2.6.'daki 2012-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi incelendiğinde nesnelerin interneti ve havalimanı kavramları ile birlikte en fazla zeki havalimanı, yapay zekâ, bulut hesaplama, yerelleştirme kavramları çalışılmıştır.

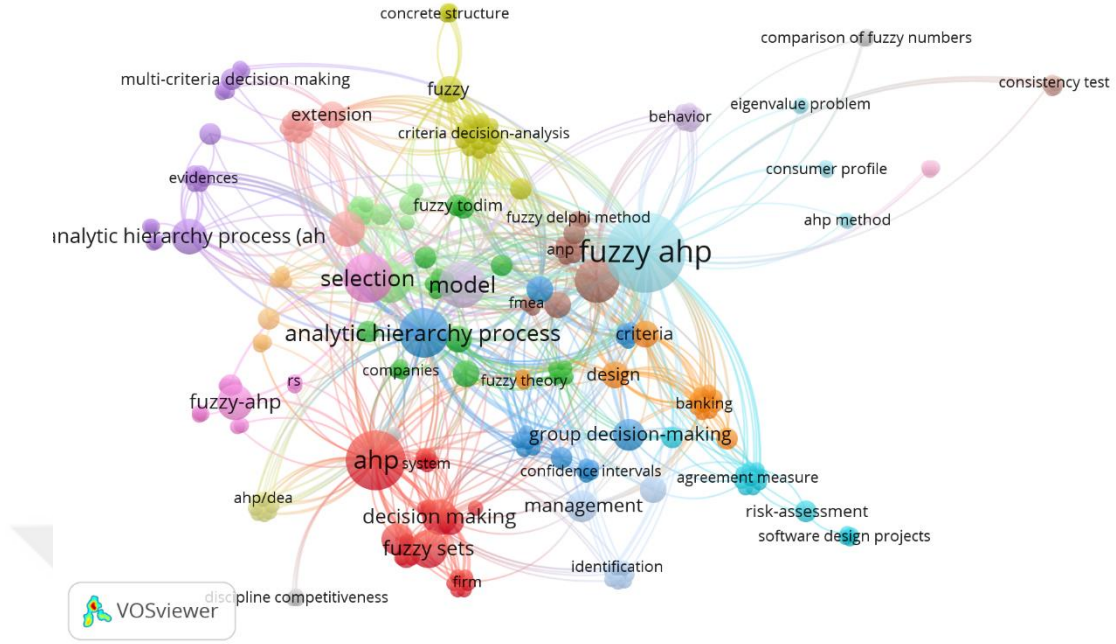
VOSviewer programı aracılığıyla nesnelerin interneti ve havalimanı kavramı ile ilgili de bilimsel haritalama analiz tekniği uygulanmıştır. Bu teknik kapsamında çalışmaların yapıldığı ülkeler incelenmiştir (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. 2012-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı kavramlarının ülkeleri ile ilgili bibliyometrik ağ analizi

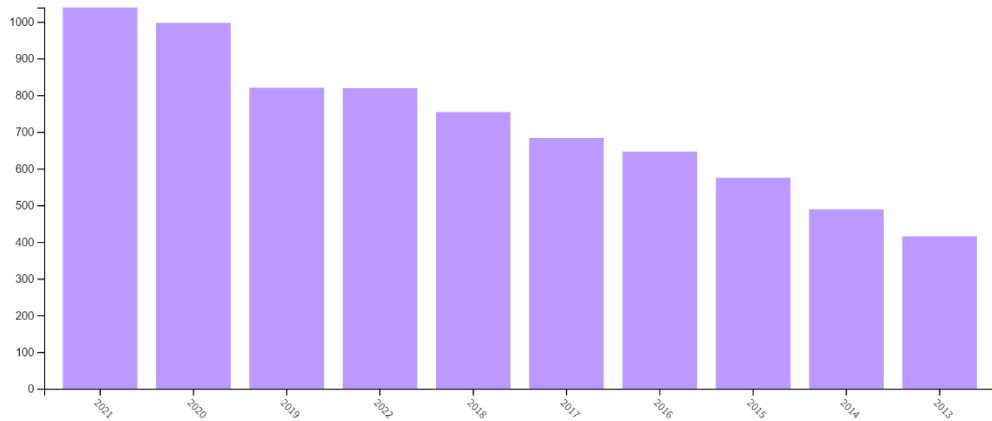
Şekil 2.7.'deki 2012-2022 dönemine ait nesnelerin interneti ve havalimanı kavramlarının çalışıldığı ülkeler ile ilgili bibliyometrik ağ analizi incelendiğinde nesnelerin interneti ve havalimanı kavramları ile birlikte en fazla Çin, Amerika, Avrupa ve Güney Asya ülkelerinde çalışıldığı görülmektedir.

VOSviewer programı aracılığıyla bulanık AHP kavramı ile ilgili de bilimsel haritalama analiz tekniği uygulanmıştır. Bu teknik kapsamında anahtar kelimeler incelenmiştir. Sonuç olarak ortaya çıkan renklendirilmiş ve örüntülenmiş görselde anahtar kelimelerin birlikte kullanımı baz alınmıştır (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8. 2012-2022 dönemine ait bulanık AHP anahtar kelimesi ilgili bibliyometrik ağ analizi

Şekil 2.8.’deki 2012-2022 dönemine ait bulanık AHP anahtar kelimesi ile ilgili bibliyometrik ağ analizi incelendiğinde boarding kavramı ile birlikte en fazla “model, seçim, grup karar verme, kriter karar analizi” kavramları çalışılmıştır.



Şekil 2.9. 2013-2022 dönemine ait bulanık AHP ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı

Bulanık AHP kavramının kullanıldığı çalışmalara ilişkin Web of Science veri tabanından elde edilen verilere göre 9.500 adet bilimsel yayına erişilmiştir. Bu

yayınların yaklaşık 6.600'ü makale, 2.900'ü bildiridir. Yayın yılı olarak inceleme yapıldığında son yıllarda yayın sayılarında artış olduğu görülmektedir (Şekil 2.9.).

Son beş yıldaki bulanık AHP yönteminin kullanıldığı bilimsel çalışmalar incelenmiştir (Tablo 2.2.).

Tablo 2.2. Bulanık AHP kaynak tablosu

Kaynak	Konu	İçerik
(Buran ve Erçek, 2022)	Bulanık AHP	Toplu taşıma sistemi için geliştirilen bir iş modeli bulanık AHP yöntemiyle değerlendirilmiştir.
(Büyükoçkan ve ark., 2021)	Bulanık AHP	Havacılık sektöründeki bir iş modelinin bulanık AHP ve farklı yöntemlerle analiz edilmiştir.
(Maretto ve ark., 2022)	Bulanık AHP	Enüstri 4.0 planı doğrultusunda dijital teknolojilerin seçimine karar vermek için bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır.
(Wang ve ark. 2020)	Bulanık AHP	Stratejik yenilenebilir enerji kaynağı seçimi için bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır.
(Büyükoçkan ve ark., 2019)	Bulanık AHP	Dijital konaklama sektörü için yeni bir hizmet kalitesi modeli önerilmiş, kriter değerlendirmesi bulanık AHP ile yapılmıştır.

Yapılan literatür araştırmalarından elde edilen sonuca göre nesnelerin interneti ve hava yolu taşımacılığı ile ilgili çalışmalar ya havalimanının apron kısmı ile ilgili ya da uçak bakım süreçleri ile ilgilidir. Havayolu taşımacılığının yolcu boarding sürecine ait konular eksik kalmıştır. Bu çalışmada havalimanındaki boarding süreci nesnelerin interneti teknolojisi ile iyileştirilerek literatürde eksik kalan kısımlar giderilmeye çalışılmıştır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

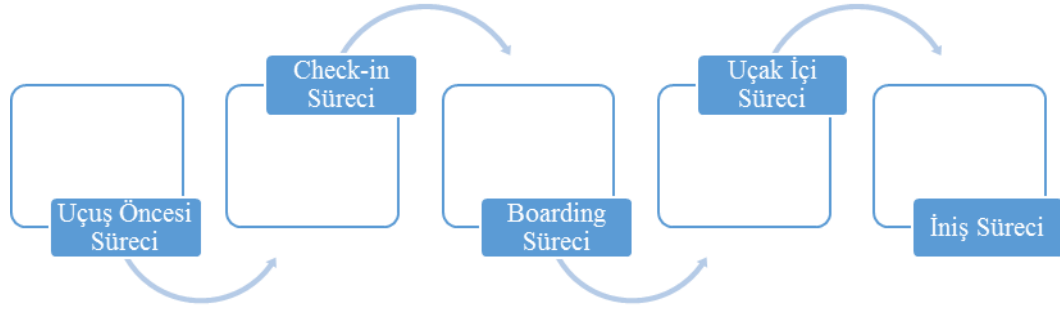
3.1. Materyal

Araştırmada havayolu yolcu taşımacılığının boarding süreci ele alınmıştır. Uluslararası yolcu taşımacılığı yapan bir havalimanının mevcut klasik boarding süreci incelenmiştir. Mevcut klasik boarding süreci analiz edilmiştir. İyileştirme ve geliştirme noktaları belirlenmiştir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile desteklenerek daha dijital bir boarding süreci tasarlanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Klasik boarding süreci

Havayolu şirketinin yolculara hizmet sunduğu süreçler ana operasyonel süreçlerdir (Şekil 3.1.'de gösterilmiştir). Operasyonel süreçler, müşterinin havayolu şirketi ile temas halinde olduğu süreçlerden oluşmaktadır. Uçuş öncesi süreci, yolcunun uçuşunu planlarken rezervasyonunu yaptığı süreçtir. Rezervasyon işlemi tamamlandıktan sonra check-in yaparak uçağa gideceğini belirtir. Havalimanındaki check-in işlemi ile biniş işlemi arasındaki sürece "boarding süreci" denir. Uçak içi süreç, müşterinin havayolu şirketi ile temas halinde olduğu bir diğer süreçtir. Son olarak iniş- bagaj alımı ile operasyonel süreç tamamlanır.



Şekil 3.1. Operasyonel ana süreç haritası

Bu çalışmada, operasyonel sürecin alt düzey süreçlerinden biri olan boarding süreci için nesnelerin interneti uygulaması yapılacaktır.

Bunun için ilk olarak mevcut boarding süreci analiz edilecektir. Süreç analizi aşamasında ilk olarak boarding sürecinin alt süreçleri belirlenecektir. Daha sonra her alt sürece ait faaliyet adımları da belirlenecektir. Böylece mevcut süreç akışı ortaya konacaktır.

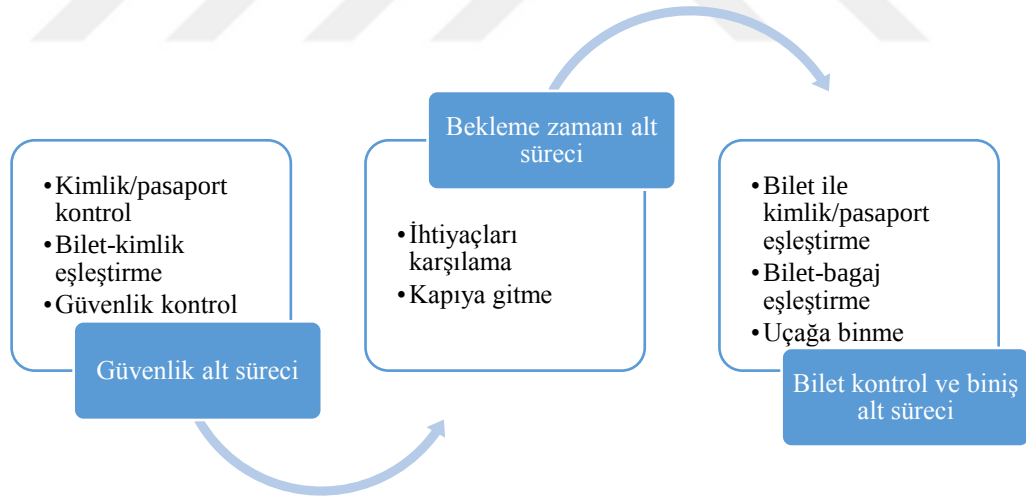
Faaliyet adımlarına ek olarak her alt süreçte kullanılan sistemler tanımlanacak ve sistemlerin hangi verileri alıp verdiği belirtilecektir.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'deki uluslararası bir havalimanının halihazırda işlettiği mevcut klasik boarding süreci çıkarılmıştır.

Boarding işlemi, yolcunun check-in işlemini tamamladıktan sonra havalimanında geçirdiği süreçtir ve yolcu uçağa bindiğinde tamamlanır. Boarding sürecinin süreç haritası Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Boarding süreci üç alt süreçte incelenebilir:

- Güvenlik alt süreci: Yolcunun fiziksel ve sistemsel güvenliğinin kontrol edildiği bir alt süreçtir. Üç aktiviteden oluşur: Kimlik/Pasaport kontrolü, bilet-kimlik eşleştirme ve güvenlik kontrolü. Bu işlemlerin çoğu günümüzde bilgisayar desteği ile manuel olarak gerçekleştirilmektedir.

- Bekleme süresi alt süreci: Güvenlik aşamasının sona ermesi ile uçağa biniş arasında kalan yolcular alışveriş, yeme ve içme işlemlerini yapabilirler. Şahsi ihtiyaçları karşılayan faaliyetleri içeren bir alt süreçtir. Kişisel ihtiyaçların (alışveriş, yeme, içme vb.) karşılanması ve biniş kapısına kadar gitmekten ibarettir. Müşterinin kişisel tercihlerine bağlı olarak bu alt sürecin işleyişi çeşitlendirilebilir. Bu alt süreçte zamanın etkin yönetimi esastır. Müşteri, kişisel ihtiyaçlarını belirli bir süre içerisinde karşılamalıdır. Bu alt süreçte belirli bir zaman sınırlaması olduğundan ve gerçekleştirilen faaliyetler kişisel tercihlere göre farklılık gösterdiğinden, zaman yönetilirken Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılabilir.
- Bilet kontrol ve biniş alt süreci: Uçağa binme zamanı geldiğinde bilet kontrol ve biniş alt süreci başlar. Havalimanında geçirilen son alt işlemdir. Müşterinin biletinin kontrol edilip uçağa binmesine izin verilene kadar olan süreçtir. Bilet kimlik eşleştirmesini, bilet bagaj eşleştirmesini ve uçağa binilmesini içerir.



Şekil 3.2. Boarding süreç haritası

Klasik Havayolu Boarding sürecinde üç temel sistem kullanılmaktadır; Ulusal Emniyet Sistemi, Havalimanı Sistemi ve Havayolu Sistemi.

Havalimanı Emniyet Sistemi, havalimanı içerisinde Ulusal Güvenlik Sisteminin bir alt sistemi olarak kullanılmaktadır. Havalimanı Emniyet Sistemi, müşteriye ait bilgilerin görevli personel tarafından sistemde sorgulanmasını sağlayan sistemdir. Havalimanı Emniyet Sistemi aracılığıyla Ulusal Güvenlik Sisteminden müşterinin güvenli yolcu olup olmadığının teyidi alınmaktadır.

Havalimanı işletmecisinin kullandığı sistem Havalimanı Sistemidir. Havayollarının kullandığı sistem Havayolu Sistemidir. Uçak kalkış, varış, uçuş numarası vb. bilgilerin bulunduğu Havayolu Sistemi, bu verileri Havalimanı Sistemine aktarır. Havalimanı Sistemi ayrıca biniş kapısı ile ilgili verileri eşleştirerek müşterinin hizmet vermesine yardımcı olur.

Geri dönüş süresi (uçanın havalimanına indiği andan itibaren yeni bir uçuşun yapacağı kalkış saatine kadar geçen süre) havacılık endüstrisinde önemlidir. Zamanı ve kaynakları etkin bir şekilde yönetmeme sorununun üstesinden gelmek için dijital çözümler mevcut sistemlere entegre edilebilir. Bu entegrasyon ile kurallar çerçevesinde geri dönüş süresi ne kadar kısalabilirse, maliyetler de o kadar azalacaktır. Boarding sürecinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve sonuç odaklı iyileştirmelerin yapılması, maliyetlerin düşürülmesinde ve müşteri memnuniyetinin artırılmasında etkili olacaktır.

