

**MOBİL BULUT ORTAMLARINDA YÜK DAĞITIMI İÇİN BAĞLAM-DUYARLI
BİR KARAR VERME SİSTEMİ**

Mustafa TANRIVERDİ

**DOKTORA TEZİ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2017

Mustafa TANRIVERDİ tarafından hazırlanan “MOBİL BULUT ORTAMLARINDA YÜK DAĞITIMI İÇİN BAĞLAM-DUYARLI BİR KARAR VERME SİSTEMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~.....

Başkan: Prof. Dr. Erdoğan DOĞDU

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~.....

Üye: Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ

Fizik Öğretmenliği Bölümü, Gazi Üniversitesi

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~.....

Üye: Prof. Dr. Bilal TOKLU

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~.....

Üye: Doç. Dr. Fatih DEMİRCİ

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, TOBB ETÜ

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~.....

Tez Savunma Tarihi: 20/09/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Bünyamin CİYLAN
Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tezin içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa TANRIVERDİ

20/09/2017

MOBİL BULUT ORTAMLARINDA YÜK DAĞITIMI İÇİN BAĞLAM-DUYARLI BİR KARAR VERME SİSTEMİ

(Doktora Tezi)

Mustafa TANRIVERDİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Eylül 2017

ÖZET

Son yıllarda mobil cihaz kullanımının hızla yaygınlaşmasıyla birlikte bazı problemler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bunlardan en önemlileri, mobil cihazların pil ömrünün kısa olması ve bu cihazların bazı durumlarda işlem gücü ve veri depolama kapasitesi bakımından yetersiz kalabilmesidir. Bu sorunları çözmek için, uygun koşullar oluştuğunda, mobil aygıtların çalışacağı karmaşık işler bulut ortamına aktarılabilir. Ancak bir işin hangi şartlar altında bulut ortamına aktarılacağına karar verilmesi çok önemlidir. Bu tez çalışmasında, mobil bulut ortamlarına iş aktarımı için bağlam duyarlı bir karar verme sistemi geliştirilmiştir. Ek bir donanıma gerek kalmadan PowerTutor uygulaması özelleştirilip geliştirilen uygulamaya entegre edilerek mobil cihazlar üzerinde anlık güç ölçümü yapılmıştır. Geliştirilen sistem, mobil cihaz kullanıcıları ile bir ay boyunca gerçek ortamda uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar, gelişmiş karar destek sistemi kullanıldığında, işlerin daha kısa sürede tamamlandığını ve daha düşük enerjiye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Bilim Kodu : 114607
Anahtar Sözcükler : Mobil bulut bilişim, mobil bulut yük dağıtımı, karar destek sistemi
Sayfa Adedi : 142
Danışman : Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

CONTEXT-AWARE DECISION MAKING SYSTEM FOR MOBILE CLOUD
OFFLOADING
(Ph. D. Thesis)

Mustafa TANRIVERDİ

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF INFORMATICS

September 2017

ABSTRACT

In recent years, some problems have been emerged with the widespread use of mobile devices. The most important problems are that the battery life of mobile devices is short and these devices may be inadequate in terms of processing power and data storage capacity in some cases. To solve these problems, complicated jobs that mobile devices will operate can be transferred to the cloud environment when appropriate conditions are occurred. However, it is very important to decide in what conditions a job to be transferred to the cloud environment. In this thesis, a context-sensitive decision support system has been developed to decide for transferring work to mobile cloud environments. PowerTutor application has been customized and integrated into the developed application for instant power measurement on mobile devices without the need for additional equipment. Developed decision support system has been tested by mobile users for one month on the real environment. The experimental results show that, jobs are completed in a shorter time and require lower energy when developed decision support system used.

Science Code : 114607

Key Words : Mobile cloud computing, mobile cloud offloading, decision support system

Page Number : 142

Supervisor : Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim sürecinde kıymetli öneri ve katkılarıyla beni yönlendiren, çalışmama ışık tutan danışmanım Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL' a teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Bu çalışmanın hazırlanmasının her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle çalışmaya yön veren, ilgi ve desteklerini esirgemeyen tez izleme komitesi hocalarım Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ ve Prof. Dr. Bilal TOKLU' ya teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Tüm eğitim hayatımda manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. BULUT BİLİŞİM.....	5
2.1. Bulut Bilişim Servis Modelleri	6
2.1.1. Servis olarak yazılım.....	6
2.1.2. Servis olarak platform.....	6
2.1.3. Servis olarak altyapı.....	6
2.2. Bulut Bilişim Dağıtım Modelleri	7
2.2.1. Genel bulut.....	7
2.2.2. Özel bulut.....	7
2.2.3. Topluluk bulut.....	7
2.2.4. Karma bulut	8
2.3. Küresel Bulut Bilişim Pazarı	8
2.4. Türkiye Bilişim ve İletişim Teknolojileri Pazarı	10
2.5. Mobil Bulut Bilişim	12
2.5.1. Mobil bulut bilişimin avantajları	12

Sayfa

2.5.2. Mobil bulut bilişim kullanım alanları ve uygulamaları	12
3. MOBİL İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ.....	15
3.1. Wi-Fi	15
3.2. Bluetooth.....	15
3.3. WiMAX ve LTE	15
3.4. GSM ve GPRS	16
3.5. Mobil İletişim Teknolojileri: 1G, 2G, 3G, 4G, 5G	17
4. BAĞLAM DUYARLI UYGULAMALAR.....	19
4.1. Bağlam ve Bağlam Duyarlılık.....	19
4.2. Mobil Uygulamalarda Bağlam Duyarlılığı	20
4.3. Literatürde Bulunan Bağlam-Duyarlı Mobil Uygulamalar.....	21
5. MOBİL BULUT ORTAMLARINDA İŞ AKTARIMI	25
5.1. İlgili Çalışmalar	25
5.2. Mobil Cihazlarda Anlık Güç Tüketimi Ölçümü	51
5.3. Arka Planda Uygulama Çalıştırma	54
5.4. Uygulamada Kullanılan İş Türleri	56
5.4.1. Sekiz vezir bulmacası	56
5.4.2. Yüz algılama	57
5.4.3. Metin dosyasından karakter sayısı bulma	58
5.4.4. Optik karakter tanıma	58
6. MOBİL BULUT ORTAMLARINDA YÜK DAĞITIMI İÇİN BAĞLAM-DUYARLI BİR KARAR VERME SİSTEMİ.....	61
6.1. Sistemin Genel Yapısı.....	61
6.2. Mobil Uygulama	62

	Sayfa
6.2.1. Profil bilgileri toplama modülü.....	62
6.2.2. Geçmiş iş kayıtları modülü	63
6.2.3. Uygulama veritabanı yapısı	65
6.2.4. Karar verme modülü	67
6.3. Bulut Uygulaması	68
6.4. Uygulama Eşleştirme	69
7. BULUTA İŞ AKTARMA KARAR MODELİ	73
7.1. Kritik Pil Seviyesi Tahmini.....	73
7.1.1. Mobil cihazın şarj edilme zamanının tahmini.....	73
7.1.1 Şarj edilme zamanına kadar çalıştırılacak işlerin tahmini	90
7.1.3. Olasılık dağılımı.....	91
7.1.4. Şarj edilme zamanına kadar çalıştırılacak işlerin enerji maliyeti	95
7.1.5. Mobil cihazın iş çalıştırmak için sahip olduğu enerji miktarı.....	96
7.2