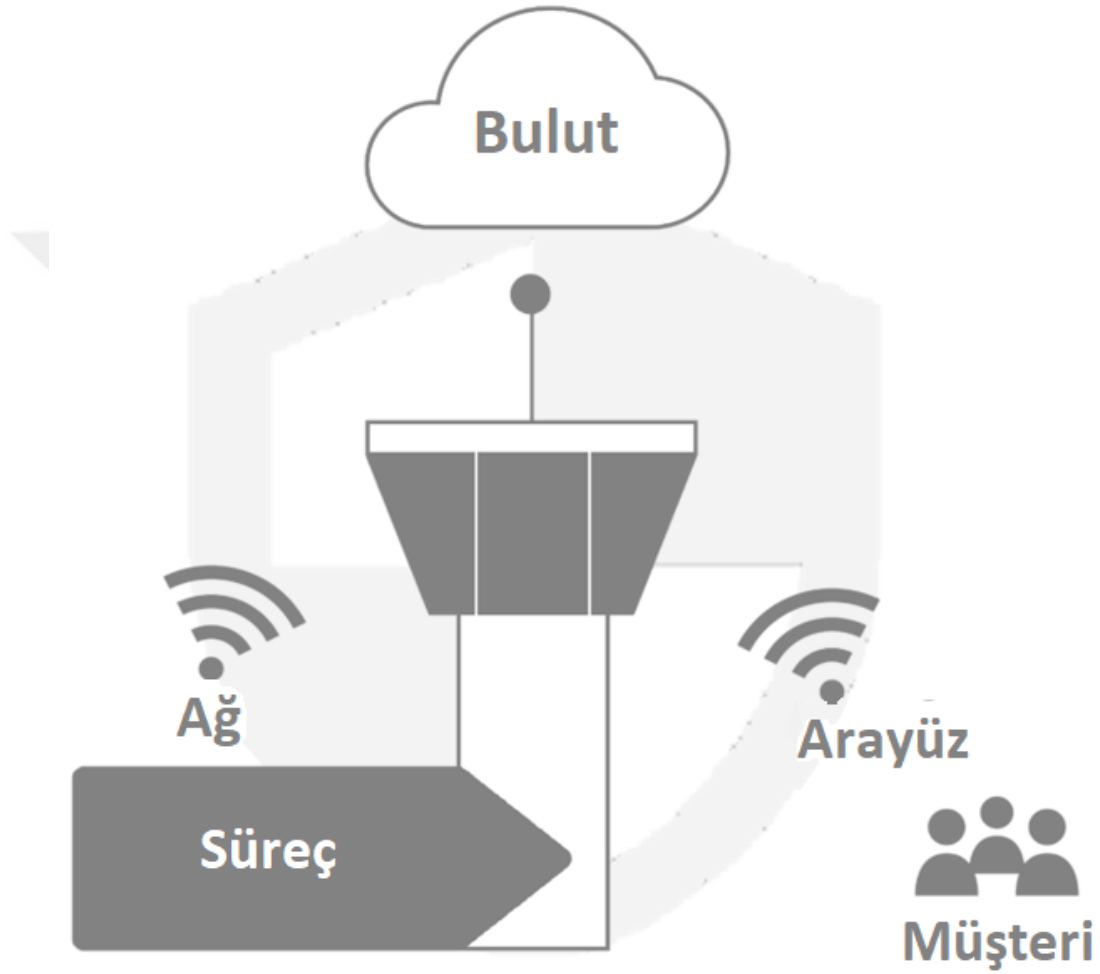
3.2.2. Nesnelerin interneti destekli boarding süreci (Boarding 4.0)

Nesnelerin interneti kapsamında bilgi toplamak, işlemek, analiz etmek ve depolamak için entegre çeşitli teknolojiler ve yazılımlar kullanılır. Aynı zamanda bu bilgilerin kullanıldığı süreçlerde iyileştirmelere olanak sağlayıp boarding süreci için hem müşteri memnuniyeti hem de maliyet azaltımı sağlanabilir ve bu kazanımların sürdürülebilirliği için uygun bir platform oluşturulabilir.

Bu çalışma, alt süreçlerdeki iyileştirmelerden kaynaklanan daha katma değerli çıktılar üretmek ve boarding sürecini daha etkin ve verimli hale getirmek için klasik boarding sürecini nesnelerin interneti teknolojisi ile yeniden tasarlamayı amaçlamaktadır.

Geliştirilen yeni boarding süreci ile yolcuların değişen ihtiyaç ve beklentilerine daha iyi cevap verilebilmesi amaçlanmaktadır.

Klasik boarding sisteminin nesnelerin interneti destekli boarding sistemine dönüşümünü sağlamak için geliştirilen nesnelerin interneti destekli boarding süreci yönetim modeli uygulanacaktır. Boarding 4.0 adlı modelin yapısı Şekil 3.3.'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Nesnelerin interneti destekli boarding süreci yönetim modeli (Boarding 4.0)

Boarding 4.0 beş bileşenden oluşur: Süreç, Ağ, Bulut, Arayüz ve Müşteri.

Her bileşen kapsamında yapılacak işlemler aşağıda belirtilmiştir. Tüm bu faaliyetler gerçekleştirildiğinde klasik boarding sisteminin nesnelerin interneti destekli boarding sistemine dönüşmesi beklenmektedir.

1. Süreç: Boarding 4.0'ın ilk bileşeni olan süreç, yolcunun faaliyetlerini ifade eder. Öncelikle Boarding 4.0'ın tüm paydaşlar, paydaşların kullandığı sistemler ve etkileşimde bulundukları diğer alt süreçler belirlenmelidir. Bu işlemleri gerçekleştirebilmek için Tablo 3.1.'deki gibi alt süreç bileşenleri tablosu oluşturulacaktır.

Tablo 3.1. Alt süreç bileşenleri tablosu

Alt süreç paydaşları	Kullanılan sisremler	Etkileşimde olunan alt süreçler
Güvenlik alt süreci		
Bekleme zamanı alt süreci		
Bilet kontrol ve biniş alt süreci		

2. Ağ: Bu bileşenle sistemler arası bağlantılar işaretlenecektir. Endüstri 4.0 teknolojisiyle yerel ağlar ve küresel ağlar bu bileşen içerisinde sağlanacaktır. Modelde kullanılan sistemler ve veri akışı bilgileri için Tablo 3.2. Sistem/veri tablosu oluşturulacaktır.

Tablo 3.2. Sistem/veri tablosu

Alıcı Sistemi	Havayolu Sistemi	Havalimanı Sistemi	Ulusal Emniyet Sistemi	Havalimanı Emniyet Sistemi
Verici Sistemi				
Havayolu Sistemi				
Havalimanı Sistemi				
Ulusal Emniyet Sistemi				
Havalimanı Emniyet Sistemi				

3. Bulut: Bulut bileşeni kapsamında tüm veriler internette saklanabilir, işlenebilir ve ihtiyaç duyulduğu her an erişilebilir. Sistemlere, buluta erişim yetkisi tanımlanacaktır. Sistemler içerisinde kullanıcılara erişim izni de verilecektir. Böylece saklanan verilere kimlerin erişebileceği belirlenecektir. Tablo 3.3., nesnelerin interneti tabanlı boarding sürecinin Bulut bileşeninin veri yetkilendirme tablosunu göstermektedir.

Tablo 3.3. Veri yetkilendirme tablosu

Veri	Sistem	Kullanıcı
Yolcu Kimlik Bilgileri		
Yolcu Güvenliği Durumu		
Yolcu Uçuş Bilgileri		

4. Arayüz: Yolcunun sistemi yönettiği ve sistemle etkileşimde bulunduğu bileşendir. Boarding 4.0 Modeli, bu bileşen kapsamında geliştirilen uygulamalar sayesinde yolculara ulaşacaktır.

Bu bileşen kapsamında yolculara sistemi kullanabileceği bir mobil uygulama geliştirilmesi gerekir. Bu mobil uygulamanın mevcut sistemlerle entegre olarak çalışması gerekir.

5. Müşteri: Bu bileşen, yolcunun tüm boarding süreci kapsamındaki hareketlerini, ihtiyaçlarını ve beklentilerini kapsar.

Müşteri bileşeni kapsamında mevcut alt süreçlere ait müşteri hareketleri Tablo 3.4.'teki gibi bir tablo ile belirlenir.

Tablo 3.4. Alt süreçler – müşteri hareketleri tablosu

Alt Süreç	Müşteri Hareketleri
Güvenlik	
Bekleme Zamanı	
Bilet Kontrol ve Biniş	

6. Güvenlik: Nesnelerin interneti projelerinin kapsamı gereği ağ katmanında farklı yazılımlar ve cihazlar arasında veri aktarımı gerçekleşir. Tüm nesnelerin interneti arayüzlerinin birbirleriyle iletişimde doğrulama ve yetkilendirme esastır.

Tablo 3.5., bileşenler arasındaki güvenlik kapsamını ve güvenliğini sağlamak için hangi protokollerin kullanılacağını gösterecektir. Bu kapsamda hangi güvenlik kapsamları ve protokoller kullanılacaksa tabloya işlenir.

Tablo 3.5. Güvenlik tablosu

Bileşen	Güvenlik Kapsamı	Protokol
Ağ		
Bulut		
Arayüz		

Boarding 4.0 modelinin beş bileşenine ait tablolar modelin uygulanmasında izlenecek olan yol haritasını göstermektedir.

3.2.3. Bulanık AHP yöntemi

Çok ölçütlü karar verme durumlarında sözel değerlendirmelerin en iyi sonuca ulaştırabilmesi için bulanık AHP yöntemi kullanılmaktadır.

En önemli faydası çoklu kriterler ele alınırken sağladığı kolaylıktır. AHP'deki tercihler karar vericilerin algıya dayalı yorumları olduğundan dolayı bulanık yaklaşım daha doğru bir karar verme sürecine imkân tanımaktadır.

Literatürde bulanık AHP ile ilgili bazı algoritmalar yer almakla beraber genel olarak bulanık AHP uygulamasında aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Unver, 2010):

- İlk aşamada kriter hiyerarşisi oluşturulur. Problem hiyerarşik bir yapıya dönüştürülür ve sonra ulaşılmak istenen amaç, hedef ve bu amaca ait alt hedefler belirlenir.

- İkinci aşamada her bir kriterin ağırlıkları hesaplanır. Aynı seviyedeki alan kriterlerin ağırlık ve önem dereceleri ikili karşılaştırmalar yardımıyla belirlendikten sonra tutarlılık analizi yapıp, var olan tutarsızlıklar düzeltilip tutarlı bir ikili karşılaştırmalar matrisine ulaşıldıktan sonra matrise girilen değerlendirmeler üçgen sayılara dönüştürülür.
- İkili karşılaştırma matrisinde ağırlık vektörünü geometrik ortalamalar metodu kullanılarak belirlenir ve sonra geometrik ortalama metoduyla her bir alternatifin ağırlık değerleri bulanık sayılar yardımıyla hesaplanır ve bulanık sayıların durulanması sonucunda normal ağırlık değerleri elde edilir.
- Değerlendirme matrisinin oluşturulmasında dilsel değişkenler kullanılmaktadır. Matrisin oluşturulmasında farklı değerlendirme değerleri kullanıldığı zaman toplama işleminin yapılması açısından bu değerlerin ortak bir birim cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir.
- Son aşamada üyelik değerleri yorumlandıktan sonra alternatiflere ait öncelik değerleri hesaplanmakta ve bu şekilde alternatiflerin öncelik sıraları da belirlenmektedir.

Bulanık AHP yönteminin aşamaları (Özbey, 2022):

- Hedeflenen amaç doğrultusunda alternatif ve kriterler belirlenir.
- Alternatif ve kriterler ikili karşılaştırma matrisinin Tablo 3.6.'da yer alan değerler kullanılarak oluşturulur.

Tablo 3.6. Sözel değişkenlerin üçgensel bulanık sayılar türünden karşılıkları

Sözel Değişken	Üçgensel bulanık ölçek	Üçgensel bulanık karşılık
Eşit Derecede Önemli	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Zayıf Derecede Önemli	(2,3,4)	(1/2,1/3,1/4)
Oldukça Önemli	(4,5,6)	(1/4,1/5,1/6)
Çok Önemli	(6,7,8)	(1/6,1/7,1/8)
Kesinlikle Önemli	(9,9,9)	(1/9,1/9,1/9)

- Her Karar verici için ayrı olarak hazırlanmış ikili karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalaması alınarak ortak ikili karşılaştırma matrisi hazırlanır.

- Saaty'nin öz vektör yöntemi ile w_j ağırlıkları hesaplanır.
- $\mu_{G_j}(x_i)$ üssel olarak $wwjj$ ağırlıklarına hedefe olan katkı ağırlık değeri hesaplanır. $(G_j(x_i)^{w_j})$ sonuç kümesi elde edilir.
- Bütün bulanık amaçların kesişimi olan karar kümesinin matematiksel ifadesi hazırlanır.

$$\tilde{D} = \left\{ x_j, \min \left(\mu_{G_j}(x_i) \right)^{w_j} \mid i = 1, \dots, n \ j = 1, \dots, m \right\}$$

- $\tilde{D}$ bulanık karar kümesinde en büyük üyelik derecesine sahip x_i seçilir.

Bulanık AHP yöntemi, nesnelerin interneti destekli geliştirilen Boarding 4.0 sistemi ile hem mevcut sistem hem de uluslararası mevcut sistemlerin karşılaştırılmasında kullanılır.

Karşılaştırma yaparken sektör uzmanlarının yönlendirmeleri ile karşılaştırma kriterleri belirlenir.

Bulanık AHP hesaplama yönteminin ilk adımı olan kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi uzmanlar tarafından Tablo 3.7.'deki gibi belirlenir.

Tablo 3.7. Boarding sistemleri değerlendirme faktörleri matrisi

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3
Kriter 1			
Kriter 2			
Kriter 3			

Uzmanlar tarafından yapılan kriter karşılaştırmaları geometrik ortalama ve aşağıdaki formül kullanılarak Tablo 3.8.'deki gibi birleştirilir.

Bu işlem ağırlıklı vektörleri normalize etme işlemidir (Erden, 2022).

$$W = (d(A_1), d(A_2), d(A_3), \dots, d(A_n))^T$$

Tablo 3.8. Boarding sistemleri geometrik ortalama tablosu

Geometrik ortalama
Kriter 1
Kriter 2
Kriter 3
Toplam
Orantı
Artan sıralı

Bulanık AHP yöntemi hesaplamaları sonucunda değerlendirme kriterlerinin klasik boarding ve Boarding 4.0 sistemi ya da uluslararası mevcut sistemlerdeki sonuçları karşılaştırılır (Tablo 3.9.).

Tablo 3.9. Boarding sistemleri bulanık AHP hesaplama sonucu

	Klasik Boarding	Boarding 4.0	Sistem 1	Sistem 2
Kriter 1				
Kriter 2				
Kriter 3				
...				
Kriter n				

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve UYGULAMA

4.1. Boarding 4.0

Bu çalışma kapsamında Türkiye’de faaliyet gösteren uluslararası bir havalimanı seçilmiştir. Klasik boarding süreci uygulayan bu havalimanının mevcut alt süreçleri analiz edilmiş, mevcut sistemleri tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda nesnelerin interneti destekli boarding sürecine yani boarding 4.0 sistemine geçişi için tasarım yapılmıştır.

Geliştirilen nesnelerin interneti destekli boarding süreci yönetim modelinin altı bileşeni uygulanmıştır.

Süreç: Öncelikle Boarding 4.0'ın tüm paydaşları, paydaşların kullandığı sistemler ve etkileşimde bulundukları diğer alt süreçler belirlenmiştir. Tablo 4.1. paydaşlar, kullanılan sistemler ve etkileşimdeki diğer alt süreçler dâhil olmak üzere süreç bileşenlerini göstermektedir.

Tablo 4.1. Boarding 4.0 alt süreç bileşenleri tablosu

Alt süreç	Alt süreç paydaşları	Kullanılan sistemler	Etkileşimde olunan alt süreçler
Güvenlik alt süreci	- Yolcu (Süreci başlatan kişi) -Güvenlik personeli (Sistemleri kontrol eden kişi)	-Havalimanı Güvenlik Sistemi (Yolcu bu sisteme kimlik bilgilerini yükleyecektir) -Ulusal Güvenlik Sistemi (Yolcu kimlik bilgilerini kontrol eden sistem)	Bekleme Zamanı Alt Süreci (Güvenlik kontrolü onaylanan kişilerin devam ettiği süreç)
Bekleme zamanı alt süreci	- Yolcu (Süreci yöneten kişi) -Havalimanı Personeli (Süreçte hizmet veren kişiler)	-Havalimanı Sistemi (Kapı numarası, havalimanı iç harita bilgilerini sağlayan sistem) -Havayolu Sistemi (Uçak, yolcu bilgilerini sağlayan sistem)	Bilet Kontrol ve Biniş Alt Süreci (Yolcuların uçuş süresi boyunca geçtiği süreç)

Tablo 4.1. (Devamı)

Alt süreç	Alt süreç paydaşları	Kullanılan sistemler	Etkileşimde olunan alt süreçler
Bilet kontrol ve biniş alt süreci	-Yolcu (Süreci yöneten kişi) -Havalimanı Personeli (Süreçte kişi kontrolü)	-Havalimanı Sistemi (Kapı numarası ve uçak doluluk bilgilerini veren sistem) -Havayolu Sistemi (Uçak doluluk bilgilerini alan sistem)	Bekleme Zamanı Alt Süreci (Uçuş saatini bekleyen yolcuların süreci)

Ağ: Bu bileşen kapsamında sistemler arası bağlantılar işaret edilmiştir. Endüstri 4.0 teknolojisi ile yerel ağlar ve küresel ağlar bu bileşen içerisinde sağlanacaktır. Modelde kullanılan sistemler aşağıda açıklanmış ve veri akışı Tablo 4.2.'de gösterilmiştir. Havayolu sistemi, ilgili havalimanında uçuş yapan havayolu şirketlerinin sistemleridir. Bu havayolu sistemleri boarding verileri, müşteri verilerine sahiptir. Havalimanı sistemi, ilgili havalimanının kullandığı sistemdir. Bu sistem havalimanı harita, mağazalar, uçuş kapıları gibi verilere sahiptir. Havalimanı emniyet sistemi, havalimanındaki emniyet kontrollerini yapan birimlerin kullandığı sistemdir. Ulusal emniyet sistemi, havalimanının bağlı olduğu ülkenin emniyet sorumlularının kullandığı sistemdir.

Tablo.4.2. Boarding 4.0 sistem/veri tablosu

Alıcı Sistemi ----- Verici Sistemi	Havayolu Sistemi	Havalimanı Sistemi	Ulusal Emniyet Sistemi	Havalimanı Emniyet Sistemi
Havayolu Sistemi	-	- Yolcu kimlik bilgileri - Yolcu uçuş bilgileri	-	Yolcu kimlik bilgileri
Havalimanı Sistemi	- Uçak kapısı bilgileri - Havaalanı harita bilgileri	-	-	-
Ulusal Emniyet Sistemi	-	-	-	Yolcu uçuş onayı/reddi
Alıcı Sistemi ----- Verici Sistemi	Havayolu Sistemi	Havalimanı Sistemi	Ulusal Emniyet Sistemi	Havalimanı Emniyet Sistemi
Havalimanı Emniyet Sistemi	-	-	- Yolcu kimlik bilgileri - Yolcu uçuş sorgusu	-

Bulut: Tablo 4.3., Nesnelerin interneti tabanlı boarding sürecinin Bulut bileşeninin veri yetkilendirme tablosunu göstermektedir.

Tablo.4.3. Boarding 4.0 veri yetkilendirme tablosu

Veri	Sistem	Kullanıcı
Yolcu Kimlik Bilgileri	Havayolu Sistemi	Havayolu Personeli (biniş görevlisi)
Yolcu Güvenliği Durumu	Havaalanı Emniyet Sistemi	Güvenlik Görevlisi (havaalanı güvenlik kontrol görevlisi)
Yolcu Uçuş Bilgileri	Havayolu Sistemi, Havaalanı Sistemi	Havayolu Personeli (biniş görevlisi), Havalimanı Personeli (İstasyon biniş görevlisi)

Arayüz: Boarding 4.0 Modeli, yolcunun sistemi yönettiği ve sistemle etkileşimde bulunduğunu gösteren bu bileşen kapsamında geliştirilen uygulamalar sayesinde yolculara ulaşacaktır.

Boarding 4.0 Modeli kapsamında "Boarding 4.0 Mobil Asistan (B4MA)" uygulaması tasarlanmıştır. Mobil asistanın giriş ekranında B4MA girişi gösterilir. Yolculara parmak izi, yüz taraması veya bilet kodu okutarak oturum açma seçenekleri sunulur. Yolcunun uçuş bilgileri, kişisel bilgileri faaliyet seçim ekranında görüntülenir. Uçak kapısının kapanmasına kadar geçen süre ve kapı bilgileri, Boarding 4.0 Mobil Asistan'ın üst kısmında canlı olarak görüntülenir ve yolcular uygulamadan çıkana kadar ekranın üst kısmında gerçek zamanlı olarak görüntülenmeye devam eder. Yolcular ikinci ekrandan istedikleri aktiviteyi seçip yeme-içme, alışveriş veya kişisel ihtiyaçlarını seçebilirler. Üçüncü ekran, yiyecek ve içecek seçeneklerini gösterir. Dördüncü ekranda ise kişinin bulunduğu yer ve yemek hazırlama süresi dikkate alınarak "en hızlı" seçeneği hesaplanır. Son olarak, elde edilen seçenekler seçim için ekranda gösterilir. "En hızlı" seçeneğini seçmeyen yolcular için beşinci ekranda "fast food" seçenekleri gösterilir. Altıncı ekran, seçilen fast food restoranı için menü seçimi ve online ödeme seçeneğini gösterir. Ödeme yapıldıktan sonra restoranda (yedinci ekran) okunacak bir QR kodu oluşturulur. Boarding 4.0 Mobil Asistan, uçak kapısı değişiklikleri gibi uçuşla ilgili değişikliklerde yolcuları gerçek zamanlı olarak bilgilendirir (sekizinci ekran). Boarding 4.0 Mobil Asistan, bir iç mekân harita özelliği

içerir. Bu özellik ile uçak kapısına, restoranlara, mağazalara ve istenilen diğer noktalara (dokuzuncu ekran) navigasyon hizmeti verilmektedir.

Müşteri: Yolcunun hareketlerinin, ihtiyaçlarının ve beklentilerinin tanımlandığı bu bileşen kapsamında Boarding alt süreç kırılımlarında yolcunun nasıl hareket ettiğini gösterilmektedir (Tablo 4.4.).

Tablo.4.4. Boarding 4.0 alt süreçler – müşteri hareketleri tablosu

Alt Süreç	Müşteri Hareketleri
Güvenlik	Kimlik/pasaport kontrolü
	Bilet/kimlik eşleşme
	Güvenlik kontrolü
Bekleme Zamanı	İhtiyaçları giderme
	Kapıya gidiş
Bilet Kontrol ve Biniş	Bilet ile pasaport/kimlik eşleşmesi ve onay
	Bilet bagaj eşleşme
	Uçağa binış

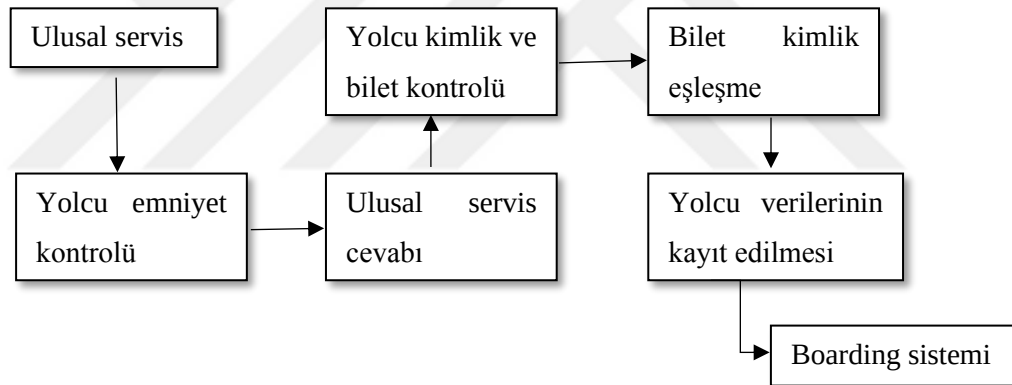
Güvenlik: Yolcu verileri sürecin başlangıcından itibaren iç (havalimanı, havayolu sistemleri) ve dış sistemlere (Ulusal sistemler) gönderilmektedir. Bu nedenle bu sistemlerin iletişimi sırasında verilerin gizliliği ve bütünlüğü esastır. Tablo 4.5., Boarding 4.0 bileşenleri arasındaki güvenlik kapsamını ve güvenliğini sağlamak için hangi protokollerin kullanılacağını göstermektedir.

Tablo 4.5. Boarding 4.0 güvenlik tablosu

Bileşen	Güvenlik Kapsamı	Protokol
Ağ	Veri gizliliği ve bütünlüğü	HTTPS, WEP, WPA, WPA2
Bileşen	Güvenlik Kapsamı	Protokol
Bulut	Kimlik ve erişim yönetimi (IAM), Veri koruma ve kullanılabilirlik	OAuth 2.0, Database and backup solution
Arayüz	Yolcu kimlik doğrulaması	Single sign-on solutions

Sistemin tasarımı geliştirme aşamalarını yönetecek ve bütünlüğünü koruyacak şekilde tasarlanmıştır. Boarding 4.0 modelinin mimari yapısı Güvenlik, Bekleme Süresi, Bilet Kontrol ve Uçağa Biniş alt süreçlerini kapsamaktadır. Şekil 4.1.'de görüldüğü üzere "Güvenlik alt süreci" için Boarding 4.0 sistem mimarisinin ilk aşaması, yolcunun check-in sonrası güvenlik kontrol makinesine gelmesiyle başlıyor. Yolcu check-in

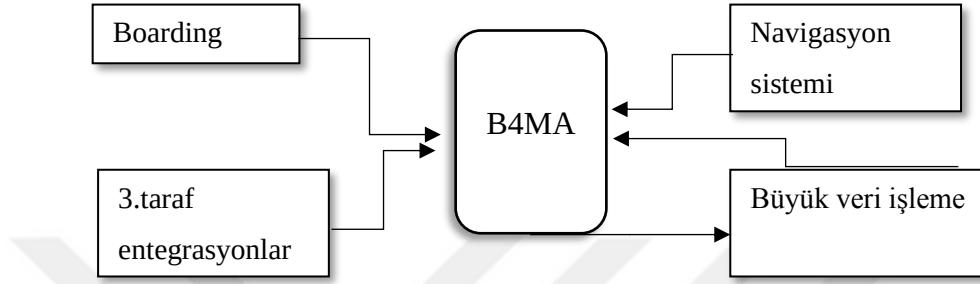
bankosunda check-in işlemlerini yaptıktan sonra el bagajlı veya bagajsız olarak fiziki ve sistemsal güvenlik kontrollerinden geçmek üzere ilerler. İlk olarak sistemsal güvenlik kontrolü yapılmak üzere otomatik güvenlik kontrol makinesine gelir. Yolcu, güvenlik kontrol makinesine parmak izi verir veya yüz tarama verilerini kamera aracılığıyla sisteme verir. Ardından kimlik veya pasaportunu QR kod aracılığıyla sisteme tanıtır. Boarding 4.0 modeli ile parmak izi/yüz tarama verileri ve kimlik/pasaport bilgileri Ulusal Güvenlik Sistemine iletilir ve mevcut yolcunun seyahat engeli olup olmadığı kontrol edilir. Kontrol sonucunda yolcunun geçişine izin verilir ya da izin verilmez. Bu adım, kimlik veya pasaport bilgileri kontrolü sonucunda bilet bilgileri eşleştirilerek tamamlanır. Kimlik veya pasaport bilgileri bilet bilgileri ile eşleşmiyorsa yolcunun geçişine izin verilmez. Sistemsal güvenlik kontrolünden geçen yolcular fiziksel güvenlik kontrolünden geçer.



Şekil 4.1. Boarding 4.0 güvenlik alt süreci sistem mimarisi

Mimarinin "bekleme zamanı alt süreci" aşaması, yolcunun güvenlik kontrollerini tamamlamasından uçağın kapısının kapanmasına kadar olan kısmı içerir. "Boarding 4.0 Mobil Asistan" uygulaması yolcunun bekleme süresini en etkin şekilde kullanmasını sağlamak ve bu süreçte faaliyetlerine yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Boarding 4.0 Mobil Asistan, yolcuların bazı ihtiyaçlarını (alışveriş, sipariş, ödeme vs.) dijital olarak karşılamalarını ve bazı ihtiyaçlarını (uçak kapısının takibi, havalimanı iç navigasyon) dijital olarak yönlendirmelerini sağlayacak. Geliştirilen Boarding 4.0 Mobil Asistan; boarding sistemi, navigasyon sistemi ve 3. taraf sistemlerle (İlgili havalimanındaki restoran, alışveriş mağazalarının sistemleri) entegrasyon halinde

olacaktır. B4MA, navigasyon sisteminden ilgili havalimanının haritasını alacaktır. Tüm yönlendirmelerde navigasyon sisteminden gelen veriler kullanılacaktır. Boarding sisteminde mevcut uçuşun güncel saat ve kapı bilgileri alınacaktır. Online sipariş ve online ödemeler esnasında bu sistemlerle veri alışverişi olacaktır. B4MA ile yolcuların bu süreçteki tüm hareketleri büyük veride saklanacaktır. (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Boarding 4.0 bekleme zamanı alt süreci sistem mimarisi

Geliştirilen Boarding 4.0 Mobil Asistanın ekranlarının tasarımları Şekil 4.3.-4.10.'da detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama giriş ekranı

Boarding 4.0 mobil asistan uygulamasının giriş ekranı Şekil 4.3.'te gösterilmektedir. Yolcular yüz tarama veya parmak izi okuyucu ile uygulamaya giriş yapabilirler.

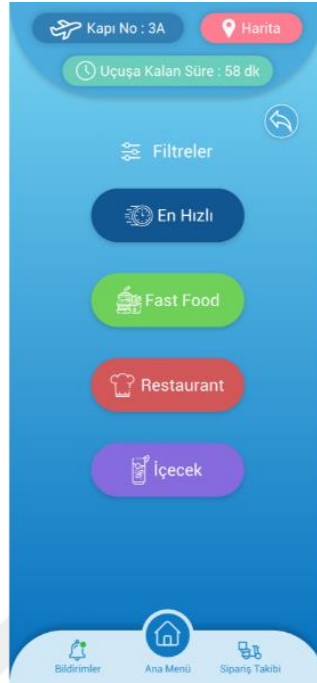
Kullanıcı / yolcu yüz tarama butonuna tıkladığı zaman kamera otomatik olarak açılacak ve yüzü taranacaktır. Sistemdeki yüz tarama verisi – kimlik veri çifti ile eşleşecektir.

Kullanıcı parmak izi butonuna tıkladığı zaman tabletin parmak izi alma kısmından bu veriyi uygulamaya verebilecektir. Sistemdeki parmak izi verisi – kimlik verileri ile eşleşecektir.



Şekil 4.4. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama ana ekranı

Yolcular uygulamaya giriş yaptıktan sonra uygulamanın ana ekranı açılır (Şekil 4.4.). Ekranın en üst kısmında kullanıcının uçuş bilgileri otomatik olarak gelmektedir. Ekranda yiyecek/içecek ve alışveriş seçenekleri bulunmaktadır. Uygulamadaki tüm işlemleri yapabilecekleri yardımcı bir bot sistemi de bulunmaktadır. Bot sistemi ses komutu ile de çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece engelli yolcular için de uygulamanın kullanımı kolaylaşacaktır.



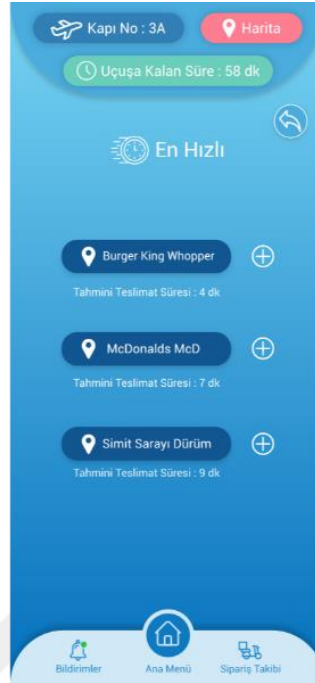
Şekil 4.5. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama yiyecek/içecek menü ekranı

Yolcular yiyecek/içecek butonuna tıkladığında yolcuya havalimanı içerisindeki yiyecek/içecek olanakları getirilir (Şekil 4.5.).

Fast food butonuna tıklandığı zaman havalimanı içerisindeki fast-food restoranlarının listesi gelmektedir.

Restoran butonuna tıklandığı zaman havalimanı içerisindeki ala cart restoranlarının listesi gelmektedir.

İçecek butonuna tıklandığı zaman yolcuya havalimanı içerisindeki içecek ürünleri satan mağazaları listelenir.



Şekil 4.6. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama en hızlı seçenek ekranı

Yolcu “En hızlı” butonuna tıkladığında, B4MA yolcunun konumu ve ilgili siparişin hazırlanma süresi hesaba katılarak en kısa zamanda teslim alabileceği seçenekleri yolcuya sunar (Şekil 4.6.).

Şekil 4.6.’daki tasarım ekranında gösterilen üç adet en hızlı sorgusunun sonucu görünmektedir. Restoranlardan yiyeceklerin hazırlanma süreleri ile ilgili veriler alınmaktadır. Yolcunun mevcut konumu ve restoranlara ulaşması arasındaki ortalama süre ile yiyeceklerin veya içeceklerin hazırlanma süreleri toplanarak yolcuya bu ekranda sunulmaktadır.

Yolcu bir seçeneği seçerse online sipariş ekranına geçilecektir.



Şekil 4.7. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama sipariş ekranı

Yolcu sunulan restoranlardan bir sipariş vermek istediğinde uygulama üzerinde listelenen mağazalardan sipariş verilebilir ve online ödeme yapılabilir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.8. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama sipariş onay ekranı

Uygulama üzerinden sipariş verdikten sonra QR kodu oluşturulur. Bu kod aracılığıyla mağazadaki sipariş teslim alınır (Şekil 4.8.). Yiyecek/içecek örneği üzerinden gösterilen tüm aktiviteler alışveriş mağazaları için de kullanılabilecektir.



Şekil 4.9. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama harita ekranı

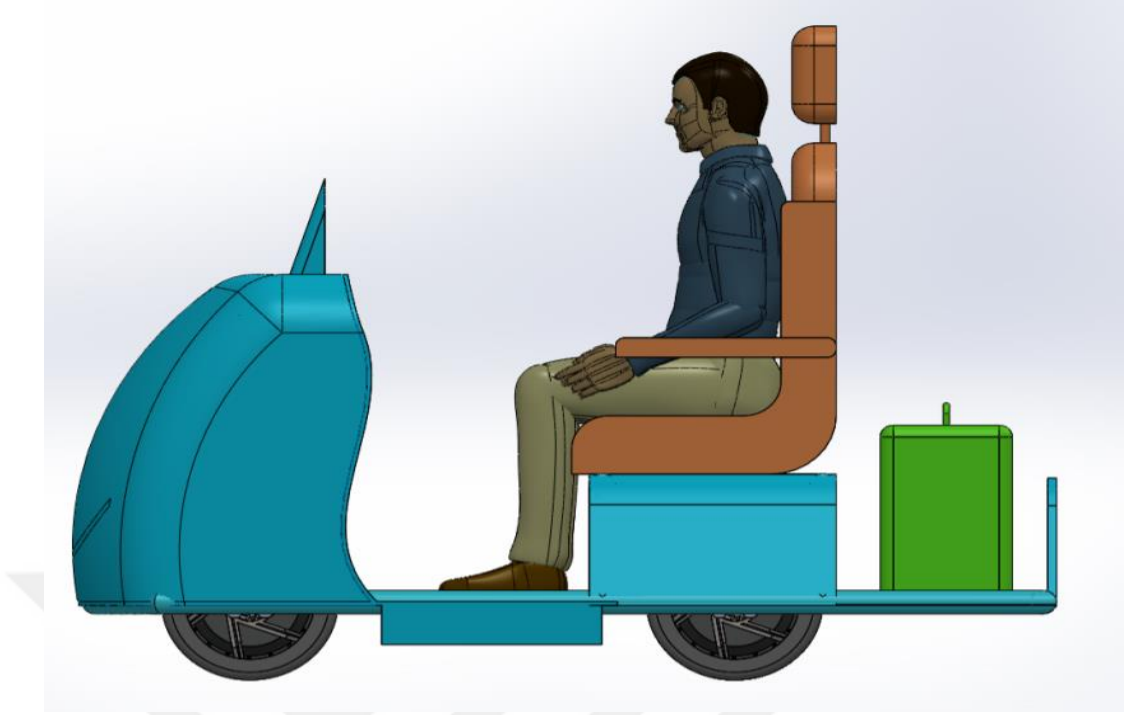
Uygulamadaki harita seçeneği ile havalimanı içerisindeki her noktaya nasıl gidileceği görülebilir (Şekil 4.9.).

Uygulama yolcunun uçuş bilgilerini otomatik olarak takip edilebilmekte, herhangi bir değişiklik olduğu zaman ekrana uyarı olarak getirmektedir (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. Boarding 4.0 mobil asistan uygulama uçuş uyarı ekranı

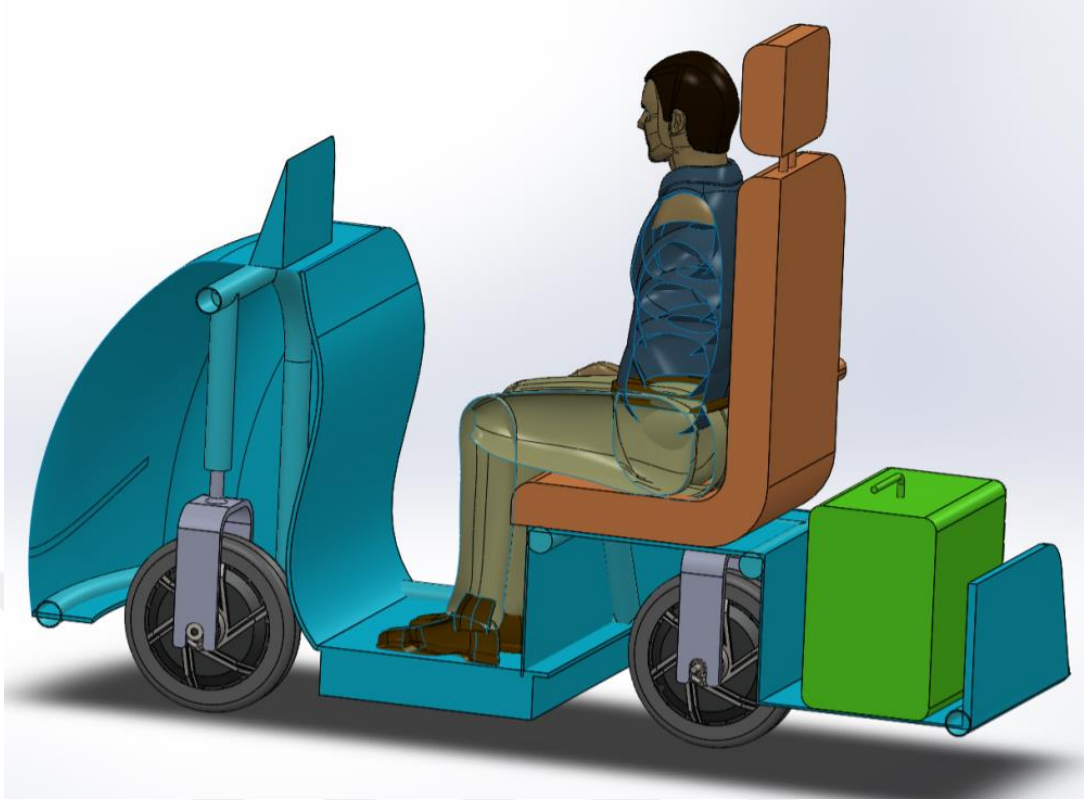
Boarding 4.0 mimarisinin ikinci ve üçüncü fazlarında, "Boarding 4.0 Mobil Asistan"ın yanı sıra, dileyen yolculara "Otonom Elektrikli Araç" da sunuluyor. Otonom Elektrikli Araç, tek yolcu ve el bagajı taşıma kapasitesine sahiptir. Otonom Elektrikli Araç; bir koltuk, bir el bagajı sepeti, dört tekerlek (ikisi sağa ve sola dönebilen), bir DC motor, bir servo motor, bir pil, bir mesafe sensörü, bir varlık sensörü, bir tablet (mobil uygulama geliştirmesini içeren), gömülü bir yazılım sistemi gibi donanım ve yazılım bileşenlerini içerecektir. Tabletten gelen talimatlar doğrultusunda, gömülü sistem, otonom elektrikli aracın mekanik parçalarını çalıştıracaktır. Gömülü sistem C yazılımında yazılmıştır.



Şekil 4.11. Otonom elektrikli araç tasarımı (yan kesit)

Boarding 4.0 için tasarlanan otonom elektrikli aracın tasarımının yan görüntüsü Şekil 4.11.'deki gibidir.

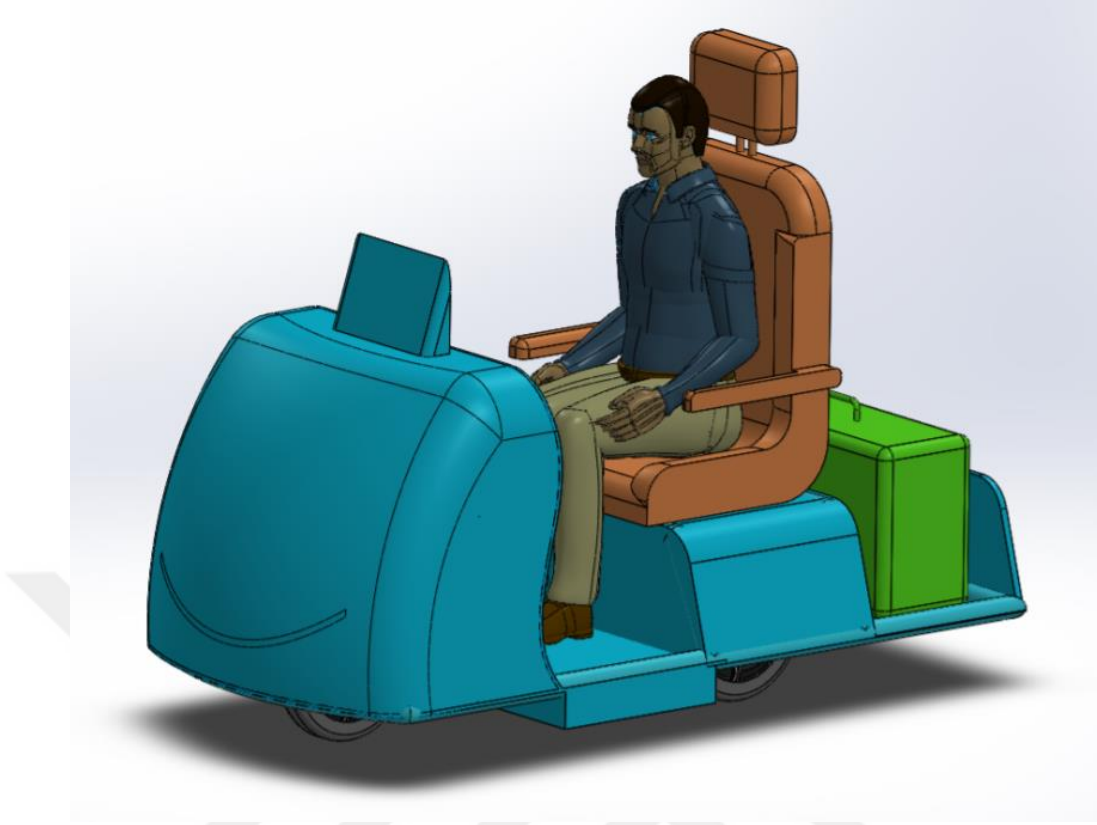
Otonom araçlar tek kişilik tasarlanmıştır. Yolcu koltuğunun arkasında yolcunun el bagajını koyabileceği bir bagaj kısmı bulunmaktadır. Yolcu koltuğu ergonomik açıdan uygun tasarımda ve kaliteli malzeme kullanılarak yapılacaktır. Koltuğun ön tarafında otonom araca entegre çalışan tablet bulunmaktadır. Tablet'in içinde B4MA yüklüdür.



Şekil 4.12. Otonom elektrikli araç tasarımı (iç kesit)

Boarding 4.0 için tasarlanan otonom elektrikli aracın tasarımının iç kesit görüntüsü Şekil 4.12.'deki gibidir.

Yolcunun ayak koyma kısmının altında otonom elektrikli aracın bataryası bulunmaktadır. Otonom elektrikli aracın ön kısmında Servo motor ve DC motor bulunmaktadır. Bu motorlar aracın ilerlemesini ve sağa/sola hareket etmesini sağlamaktadır.



Şekil 4.13. Otonom elektrikli araç tasarımı (ön kesit)

Boarding 4.0 için tasarlanan otonom elektrikli aracın tasarımının ön görüntüsü Şekil 4.13.'deki gibidir.

Otonom elektrikli aracın ön kısmında sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler olası çarpışmaları engellemekte ve seçilen bir noktaya gidildiğinde güvenli bir şekilde park edilmesine yardımcı olmaktadır.

```

/*
Project: Boarding 4.0 project
Part: Autonomous vehicle
Purpose: Directional movement
Hardware: Servo motor
*/
*****
#include "stm32f4xx.h"
#include "defines.h"
#include "tm_stm32f4_pwm.h"
#include "tm_stm32f4_disco.h"
#include "tm_stm32f4_delay.h"
int ServoMotorInit (void) {
    TM_PWM_TIM_t TIM2_Data;
    uint16_t position = 1000;
    SystemInit();
    /* Delay function begin */
    TM_DELAY_Init();
    /* TIM2 is adjusted 50 Hz */
    /* 50Hz = 20ms = 20000us */
    TM_PWM_InitTimer(TIM2, &TIM2_Data, 50);

    /* Initialize Pwm on TIM2, pin PA5 */
    TM_PWM_InitChannel(TIM2, TM_PWM_Channel_1, TM_PWM_PinsPack_2);
    /* Servo motor in center position */
    TM_PWM_SetChannelMicros(TIM2, &TIM2_Data, TM_PWM_Channel_1, 1500);
    Delays(1000);
}
void ControllingServoMotor (void){
    while (1) {
        if (position == 1000) {
            /* change direction */
            position = 2000;
        }
        else {
            /* change direction */
            position = 1000;
        }
        /* Adjusts the servo position */
        TM_PWM_SetChannelMicros(TIM2, &TIM2_Data, TM_PWM_Channel_1, position);
        Delays(1500);
    }
}

```

Şekil 4.14. Servo motor çalışması ile ilgili kod parçası görüntüsü

Otonom elektrikli araç üzerindeki servo motorun çalışması için yazılan kod parçasının görüntüsü Şekil 4.14.'teki gibidir.

```

/* Trigger PIN */
#define HCSR04_TRIGGER_RCC RCC_AHB1Periph_GPIOB
#define HCSR04_TRIGGER_PORT GPIOB
#define HCSR04_TRIGGER_PIN GPIO_Pin_2

/* Echo PIN */
#define HCSR04_ECHO_RCC RCC_AHB1Periph_GPIOB
#define HCSR04_ECHO_PORT GPIOB
#define HCSR04_ECHO_PIN GPIO_Pin_3

void DistanceInit(void) {
    float distance;

    /* pin configuration are being made */
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitDef;
    RCC_AHB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_GPIOB, ENABLE);
    GPIO_InitDef.GPIO_Pin = GPIO_Pin_12 | GPIO_Pin_13 | GPIO_Pin_14 | GPIO_Pin_15;
    GPIO_InitDef.GPIO_Mode = GPIO_Mode_OUT;
    GPIO_InitDef.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
    GPIO_InitDef.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;
    GPIO_InitDef.GPIO_Speed = GPIO_Speed_100MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitDef);
    /* System start */
    SystemInit();
    /* Delay Function is beginning */
    TM_DELAY_Init();

    /*HC-SR04 is beginning */
    if (!TM_HCSR04_Init()) {
        /* if the sensor is not reading correctly */
        while (1) {
            GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_12 | GPIO_Pin_13 | GPIO_Pin_14 | GPIO_Pin_15);
            Delayms(100);
        }
    }

    void ReadDistance (Void){
        /* read to distance */
        distance = TM_HCSR04_Read();

        Delayms(100);
    }
}

```

Şekil 4.15. Uzaklık sensörünün çalışması ile ilgili kod parçası görüntüsü

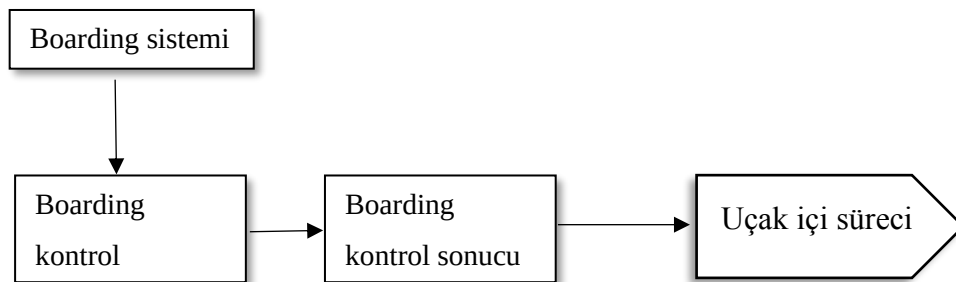
Otonom elektrikli araç üzerindeki uzaklık sensörünün çalışması için yazılan kod parçasının görüntüsü Şekil 4.15.'teki gibidir.

Geliştirilen Boarding 4.0 Mobil Asistan, Otonom Elektrikli Araç üzerindeki tablet üzerinde çalışabilecektir. Gelen ve giden yolculara hizmet verilecektir. Yolcu otonom aracı kullanmak istiyorsa B4MA üzerinden araç talebini yapabilecektir. Giden yolcu güvenlik sürecinden geçtikten sonra Otonom Elektrikli Araç, yolcunun konumunu tespit ederek yolcunun kendisine gidecektir. Otonom Elektrikli Araçta yolcu tablet üzerinden giriş yaptıktan sonra araç yolcu servisine girecektir. Yolcu, tablet üzerinden aracını istediği yere hareket ettirebilecek. Tabletten kamerası üzerinden görüntü işleme teknolojisi kullanılarak yolcuların güvenliği daha da arttırılacaktır. Araç, uçak kapısı kapanmadan önce belirli bir süre otomatik olarak kapıya gidecek şekilde

programlanmıştır. Ancak yolcunun talebi üzerine bu hizmet devre dışı bırakılabilir. Havalimanına gelen yolcu için isteğe bağlı olarak uçağın iniş saatinde gelen yolcu kapısında hazır bulundurulacaktır. Ayrıca, giden yolcu hizmetine benzer şekilde, gelen yolculara ulaşım ve yönlendirme hizmetleri sağlamak için nesnelerin interneti teknolojisini kullanacaktır.

Uygulamayı kullanmayan yolcular güvenlik alt sürecinden sonra B4MA uygulamasını kullanmayarak havalimanı iç ekranları kullanarak uçak kapısına gidebilir ve ilgili ihtiyaçlarını kendisi görebilir.

Mimarinin son aşaması "Bilet Kontrol ve Uçağa Biniş Alt Süreci"dir. Bu aşamada yolcu uçağa bineceği kapıya gelmiştir. Yolcu, otomatik biniş kontrol makinesine parmak izi/yüz taraması/bilet bilgisi sağlar. Bu bilgi ile otomatik biniş kontrol makinesi, yolcunun doğru uçakta ve doğru kapıda yolcu olup olmadığını kontrol eder. Bilgi Boarding Sistemi üzerinden teyit edildiğinde, ilgili yolcunun bagajına onay gider. Böylece yolcuların ve varsa bagajlarının uçağa binmesine izin verilir. Bilgiler boarding sisteminden teyit edilmezse, biniş kontrol makinesi yolcunun geçişini engeller (Şekil 4.16.).



Şekil 4.16. Boarding 4.0 bilet kontrol ve uçağa biniş alt süreci sistem mimarisi

Boarding 4.0 ile klasik boarding sürecinin faaliyet detayında karşılaştırılması yapılmıştır.

Klasik boarding süreci ve Boarding 4.0 modeli için yolcu hareketlerinin detaylı anlatımı Tablo 4.6.'de verilmiştir.

Tablo 4.6. Boarding sürecindeki müşteri hareketleri

Müşteri hareketi	Klasik boarding	Boarding 4.0
Kimlik/pasaport kontrolü	Yolcu, kimlik ve pasaportunu yolcu güvenlik görevlisine verir. Güvenlik personeli bilgisayarda kontrol eder. Bu işlemden önce sıra oluşur.	Yolcu check-in işleminden sonra güvenlik kontrol makinesine konum bilgisi gönderilir ve sistem üzerinden kontrol sağlanır. Son olarak yolcu, güvenlik makinesine parmak izi ve yüz tarama bilgisi vererek sonuca ulaşır. Bu süreçte sıra oluşmayacaktır.
Bilet-kimlik eşleştirme	Güvenlik görevlileri yolcunun kimliğini ve biletini kontrol eder.	Bilet, güvenlik makinesine taranarak kimlik eşleşmesi kontrol edilecektir.
Güvenlik kontrolü	Güvenlik personeli, röntgen geçişi ve üst tarama için harekete geçer.	Güvenlik personeli, röntgen geçişi ve üst tarama için harekete geçer.
İhtiyaçları karşılama	Yolcu, ihtiyaçlarını havalimanında veya olarak karşıyor, restoranlarda yemek yemek için sıra bekleyebilir, alışveriş yerlerinde sıra bekleyebilir veya diğer ihtiyaçlarını karşılayabilir.	Geliştirilen mobil uygulama destekli otonom araç ile yolcular enerji tüketmeden istedikleri yere gidecekler. Alışveriş ve restoran siparişlerini online uygulamaya üzerinden yapacak ve ürün hazır olduğunda oraya gidecek. Böylece hazırlanması diğer ihtiyaçları da karşılayabilecektir.
Kapıya gidiş	Kapı kapandığında saat yaklaşık, yolcu mevcut kapı bilgilerini ekranlardan kontrol eder ve kapıya gider.	Kapı kapandığında, otonom araç mevcut kapıya gidecektir. Yolcu kuyrukta beklemes.
Bilet ile kimlik/pasaport eşleşme ve onay	Kapıda, havayolu yer operasyon personeli yolcunun biletini ve kimlik/pasaport bilgilerini kontrol eder. Bu işlem için kuyruklar var.	Yolcu, bileti biniş kontrol makinesine taratır ve yüz tanıma/parmak izi bilgisi ile eşleştirir.
Bilet-bagaj eşleşme	Sistem üzerinden uçağa binişi onaylanan yolcuların bagajlarını yüklemelerine izin verilir.	Sistem üzerinden uçağa binişi onaylanan yolcuların bagajlarını yüklemelerine izin verilir. Ayrıca bagajının yerini mobil uygulama üzerinden canlı olarak takip edebilecek.
Uçağa biniş	Yolcu uçakta koltuğuna yerleşir.	Yolcu uçakta koltuğuna yerleşir.

BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME

Geliştirilen Boarding 4.0 modelinin sonuçlarının değerlendirilmesinde iki yaklaşım kullanılmıştır. İlk olarak sektör çalışanları tarafından klasik sistemle uzman görüşü yöntemiyle karşılaştırılmıştır. İkinci olarak geliştirilen modelin dünyadaki en iyi uygulamaları ile belirli kriterler açısından kıyaslanarak karşılaştırılmıştır.

5.1. Klasik Boarding Süreci İle Karşılaştırma (Bulanık AHP)

Türkiye’deki uluslararası bir havalimanında çalışan Boarding Operasyon ekibi, Teknik ekip ve Finans Uzmanları ekibi Boarding 4.0 modelini değerlendirdi. Boarding 4.0; Operasyonel değerlendirme, ekonomik değerlendirme, teknik değerlendirme faktörleri dikkate alınarak Bulanık AHP yöntemi ile analiz edilmiştir. Değerlendirme faktörleri olarak Ekonomi, Teknik ve Operasyon seçilmesinin sebebi havacılık sektöründe bir uygulama yapılırken bu kriterlere uygunluk sağlaması gerekmektedir. Operasyonel değerlendirme, havalimanının boarding ihtiyaçlarının karşılanıp karşılanamayacağını ve ne kadar iyi karşılanabileceğini değerlendirir. Ekonomik değerlendirme kapsamında fayda/maliyet faktörü değerlendirilir. Teknik değerlendirme, havalimanı için mevcut olan teknik kaynaklara odaklanır. Havalimanının teknik kaynaklarının kapasiteyi karşılayıp karşılamadığı değerlendirilir. Teknik değerlendirme, önerilen sistemin donanım, yazılım ve diğer teknik gereksinimlerinin değerlendirilmesini içerir.

Ekonomi; yeni geliştirilen Boarding 4.0’ın ekonomik açıdan değerlendirilmesi çok önemlidir. Sektördeki finans uzmanları tarafından, geliştirilen Boarding 4.0 modelinin yatırım maliyeti ve işletme maliyeti analiz edilip mevcut klasik boarding sürecinin işletme maliyeti ile karşılaştırarak değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonuçları

dilsel olarak verilir daha maliyetli, eşit maliyet, az maliyetli olarak seçilmiştir (Tablo 5.1.).

Tablo 5.1. Boarding sürecindeki müşteri hareketlerinin ekonomik değerlendirilmesi

Müşteri Hareketleri	Boarding 4.0'ın Klasik Boarding Sürecine Göre Durumu		
	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
Kimlik/pasaport kontrolü	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
Bilet-kimlik eşleştirme	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
Güvenlik kontrolü	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
İhtiyaçları karşılama	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
Kapıya gidiş	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
Bilet ile kimlik/pasaport eşleşme ve onay	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
Bilet-bagaj eşleşme	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli
Uçağa binış	Daha maliyetli	Eşit maliyetli	Az maliyetli

Teknik; sektördeki teknik uzmanlar tarafından, geliştirilen Boarding 4.0 modeli bilgi teknolojileri açısından klasik boarding süreci faaliyetleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm faaliyetlerin teknik anlamda kurulumu, işletilmesi ve bakımı değerlendirilmiştir. Dilsel olarak cevaplar zor, orta, kolay olarak seçilmiştir (Tablo 5.2.).

Tablo 5.2. Boarding sürecindeki müşteri hareketlerinin teknik değerlendirilmesi

Müşteri Hareketleri	Boarding 4.0'ın Klasik Boarding Sürecine Göre Durumu		
	Zor	Orta	Kolay
Kimlik/pasaport kontrolü	Zor	Orta	Kolay
Bilet-kimlik eşleştirme	Zor	Orta	Kolay
Güvenlik kontrolü	Zor	Orta	Kolay
İhtiyaçları karşılama	Zor	Orta	Kolay
Kapıya gidiş	Zor	Orta	Kolay
Bilet ile kimlik/pasaport eşleşme ve onay	Zor	Orta	Kolay
Bilet-bagaj eşleşme	Zor	Orta	Kolay
Uçağa binış	Zor	Orta	Kolay

Operasyon; klasik boarding sürecinin faaliyetleri ile geliştirilen Boarding 4.0 modelinin faaliyetleri operasyonel anlamda işletilebilirliği sektördeki operasyon uzmanları tarafından karşılaştırılmıştır. Dilsel olarak cevaplar zor, orta, kolay olarak seçilmiştir (Tablo 5.3.).

Tablo 5.3. Boarding sürecindeki müşteri hareketlerinin operasyonel değerlendirilmesi

Müşteri Hareketleri	Boarding 4.0'ın Klasik Boarding Sürecine Göre Durumu		
	Zor	Orta	Kolay
Kimlik/pasaport kontrolü	Zor	Orta	Kolay
Bilet-kimlik eşleştirme	Zor	Orta	Kolay
Güvenlik kontrolü	Zor	Orta	Kolay
İhtiyaçları karşılama	Zor	Orta	Kolay
Kapıya gidiş	Zor	Orta	Kolay
Bilet ile kimlik/pasaport eşleşme ve onay	Zor	Orta	Kolay
Bilet-bagaj eşleşme	Zor	Orta	Kolay
Uçağa binış	Zor	Orta	Kolay

Boarding sürecinin her faaliyeti, belirlenen kriterler açısından sektördeki ilgili uzmanlar tarafından karşılaştırılmıştır. Daha sonra Türkiye'deki uluslararası bir havalimanında çalışan yer operasyonları yöneticisi tarafından kriterlerin birbiri ile kıyaslanması yapılmıştır.

Bulanık AHP hesaplama yönteminin ilk adımı olan kriterler matrisi Tablo 5.4.'te gösterilmektedir.

Tablo 5.4. Değerlendirme faktörleri matrisi

	Ekonomi			Teknik			Operasyon		
Ekonomi	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
Teknik	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Operasyon	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00

Kriterlerin geometrik ortalama hesaplamaları Tablo 5.5.'te gösterilmektedir.

Tablo 5.5. Geometrik ortalama tablosu

	Geometrik ortalama		
Ekonomi	2,00	2,47	2,88
Teknik	0,79	1,00	1,26
Operasyon	0,35	0,41	0,50
Toplam	3,14	3,87	4,64
Orantı	0,32	0,26	0,22
Artan sıralı	0,22	0,26	0,32

Kriterlerin normalleştirilmiş değerler tablosu Tablo 5.6.'da gösterilmektedir.

Tablo 5.6. Kriterlerin normalleştirilmiş değerler tablosu

	Bulanık ağırlık			Ortalama	Normalleştirilmiş
Ekonomi	0,43	0,64	0,92	0,66	0,63
Teknik	0,17	0,26	0,40	0,28	0,26
Operasyon	0,07	0,10	0,16	0,11	0,11
				1,05	1,00

Bulanık AHP yöntemi hesaplamaları sonucunda değerlendirme kriterlerinin Klasik Boarding ve Boarding 4.0 sistemindeki sonuçları hesaplanmıştır (Tablo 5.7.).

Tablo 5.7. Bulanık AHP hesaplama sonucu

	Klasik Boarding	Boarding 4.0
Ekonomi	0,041	0,203
Teknik	0,025	0,122
Operasyon	0,008	0,057
	0,074	0,382

Yapılan hesaplamalar sonucunda Ekonomi değerlendirme kriterinde Klasik Boarding süreci 0,041 puan alırken Boarding 4.0 süreci 0,203 puan almıştır. Ekonomi açısından seçim yapılırsa Boarding 4.0 süreci seçilmesi daha uygun olacaktır. Teknik değerlendirme kriterinde Klasik Boarding süreci 0,025 puan alırken Boarding 4.0 süreci 0,122 puan almıştır. Teknik açıdan seçim yapılırsa Boarding 4.0 süreci seçilmesi daha uygun olacaktır. Operasyon değerlendirme kriterinde Klasik Boarding süreci 0,008 puan alırken Boarding 4.0 süreci 0,057 puan almıştır. Operasyon açısından seçim yapılırsa Boarding 4.0 süreci seçilmesi daha uygun olacaktır. Tüm

değerlendirme kriterleri dikkate alındığında Klasik Boarding süreci 0,074 puan alırken Boarding 4.0 süreci 0,382 puan almıştır. Sonuç olarak Nesnelerin İnterneti tabanlı tasarlanan Boarding 4.0 mevcut klasik boarding sürecinden daha faydalı olacağına ulaşılmıştır. Ayrıca Boarding 4.0'ın operasyonel uygulanabilirliğini değerlendiren uzmanlar hem operasyonun rahatlayacağını hem de müşteri memnuniyetinin artacağını belirtmiştir. Ekonomik değerlendirmede uzmanlar, nesnelerin interneti teknolojisindeki ilk yatırım maliyetinin modelin uygulanabilirliğini zorlaştıracığını belirtmiştir. Ancak uzun vadeli faydanın farkındalığına dikkat çektiler. Ayrıca teknik değerlendirmede geliştirilen sistemin takibi ve bakımı için nitelikli personele ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Özetle uzmanlar, geliştirilen Boarding 4.0 modelinin örnek olarak seçilen Türkiye'deki uluslararası bir havalimanında da uygulanabileceğini, karşılaşılabilecek zorlukların aşılabilecek düzeyde olduğunu, orta ve uzun vadede hem müşteri memnuniyeti hem de karlılık açısından olumlu geri dönüşlerin olabileceğini ifade etmiştir.

5.2. Uluslararası Benzer Modellerle Karşılaştırma

Geliştirilen Boarding 4.0 modeline benzer dünyadaki en iyi uygulamalar araştırılmıştır. Farklı kıtalardaki örneklerinden üç tanesi ele alınarak ekonomik açıdan karşılaştırılmıştır.

Endüstri 4.0 teknolojisi maliyetlerini kesin olarak bilmek mümkün değildir. Bu nedenle çalışmada ekonomik karşılaştırma yapılırken Boarding 4.0 sürecindeki faaliyetlerin maliyetleri tahminlenmiştir.

Güvenlik alt sürecindeki faaliyetler incelendiğinde otomatik güvenlik kontrol makinesi bulunmaktadır. Otomatik güvenlik kontrol makinesi donanımsal ve yazılımsal olarak iki farklı kısma sahiptir. Araştırmalar neticesinde otomatik kontrol makinesinin yaklaşık tahmini maliyeti 1200 \$ olarak belirlenmiştir.

Bekleme zamanı alt sürecindeki faaliyetler incelendiğinde B4MA uygulaması ile otonom elektrikli aracın maliyeti tahminlenmiştir.

B4MA uygulaması hem Android hem de IOS işletim sistemlerinde çalışacak şekilde geliştirilecektir. Uygulama geliştirme maliyeti 50.000 \$ olarak tahminlenmiştir.

Bekleme zamanı alt sürecinde kullanılacak olan diğer bir bileşen ise otonom elektrikli araçtır. Otonom elektrikli aracın DC ve servo motor olmak üzere iki adet motoru bulunmaktadır. Aracın diğer bileşenleri lityum batarya, yolcu koltuğu ve arkasında el bagajının konulacağı bagaj taşıma haznesi bununla birlikte ön tarafında B4MA uygulaması yüklü olan bir tablettir. 4 adet tekerlek ile birlikte hafif kompozit bir dış cepheye sahiptir. Otonom elektrikli araç, donanımsal anlamda sahip olduklarının yanında yazılımsal anlamda bir gömülü sisteme sahiptir (Tablo 5.8.).

Tablo 5.8. Otonom elektrikli araç bileşenleri

Bileşen	Detay
Mobil Uygulama Bağlantısı	IOS ve Android Uyumlu
Kullanıcı Ara yüzü	7" TFT Ekran Dokunmatik
Kontrolcü	DENEYAP Kart
Haberleşme Protokolü	WiFi Protokolü 2.4 ghz, Bluetooth 5.0
Güvenlik Önlemleri	Mesafe Sensörü, Hareket Sensörü, Varlık Sensörü
Kamera	DENEYAP Kamera Çözünürlük: 2 Megapiksel, Maksimum Görüntü Aktarım Hızı: 1600 × 1200 @15fps, SVGA @30fps, CIF @60fps
Uzaktan İzleme ve Kontrol	Bluetooth veya WiFi
Mobil Uygulama Bağlantısı	IOS ve Android Uyumlu

Yapılan araştırmalar neticesinde otonom elektrikli aracın tahmini maliyeti 2000 \$ olarak hesaplanmıştır.

Bilet kontrol ve uçağa biniş alt süreci içerisinde yolcuların uçağa binmeden önce kullandığı otomatik biniş kontrol makinesi bulunmaktadır. Otomatik biniş kontrol makinesinin bileşenleri, bilet ve kimlik/pasaport okuma kısmı, otomatik açılan ve kapanan yolcu geçiş yeridir. Otomatik biniş kontrol makinesi, yazılımsal kapsamda havalimanı ve havayolu sistemleri ile entegre olarak çalışabilmektedir. Araştırmalar neticesinde otomatik biniş kontrol makinesinin maliyeti 1000 \$ olarak tahminlenmiştir.

Karşılaştırma yapılacak benzer modeller konusunda araştırma yapılmıştır. Araştırma neticesinde dünya üzerindeki farklı coğrafyalardan seçilen en iyi üç adet boarding süreci çözümleri mevcuttur. Bunlardan birincisi Avrupa merkezli bir şirket, ikincisi Amerika merkezli bir şirket üçüncü ise Çin merkezli bir teknoloji şirkettir.

Avrupa merkezli teknoloji şirketinin güvenlik alt süreci ile ilgili geliştirdiği otomatik sınır kontrol kapı makinesi çözümü mevcuttur. Otomatik sınır kontrol kapısı, yüz tanıma, parmak izi tarama sistemlerine ve otomatik açılan kapılara sahiptir. Otomatik sınır kontrol kapısının maliyeti yaklaşık 1500 \$ olarak belirtilmiştir.

Bekleme zamanı alt süreci ile ilgili olarak Avrupa merkezli teknoloji firmasının müşteriye sunduğu bütünsel bir mobil çözüm bulunmamaktadır. Havalimanı içerisindeki ekranlar ve havalimanının kendi mobil uygulamasından yönlendirmeleri bulunmaktadır. Bu süreç kapsamında Avrupa merkezli teknoloji firması, havalimanı işletmecileri için mobil uygulamalar geliştirmiştir. Teknoloji firmasının havalimanı işletmecisi olan müşteriye yönelik geliştirdiği bu hizmetin maliyeti yaklaşık olarak 30.000 \$ olarak belirtilmiştir.

Bilet kontrol ve uçağa biniş alt süreci kapsamında Avrupa merkezli teknoloji firma havalimanı işletmecisi olan müşterilerine zeki yolcu biniş makinesi çözümünü sunmaktadır. Zeki yolcu biniş makinesinin bileşenleri yüz tarama, parmak tarama ve bilet okuma kısmıdır. Zeki yolcu biniş makinesinin maliyeti yaklaşık 1100 \$ olarak belirtilmiştir.

Amerika merkezli teknoloji firma havalimanı işletmecisi olan müşterilerine güvenlik alt süreci ile ilgili çözüm olarak akıllı güvenlik sistemlerini sunmaktadır. Akıllı güvenlik sistemlerinin bileşenleri otomatik geçiş sistemi yüz tarama, iris tarama ve parmak tarama kısmıdır. Check-in işleminde biletle eşleşen tarama verilerinden dolayı güvenlik alt süreci kapsamında bilet tarama yapılmamaktadır. Akıllı güvenlik sistemleri cihazı yaklaşık 900 \$ olarak belirtilmiştir.

Bekleme zamanı alt süreci kapsamında, Amerika merkezli teknoloji firma tarafından müşteriye sunulan bir çözüm bulunmamaktadır. Havalimanı işletmelerine sunduğu yolcu takip sistemi ile uçuş vakti geldiğinde check-in yaptırıp uçağa binmeyen yolcuların havalimanında olup olmadığını kameralar ve yüz tarama yöntemi ile takip edebilme imkânı sunmaktadır.

Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci kapsamında Amerika merkezli teknoloji firmasının dijital biniş sistemi çözümü bulunmaktadır. Dijital biniş sisteminde yüz tarama sistemi bulunmaktadır. Yüz tarama sistemi ile yolcuya biniş kartı olmaksızın uçağa biniş olanağı sağlamaktadır. Dijital biniş makinesinin maliyeti 900 \$ olarak belirtilmektedir.

Çin merkezli teknoloji firmasının güvenlik alt süreci ile ilgili yüksek hızlı otomatik kontrol makinesi çözümü bulunmaktadır. Yüksek hızlı otomatik kontrol makinesi, yüz tarama, parmak izi tarama, pasaport tarama kısımlarından oluşmaktadır. Yüksek hızlı otomatik kontrol makinesinin maliyeti yaklaşık 1450 \$ olarak belirtilmektedir.

Bekleme zamanı alt süreci kapsamında Çin merkezli teknoloji firmasının mobil uygulama çözümü bulunmaktadır. Mobil uygulama, havaalanı iç haritasına sahiptir ve görsel olarak navigasyon hizmeti verebilmektedir. Alışveriş yerlerinde çalışanlar olmadan RFID sistemi ile kendi kendine alışveriş imkânı sağlamaktadır. Mobil uygulamanın ve RFID sisteminin maliyeti yaklaşık 75.000 \$ olarak belirtilmiştir.

Bilet kontrol ve uçağa biniş alt süreci kapsamında Çin merkezli teknoloji firmasının hızlı geçiş kapısı sistemi bulunmaktadır. Hızlı geçiş kapısı sistemi, yüz tarama, parmak izi tarama, pasaport tarama ve bilet tarama bileşenlerine sahiptir. Hızlı geçiş kapısı sistemi maliyeti yaklaşık olarak 1300 \$ olarak belirtilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen Boarding 4.0 ile Avrupa merkezli, Amerika merkezli, Çin merkezli teknoloji firmalarının boarding çözümlerinin ekonomik karşılaştırılması Tablo 5.9.'da gösterilmektedir.

Tablo 5.9. Boarding süreci çözümlerinin ekonomik karşılaştırılması

Boarding Süreci	Boarding 4.0	Avrupa merkezli teknoloji firmasının çözümü	Amerika merkezli teknoloji firmasının çözümü	Çin merkezli teknoloji firmasının çözümü
Güvenlik alt süreci	1.200 \$	1.500 \$	900 \$	1.450 \$
Bekleme zamanı alt süreci	52.000 \$	30.000 \$	-	75.000 \$
Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci	1.000 \$	1.100 \$	900 \$	1.300 \$
Toplam	54.200 \$	32.600 \$	1.800 \$	77.750 \$

Boarding 4.0'ın mevcut maliyetine karşın sağladığı faydalar, insan kaynağından sağlanacak tasarruf, müşteri memnuniyetinin sağladığı uzun vadede gelen müşteri sayısının artışı, mobil uygulama aracılığıyla yapılan alışverişlerden alınan kar payları olarak sıralanır. Beş yıllık faydası yaklaşık olarak 150.000 \$'ın üzerinde tahminlenmektedir.

Avrupa merkezli teknoloji firmasının çözümünün mevcut maliyetine karşın sağladığı fayda insan kaynağından sağlanacak tasarruftur. Müşteri memnuniyetinin uzun vadede sağladığı fayda daha azdır. Çünkü bekleme zamanı alt süreci kapsamında sunulan çözümler işletme odaklıdır. Beş yıllık faydası yaklaşık 60.000 \$ olarak tahminlenmektedir.

Amerika merkezli teknoloji firmasının çözümünün mevcut maliyetine karşın sağladığı fayda sadece insan kaynağından sağladığı tasarruftur. Beş yıllık faydası yaklaşık 40.000 \$ olarak tahminlenmektedir.

Çin merkezli teknoloji firmasının çözümünün mevcut maliyetine karşın sağladığı faydalar, insan kaynağından sağladığı tasarruf, müşteri memnuniyetinin uzun vadede geri dönüşü, alışverişlerden alınan kar payları olarak sıralanır. Beş yıllık faydası yaklaşık 125.000 \$ olarak tahminlenmektedir.

Geliştirilen Boarding 4.0 sistemi ile dünya üzerindeki en iyi uygulamalardan üçü ile maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Çin merkezli teknoloji firmasının boarding sistemi çözümü 77.500 \$ ile en maliyetli sistemdir. Bekleme zamanı alt süreci için bir

çözümü bulunmayan Amerika merkezli teknoloji firmasının sistemi dışarıda bırakılırsa Avrupa merkezli teknoloji firmasının çözümü en az maliyetli sistemdir.

Geliştirilen Boarding 4.0 sistemi ile dünya üzerindeki en iyi uygulamalar (Avrupa, Amerika, Çin merkezli teknoloji firmalarının çözümleri) ile kıyaslanarak avantaj-dezavantaj açısından değerlendirilmiştir (Tablo 5.10.).

Tablo 5.10. Boarding 4.0 sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu

Boarding Süreci	Boarding 4.0	
	Avantaj	Dezavantaj
Güvenlik alt süreci	Geliştirilen çözüm bütünsel olarak sunulmakta, ilgili alt süreçteki veriler ile diğer alt süreçlere iletilmekte	-
Bekleme zamanı alt süreci	Otonom elektrikli araç hizmeti, mobil uygulamanın özellikleri	Geliştirme maliyeti
Bilet kontrol ve uçağa biniş alt süreci	Geliştirilen çözüm bütünsel olarak sunulmakta, ilgili alt süreçteki veriler ile diğer alt süreçlere iletilmekte	-

Geliştirilen Boarding 4.0 sistemi diğer uygulamalardan farklı olarak entegre bir çözüm sunmaktadır. Güvenlik alt süreci, bekleme zamanı alt süreci, bilet kontrol ve uçağa biniş alt süreci kapsamında geliştirilen tüm teknolojiler birbiri ile iletişim halindedir. Avrupa, Amerika ve Çin merkezli teknoloji firmaların çözümleri ayrı ayrı olarak sunulmaktadır.

Boarding 4.0 sisteminin bekleme zamanı alt süreci ile ilgili sunduğu otonom elektrikli araç sistemi benzersizdir. Karşılaştırılan diğer uygulamalarda bulunmamaktadır. Aynı alt süreç kapsamında sunulan B4MA uygulamasının online alışveriş, QR code ile ürün alma, sanal bot ile ses konutuyla yönlendirme özellikleri diğer firmaların çözümlerinden farklılık oluşturmaktadır.

Avrupa merkezli teknoloji firmasının sistemi ile geliştirilen Boarding 4.0 sistemi ve dünya üzerindeki en iyi diğer uygulamalar (Amerika ve Çin merkezli teknoloji firmalarının çözümleri) ile kıyaslanarak avantaj-dezavantaj açısından değerlendirilmiştir (Tablo 5.11.).

Tablo 5.11. Avrupa merkezli teknoloji firmasının sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu

Boarding Süreci	Avrupa merkezli teknoloji firmasının çözümü	
	Avantaj	Dezavantaj
Güvenlik alt süreci	-	-
Bekleme zamanı alt süreci	Müşteri için yönlendirme sağlayan mobil uygulama ve ekranlar	Geliştirme maliyeti, müşteri yerine işletme için sunulan kapsamlı mobil uygulama
Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci	-	-

Avrupa merkezli teknoloji firmasının çözümü güvenlik alt süreci kapsamında diğer uygulamalarla benzerlik göstermektedir. Bunun için herhangi bir avantajı ve dezavantajı bulunmamaktadır.

Bekleme zamanı alt süreci kapsamında Avrupa merkezli teknoloji firmasının çözümünün avantajı geliştirilen mobil uygulamanın sağladığı yönlendirme ekranlarıdır. Geliştirilen mobil uygulamaların dezavantajı, müşteri odaklı değil havalimanı işletmeleri odaklı olmasıdır.

Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci kapsamında Avrupa merkezli teknoloji firmasının çözümü diğer uygulamalarla benzerlik göstermektedir. Bunun için herhangi bir avantajı ve dezavantajı bulunmamaktadır.

Amerika merkezli teknoloji firmasının sistemi ile geliştirilen Boarding 4.0 sistemi ve dünya üzerindeki en iyi diğer uygulamalar (Avrupa ve Çin merkezli teknoloji firmalarının çözümleri) ile kıyaslanarak avantaj-dezavantaj açısından değerlendirilmiştir (Tablo 5.12.).

Tablo 5.12. Amerika merkezli teknoloji firmasının sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu

Boarding Süreci	Amerika merkezli teknoloji firmasının çözümü	
	Avantaj	Dezavantaj
Güvenlik alt süreci	İris tarama, bilet tarama bulunmamakta, daha az maliyet	-
Bekleme zamanı alt süreci	-	Müşteri için sunulan bir çözüm bulunmamakta
Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci	Daha az maliyet	

Amerika merkezli teknoloji firmasının güvenlik alt süreci kapsamında sunduğu sistemde avantaj olarak iris tarama bulunmaktadır. Bilet tarama faaliyeti, check-in sürecinde yapıldığı için bu aşamada bu faaliyet yapılmamakta ve vakit kazancı sağlanmaktadır.

Bekleme zamanı alt süreci kapsamında müşteriler için sunulan bir uygulama bulunmamaktadır. Bu da Amerika merkezli teknoloji firmasının çözümünün dezavantajlarından biridir.

Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci kapsamında ise Amerika merkezli teknoloji firmasının sunduğu çözüm diğer firmaların sunduğu çözümlerle benzerlik göstermektedir. Avantajlı tarafı ise daha az maliyete sahip olmasıdır.

Diğer boarding çözümlerinden biri olan, Çin merkezli teknoloji firmasının sistemi ile geliştirilen Boarding 4.0 sistemi ve dünya üzerindeki en iyi diğer uygulamalar (Avrupa, Amerika merkezli teknoloji firmalarının çözümleri) ile kıyaslanarak avantaj-dezavantaj açısından değerlendirilmiştir (Tablo 5.13.).

Tablo 5.13. Çin merkezli teknoloji firmasının sisteminin avantaj-dezavantaj tablosu

Boarding Süreci	Çin merkezli teknoloji firmasının çözümü	
	Avantaj	Dezavantaj
Güvenlik alt süreci	Yüksek hızlı sistem	Daha yüksek maliyet
Bekleme zamanı alt süreci	Navigasyon mobil uygulaması, RFID alışveriş sistemi	Daha yüksek maliyet
Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci	Yüksek hızlı sistem	Daha yüksek maliyet

Çin merkezli teknoloji firmasının güvenlik alt süreci kapsamında sunduğu çözümün avantajı, diğer uygulamaların sunduğu otomatik geçiş makineleri kıyasla dakikada ortalama 10-15 kişi daha fazla geçiş işlemi yapabilmektedir. Dezavantaj olarak ise diğer uygulamalardan daha fazla yatırım maliyetine sahiptir.

Bekleme zamanı alt süreci kapsamında Çin merkezli teknoloji firmasının sunduğu çözümün avantajı, görsel iç mekân navigasyon özelliğine sahip mobil uygulama ile,

RFID entegreli kendi kendine alışveriş imkânı değerlendirilebilir. Dezavantaj olarak ise diğer uygulamalardan daha fazla yatırım maliyetine sahip olmasıdır.

Bilet kontrol ve uçağa binış alt süreci kapsamında diğer firmaların çözümüne göre yüksek hızlı geçiş sağlaması avantaj olarak değerlendirilirken, daha fazla maliyete sahip olması dezavantaj olarak değerlendirilmektedir.

Boarding 4.0 sistemi tüm boarding sürecini kapsamakta ve bütünsellik içermektedir. Bekleme zamanı alt süreci kapsamında sunulan B4MA entegreli otonom elektrikli aracın bir benzeri diğer uygulamaların hiçbirinde yoktur. Ayrıca B4MA uygulaması online sipariş, online alışveriş, sanal bot ile sesli komuta sahip olması geliştirilen sistemi diğerlerinden farklılaştırmaktadır.

Boarding 4.0 sistemi ile Amerika, Avrupa, Çin merkezli teknoloji firmalarının sunduğu boarding çözümleri bulanık AHP yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Kriterler Bölüm 3'te belirtilen Boarding 4.0 ile klasik boarding sürecinin karşılaştırılmasında kullanılan kriterlerdir.

Tablo 5.14. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için değerlendirme faktörleri matrisi

	Ekonomi			Teknik			Operasyon		
Ekonomi	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
Teknik	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Operasyon	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00

Bulanık AHP hesaplama yönteminin ilk adımı olan kriter karşılaştırma matrisi Tablo 5.14.'te gösterilmektedir.

Tablo 5.15. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için geometrik ortalama tablosu

	Geometrik ortalama		
Ekonomi	2,00	2,47	2,88
Teknik	0,79	1,00	1,26
Operasyon	0,35	0,41	0,50
Toplam	3,14	3,87	4,64
Orantı	0,32	0,26	0,22
Artan sıralı	0,22	0,26	0,32

Kriterlerin geometrik ortalama hesaplamaları Tablo 5.15.'te gösterilmektedir.

Tablo 5.16. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için kriterlerin normalleştirilmiş değerler tablosu

	Bulanık ağırlık			Ortalama	Normalleştirilmiş
Ekonomi	0,43	0,64	0,92	0,66	0,63
Teknik	0,17	0,26	0,40	0,28	0,26
Operasyon	0,07	0,10	0,16	0,11	0,11
				1,05	1,00

Kriterlerin normalleştirilmiş değerler tablosu Tablo 5.16.'da gösterilmektedir.

Bulanık AHP yöntemi hesaplamaları sonucunda değerlendirme kriterlerinin Boarding 4.0 sistemi ile Amerika, Avrupa, Çin merkezli teknoloji firmalarının sunduğu boarding çözümlerinin sonuçları hesaplanmıştır (Tablo 5.17.).

Tablo 5.17. Mevcut uygulamalar ile karşılaştırma için bulanık AHP hesaplama sonucu

	Boarding 4.0	Amerika	Avrupa	Çin
Ekonomi	0,029	0,136	0,065	0,014
Teknik	0,136	0,029	0,014	0,065
Operasyon	0,134	0,018	0,061	0,031
	0,299	0,184	0,140	0,110

Sektör uzmanlarının Boarding 4.0 sistemi ile Amerika, Avrupa, Çin merkezli teknoloji firmalarının sunduğu boarding çözümleri arasında ekonomi, teknik ve operasyon açısından dilsel olarak yaptığı değerlendirme bulanık AHP yöntemiyle hesaplanmıştır. Sonuç olarak Nesnelerin interneti tabanlı tasarlanan Boarding 4.0, karşılaştırılan diğer firmaların boarding çözümlerinden daha faydalı olacağına ulaşılmıştır.

BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE SONUÇ

6.1. Boarding 4.0 Modeli İçin Tartışma ve Sonuç

Sonuç olarak yolcuların havalimanında en çok vakit geçirdikleri süreç uçağa binış sürecidir. Dolayısıyla bu süreçte yapılacak iyileştirmeler doğrudan yolcuya yansiyacaktır. Ancak zaman, ekipman, iş gücü gibi sınırlı kaynakların daha verimli kullanılması, maliyetlerin minimize edilmesinde önemlidir. Bu çalışmada, Endüstri 4.0 teknolojilerinden biri olan Nesnelerin İnterneti teknolojisi ile klasik boarding süreci yeniden tasarlanmıştır. Geliştirilen Boarding 4.0 Modelinin mimari yapısı oluşturulmuş, alt süreç ve faaliyetler detaylı olarak anlatılmıştır. Ayrıca Boarding 4.0 kapsamında "Boarding 4.0 Mobil Asistan" ve "Otonom Elektrikli Araç" geliştirilmiştir. Havacılık sektöründeki uzmanlardan gerekli bilgiler alınarak geliştirilen Boarding 4.0 Modeli hem yolculara hem de havalimanı ve havayolu şirketlerine faydası ortaya konulmuştur. Yolcular tüm ihtiyaçlarını hızlı ve güvenilir bir şekilde karşılayacaktır. Böylece süreçlerin dijitalleşmesi artırılarak daha hızlı hizmet sunumu sağlanacak, müşteri odaklı hizmet anlayışı geliştirilecektir.

Bulanık AHP ile yapılan değerlendirme sonucunda Boarding 4.0'ın klasik boarding sürecine göre daha avantajlı olduğu belirlendi. Ayrıca boarding sürecindeki alt faaliyetlerin toplam süresi hesaplandığında, bir yolcunun binış işlemleri klasik boarding sürecinde ile 50 dakika, Boarding 4.0 ile 20 dakika sürmektedir. Böylece Boarding 4.0 kullanıldığında yolcu 30 dakika kazanmaktadır. Ayrıca havalimanının mevcut kapasitesi ile ilgili kıyaslama yapıldığında klasik boarding süreci ile iki yolcu, Boarding 4.0 ile beş yolcu ağırlanmaktadır. Bu kazanım, kaynakların verimli kullanılması açısından havalimanları için önemlidir.

Klasik boarding süreci ile uzman görüşü yöntemi kullanılarak kazanımları ortaya koyulan Boarding 4.0 sistemi bu çalışma kapsamında değerlendirilen Avrupa, Amerika ve Çin merkezli teknoloji firmaların boarding çözümleri ile de hem maliyet hem de fonksiyonel olarak kıyaslanmıştır.

Ayrıca Boarding 4.0 sistemi dünya üzerindeki en iyi uygulamalar bu çalışma kapsamında değerlendirilen Avrupa, Amerika ve Çin merkezli teknoloji firmaların boarding çözümleri sektör uzmanları tarafından değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme bulanık AHP yöntemiyle hesaplanmıştır.

Boarding sürecinin tüm alt süreçlerini kapsayacak bütünsel bir sistem sunan Boarding 4.0 Avrupa, Amerika ve Çin merkezli teknoloji firmaların sunduğu çözümlerden daha öne çıkmaktadır. Havayolu taşımacılığının boarding sürecinin daha fazla katma değerli hale getirebileceği ortaya konmuştur.

6.2. Gelecek Çalışma

Havayolu taşımacılığının boarding sürecini kapsayacak şekilde geliştirilen Boarding 4.0 sisteminin gelecek çalışması için güvenlik alt sürecindeki X-ray ile tarama sürecinin hızlanması için yeni teknolojiler kullanılarak yapay zeka içeren, yolcu ve bagajı otomatik tarayan bir sistem geliştirilecektir.

Ayrıca operasyonun diğer süreçlerinin de teknoloji dönüşümü planlanmaktadır.

Boarding süreci öncesinde yolcu havalimanına giriş yaptıktan sonra check-in işlemi yapmakta varsa bagajını teslim etmektedir. Planlanan gelecek çalışmada ilgili faaliyetlerin Boarding 4.0 sistemine uyum sağlayacak şekilde iyileştirmeler ve geliştirmeler yapılması planlanmaktadır.

Check-in süreci kapsamında yolcular otomatik check-in makineleri ile ilgili faaliyetleri gerçekleştirebilecek, bagaj işlemlerini de kendi kendilerine otomatik

makineler sayesinde gerçekleştirebilecektir. Planlanan bu faaliyetlerdeki veriler boarding 4.0 sistemiyle entegre olacak, veri alışverişinde bulunacaktır.

Check-in sürecine başlarken havalimanında verilecek olan akıllı saatleri yolcular kullanabilecektir. Akıllı saatler yolcuya havalimanındaki tüm faaliyetlerinde check-in sürecinden uçağa binış işlemine kadar dijital asistanlık yapabilecektir.

Akıllı saatler sesli komut ile yönetilebilecek, B4MA uygulaması ile entegre olarak çalışabilecektir.

Böylece yolcunun havalimanındaki tüm süreçlerde Endüstri 4.0 teknolojisinden faydalanılarak dijital bir dönüşüm gerçekleştirilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbasi, M., Yaghmaee, M. H., Rahnama, F., (2019), "Internet of Things in agriculture: A survey", Third International Conference on Internet of Things and Applications, University of Isfahan, Isfahan, Iran, ISBN: 978-1-7281-3477-2.
- Ahmed, M., S., (2021), "Designing of internet of things for real time system", Materials Today: Proceeding.
- Alaoui, E. A., Teouabou S. C. K., Gallais A., Agoujl S., (2020). "DTN Routing Hierarchical Topology for the Internet of Things", Procedia Computer Science 170 490–497.
- Albers, A., Stürmlinger, T., Mandel, C., Wang, J., Frutos, M. B, Behrendt, M., (2019). "Identification of potentials in the context of Design for Industry 4.0 and modelling of interdependencies between product and production process", Procedia CIRP 84 100–105.
- Alcacer, V., & Cruz-Machado, V., (2019). "Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems", Engineering Science and Technology, an International Journal 22 899–919.
- Alharthi. A., Lipscomb, M., Tanik, M. M., (2019). "Internet of Things (IoT) in Enterprise Systems for Process Improvement: A case study in home security," IEEE Southeast Conference, 11-14 April, Huntsville, AL., USA, DOI: 10.1109/SoutheastCon42311.2019.9020487.
- AlMashari, R., AlJurbua, G., AlHoshan, L., Al Saud, N. S., Binsaeed, O., Nasser, N., (2018). "IoT-based Smart Airport Solution," ISBN: 978-1-5386-9202-8/18.
- Alodhaibi, S., Burdett, R. L., Yarlagadda, P. K. D. V., (2019). "Impact of Passenger-Arrival Patterns in Outbound Processes of Airports," Procedia Manufacturing 30 323–330.
- Alqahtani, A.Y., Gupta, S. M., Nakashima, K., (2019). "Warranty and maintenance analysis of sensor embedded products using internet of things in industry 4.0", International Journal of Production Economics, 208, 483-499.
- Anjanamma, C., & Rao, N., S., (2020), "An internet of things (IoT) system development and implementation of data analytics in agriculture production safety enhancement", Materials Today: Proceeding.
- Atik, H., & Unlu, F., (2019). "The Measurement of Industry 4.0 Performance through Industry 4.0 Index: An Empirical Investigation for Turkey and European Countries", Procedia Computer Science 158 852–860.

- Bal, H. Ç., & Erkan, Ç., (2019). "Industry 4.0 and Competitiveness", *Procedia Computer Science* 158 625–631.
- Baloescu, C., Kinsman, J., Ravi, S., Parwani, V., Sangal, R., B., Ulrich, A., Venkatesh, A., K., (2021), "The cost of waiting: Association of ED boarding with hospitalization costs", *American Journal of Emergency Medicine* 40 169–172.
- Bansal, B., & Sharma, M., (2019), "Client-side Verification Framework for Offline Architecture of IoT," *Proceedings of the Third International Conference on Electronics Communication and Aerospace Technology [ICECA]* IEEE Conference Record # 45616; IEEE Xplore ISBN: 978-1-7281-0167-5.
- Büchi, G., Cugno, M., Castagnoli, R., (2020). "Smart factory performance and Industry 4.0", *Technological Forecasting & Social Change* 150 119790.
- Bulut, E., & Akçacı, T., (2017). "Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi", *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM - UHAD)* ASSAM International Refereed Journal Sayı: 7.
- Bunse, B., (2016). "Industry: Based on "German Industry 4.0" report. *Journal of Applied Business and Economics*, 18, 40–50.
- Buran, B., & Erçek, M., (2022). "Public transportation business model evaluation with Spherical and Intuitionistic Fuzzy AHP and sensitivity analysis", *Expert Systems with Applications*, vol. 204, 117519.
- Büyüközkan, G., Havle, C. A., Feyzioğlu, O., (2021), "An integrated SWOT based fuzzy AHP and fuzzy MARCOS methodology for digital transformation strategy analysis in airline industry", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 97, 102142.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O., Havle, C. A., (2019), "Intuitionistic Fuzzy AHP Based Strategic Analysis of Service Quality in Digital Hospitality Industry", *IFAC-PapersOnLine*, Volume 52, Issue 13, Pages 1687-1692.
- Chen, F., Peng, H., Ding, W., Ma, X., Tang, D., Ye, Y., (2021), "Customized bus passenger boarding and deboarding planning optimization model with the least number of contacts between passengers during COVID-19", *Physica A* 582 126244.
- Cheng, F., & Wang, Y., (2021), "Research and application of 3D visualization and Internet of Things technology in urban land use efficiency management", *Displays* 69 102050.
- Choi, W., Kim, J., Lee, S., Park, E., (2021), "Smart home and internet of things: A bibliometric study", *Journal of Cleaner Production* 301 126908.
- Chou, C., Tsai, C., Wong, C., (2020), "A study on boarding facilities on wharves and ships for disabled and elderly passengers using public shipping transport", *Journal of Transport & Health* Volume 18, 100895.
- Côrte-Real, N., Ruivo, P., Oliveira, T., (2020). "Leveraging internet of things and big data analytics initiatives in European and American firms: Is data quality a way to extract business value?," *Information & Management*, 57, 103-141.

- Dachyar, M., Zagloel, T. Y. M., Saragih, L. R., (2019), "Knowledge growth and development: internet of things (IoT) research, 2006–2018", *Heliyon* 5 e02264.
- Daribay, A., Serikova, A., Ukaegbu, I. A., (2019). "Industry 4.0: Kazakhstan Industrialization Needs a Global Perspective", *Procedia Computer Science* 151 903–908.
- Elijah, O., Abdul Rahman, T., Orikumhi, I., Leow, C. Y., Hindia, M. N., (2018), "An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges", *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 5, No. 5.
- Erden, E., (2022), "Bulanik Ahp İle Karar Verme: Masaüstü Bilgisayar Seçimi İle İlgili Örnek Bir Ölçek", *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., Ayala, N. F., (2019). "Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies", *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26.
- Frustaci, M., Pace, P., Aloï, G., Fortino, G., (2018). "Evaluating Critical Security Issues of the IoT World: Present and Future Challenges", *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 5, No. 4, August.
- Gabaçlı, N., & Uzunöz, M., (2017). "IV. Industrial Revolution: Industry 4.0 and Automotive Sector", 3rd International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS), 09-11 November.
- Garg, K., Goswami, C., Chhatrawat, R., S., Dhakar, S., K., Kumar, G., (2021), "Internet of things in manufacturing: A review", *Materials Today: Proceeding*.
- Gotarane, V., & Raskar, S., (2019), "IoT Practices in Military Applications", *Proceedings of the Third International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI) IEEE Xplore Part Number: CFP19J32-ART; ISBN: 978-1-5386-9439-8*.
- Hadj Sassi, M. S., Jedidi, F. G., Fourati, L. C., (2019). "A New Architecture for Cognitive Internet of Things and Big Data", *Procedia Computer Science* 159 534-543.
- He, M., & Shi, J., (2021), "Circulation traceability system of Chinese herbal medicine supply chain based on internet of things agricultural sensor", *Sustainable Computing: Informatics and Systems* 30 100518.
- He, Z., Hu, J., Park, B. B., Levin, M. W., (2019), "Vehicle sensor data-based transportation research: Modeling, analysis, and management", *Technology, Planning, and Operations Volume 23*.
- Henao-Hernández, I., Solano-Charris, E. L., Muñoz-Villamizar, A., Santos, J., Henriquez-Machado, R., (2019). "Control and monitoring for sustainable manufacturing in the Industry 4.0: A literature review", *IFAC PapersOnLine* 52-10 195–200.
- Horváth, D., & Szabó, R. Z., (2019). "Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?", *Technological Forecasting & Social Change* 146 119–132.

- Hu, R., Guo, Y., Li, H., Pei, Q., Gong, Y., (2020), "Personalized Federated Learning With Differential Privacy", *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 7, No. 10.
- Hughes-Lartey, K., Li, M., Botchey, F., E., Qin, Z., (2021), "Human factor, a critical weak point in the information security of an organization's Internet of things", *Heliyon* 7 e06522.
- Huifeng, W., Kadry, S. N., Raj, E. D., (2020), "Continuous health monitoring of sportsperson using IoT devices based wearable technology", *Computer Communications*, Volume 160, Pages 588-595.
- Ju, S., Sun, Y., Su, Y., (2021), "Internet of things smart medical system and nursing intervention of glucocorticoid drug use", *Microprocessors and Microsystems* 83 104008.
- Kang, K. D., Kang, H., Ilankoon, I. M. S. K., Chong, C. Y., (2020), "Electronic waste collection systems using Internet of Things (IoT): Household electronic waste management in Malaysia", *Journal of Cleaner Production*, Volume 252, 119801.
- Khadonova, S. V., Ufimtsev, A. V., Dymkova, S. S., (2020), "'Digital Smart Airport' System Based on Innovative Navigation and Information Technologies", ISBN: 978-0-7381-3074-3/20.
- Kiel, D., Arnold, C., Voigt, K., (2017). "The influence of the Industrial Internet of Things on business models of established manufacturing companies – A business level perspective", *Technovation* Volume 68, Pages 4-19.
- Kierzkowski, A., & Kisiel, T., (2017). "The Human Factor in the Passenger Boarding Process at the Airport", *Procedia Engineering* 187 348 – 355.
- Kisiel T., (2020). "Resilience of passenger boarding strategies to priority fares offered by airlines", *Journal of Air Transport Management*, Volume 87, 101853.
- Kraft, C., M., Morea, P., Teresi, B., Platts-Mills, T., F., Blazer, N., L., Brice, J., H., Strain, A., K., (2020), "Characteristics, clinical care, and disposition barriers for mental health patients boarding in the emergency department", *American Journal of Emergency Medicine*.
- Kuar, J., Santhoshkumar, N., Nomani, M., Z., M., Sharma, D., K., Maroor, J., P., Dhiman, V., (2021), "Impact of Internets of Things (IoT) in retail sector", *Materials Today: Proceeding*.
- Lee, J. H., Phaal, R., Lee, S., (2013), "An integrated service-device-technology roadmap for smart city development", *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 80, Issue 2, Pages 286-306.
- Lei, N., (2021), "Intelligent logistics scheduling model and algorithm based on Internet of Things technology", *Alexandria Engineering Journal*.
- Leloglu E. (2016). "A Review of Security Concerns in Internet of Things", *Journal of Computer and Communications*, 5, 121–136.
- Li, C., & Deng, Z. W., (2020). "The Embedded modules solution of household Internet of Things System and the Future Development", *Procedia Computer Science* 166 350–356.

- Li, C., Yang, R., Chen, L., Tang, T., (2021), "A boarding model for heterogeneous passengers on the platform of high-speed railway station", *Simulation Modelling Practice and Theory* Volume 106, 102188.
- Li, D., Landström, A., Fast-Berglund, A., Almström, P., (2019), "Human-Centred Dissemination of Data, Information and Knowledge in Industry 4.0", *Procedia CIRP* 84 380–386.
- Li, Z., Lo, S. M., Ma, J., Luo, X. W., (2020), "A study on passengers' alighting and boarding process at metro platform by computer simulation", *Transportation Research Part A: Policy and Practice* Volume 132, Pages 840-854.
- Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., Zhao, W., (2017). "A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications", *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 4, No. 5.
- Liu, Y., Yu, J. J. Q., Kang, J., Niyato, D., Zhang, S., (2020), "Privacy-Preserving Traffic Flow Prediction: A Federated Learning Approach", *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 7, No. 8.
- Mariyaprinacy, A., & Samiappan, D., (2020), "Analysis of Internet of Things enabled by artificial intelligence for automatic based model in educational institution", *Materials Today: Proceeding*.
- Maretto, L., Faccio, M., Battini, D., (2022), "A Multi-Criteria Decision-Making Model Based on Fuzzy Logic and AHP for the Selection of Digital Technologies), *IFAC-PapersOnLine*, Volume 55, Issue 2, Pages 319-324.
- Meneghello, F., Calore, M., Zucchetto, D., Polese, M., Zanella, A., (2019). "IoT: Internet of Threats? A Survey of Practical Security Vulnerabilities in Real IoT Devices", *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 6, No. 5.
- Milne, R. J., & Kelly, A. R., (2014). "A new method for boarding passengers onto an airplane", *Journal of Air Transport Management* 34 93 -100.
- Milne, R. J., Delcea, C., Cotfas, L., Salari, M., (2019), "New methods for two-door airplane boarding using apron buses", *Journal of Air Transport Management* Volume 80, 101705W.-K.
- Milne, R., J., Delcea, C., Cotfas, L., (2021), "Airplane boarding methods that reduce risk from COVID-19" *Safety Science* 134 10506.
- Mira, M., Jeridi, M. H., Djabour, D., Ezzedine, T., (2018), "Optimization of IoT Routing Based on Machine Learning Techniques. Case Study of Passenger Flow Control in Airport 3.0", ISBN: 978-1-5386-9131-1/18.
- Mogos, M. F., Eleftheriadis, R. J., Myklebust, O., (2019). "Enablers and inhibitors of Industry 4.0: results from a survey of industrial companies in Norway", *Procedia CIRP* 81 624–629.
- Nesbitt, J., Mitarai, T., Chan, G., K., Wilson, J., G., Nikman, K., Nudelman, M., J., R., Cinkowaski, C., (2021), "Effect of emergency critical care nurses and emergency department boarding time on in-hospital mortality in critically ill patients", *American Journal of Emergency Medicine* 41 120–124.

- Özbey, A. U., (2022), “Bulanık AHP ve bulanık TOPSIS kullanarak alt yüklenici seçim kararını iyileştirme”, Doğu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, sayfa. 36.
- Oztemel, E., & Gursev, S., (2020). “Literature review of Industry 4.0 and related Technologies”, *Journal of Intelligent Manufacturing* <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>.
- Pate, J., & Adegbiya, T., (2018), “AMELIA: An Application of the Internet of Things for Aviation Safety”, 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), ISBN: 978-1-5386-4790-5/18.
- Pavithra, B., Suchitra, S., Subbulakshmi, P., Faustina, J. M., (2019), “RFID based Smart Automatic Vehicle Management System for Healthcare Applications”, *Proceedings of the Third International Conference on Electronics Communication and Aerospace Technology [ICECA] IEEE Conference Record # 45616; IEEE Xplore ISBN: 978-1-7281-0167-5*.
- Prada, E. J. A., (2020), “The Internet of Things (IoT) in pain assessment and management: An overview”, *Informatics in Medicine Unlocked* 18 100298.
- Quan, F., Mingming, Z., Hu, S., Yuhang, C., (2021), “Research on data fusion scheme of power internet of things based on cloud and NFV”, *Procedia Computer Science* 183 115–119.
- Raina, A., & Palaniswami, M., (2021), “The ownership challenge in the Internet of things world”, *Technology in Society*, 65 101597.
- Razavi, M., Hamidkhani, M., Sadeghi, R., (2019), "Smart Traffic Light Scheduling in Smart City Using Image and Video Processing", *Third International Conference on Internet of Things and Applications*, University of Isfahan, Isfahan, Iran, ISBN: 978-1-7281-3477-2/19.
- Ren, X., Zhou, X., Xu, X., (2020). “A new model of luggage storage time while boarding an airplane: An experimental test”, *Journal of Air Transport Management*, Volume 84, 101761.
- Saha, G., Singh, R., Saini, S., (2019), “A survey Paper on the impact of ‘Internet of things’ in Healthcare”, *Proceedings of the Third International Conference on Electronics Communication and Aerospace Technology [ICECA] IEEE Conference Record # 45616; IEEE Xplore ISBN: 978-1-7281-0167-5*.
- Schultz, M., & Soolaki, M., (2021), “Analytical approach to solve the problem of aircraft passenger boarding during the coronavirus pandemic”, *Transportation Research Part C* 124 102931.
- Schwab K., (2016). “The Fourth Industrial Revolution”, World Economic Forum, Geneva, Switzerland.
- Sharma, K., & Nandal, R., (2019). “A Literature Study On Machine Learning Fusion With IoT”, *Proceedings of the Third International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI) IEEE Xplore Part Number: CFP19J32-ART; ISBN: 978-1-5386-9439-8*.

- Sun, W., Schmöcker, J., Fukuda, K., (2021), “Estimating the route-level passenger demand profile from bus dwell times”, *Transportation Research Part C* 130 103273.
- Suresh, M., Kumar, P. S., Sundararajan, T. V. P., (2015), “IoT Based Airport Parking System”, *IEEE Sponsored 2nd International Conference on Innovations in Information Embedded and Communication Systems ICIIECS'15*, ISBN: 978-1-4799-6818-3/15.
- Thomasian, N., M., & Adashi, E., Y., (2021), “Cybersecurity in the Internet of Medical Things”, *Health Policy and Technology* 10 100549.
- Unver, C., (2010), “Tedarikçi seçimine bulanık AHP yaklaşımı ve bir uygulama”, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, sayfa. 42.
- Villa-Henriksen, A., Edwards, G. T. C., Pesonen, L. A., Green, O., Sorensen, C. A. G., (2020), “Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential”, *Biosystem Engineering* 191 60-84, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.12.013>.
- Wanasinghe, T., Gosine, R. G., James, L. A., Mann, G. K. I., Silva, O., Warrian, P. J., (2020), “The Internet of Things in the Oil and Gas Industry: A Systematic Review”, *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 7, No. 9.
- Wang, C., Gou, J., Shen, A., (2020), “Sensitivity analysis of censoring data from component failure analysis and reliability evaluation for the aviation internet of things”, *Computer Communications* Volume 157, Pages 28-37.
- Wang, Y., Xu, L., Solangi, Y. A., (2020), “Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT-Fuzzy AHP approach”, *Sustainable Cities and Society*, Volume 52, 101861.
- Wen, C., Yang J., Gan, L., Pan, Y., (2021), “Big data driven Internet of Things for credit evaluation and early warning in finance”, *Future Generation Computer Systems*, 124 295-307.
- Wu, J., & Xiao, J., (2021), “Development path based on the equalization of public services under the management mode of the Internet of Things”, *Spocio-Economic Planning Sciences*.
- Xu, B., & Li, C., (2021), “Influencing factors of college students' entrepreneurial ecosystem based on the internet of things and embedded systems”, *Microprocessors and Microsystems* 81 103694.
- Yang, Y., Wu, L., Yin, G., Li, L., Zhao, H., (2017). “A Survey on Security and Privacy Issues in Internet-of-Things”, *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 4, No. 5.
- Yap, M., & Cats, O., (2021), “Taking the path less travelled: Valuation of denied boarding in crowded public transport systems”, *Transportation Research Part A* 147 1–13.
- Zanelli, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., Zorzi, M., (2014), “Internet of Things for Smart Cities”, *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 1, No. 1.

- Zeineddine, H., (2021), “Reducing the effect of passengers’ non-compliance with aircraft boarding rules”, *Journal of Air Transport Management* 92 102041.
- Zhang, X., & Wang, Y., (2021), “Research on prepaid account financing model based on embedded system and Internet of Things”, *Microprocessors and Microsystems* 82 103935.
- Zhu, Z., Bai, Y., Dai, W., Liu, D., Hu, Y., (2021), “Quality of e-commerce agricultural products and the safety of the ecological environment of the origin based on 5G Internet of Things technology”, *Environmental Technology & Innovation* 22 101462.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tolga MEMİKA

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Doktora	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği	2015
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Endüstri Mühendisliği	2013
Lise	Vefa Anadolu Lisesi	2008

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	THY A.O.	Mühendis

YABANCI DİL

İngilizce

ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

1. Memika, T., Korkusuz Polat, T., “Internet of Things Supported Airport Boarding System and Evaluation with Fuzzy”, Intelligent Automation & Soft Computing, vol.35, no.3, DOI: 10.32604/iasc.2023.026955, 2023.
2. Memika, T., Korkusuz Polat, T., “Lean Education System: A Case Study”, Conference: 16th International Academic Conference – IISES At: Amsterdam, DOI:10.20472/IAC.2015.016.051, 2015.

HOBİLER

Tarih belgeselleri izlemek, futbol oynamak, seyahat etmek.

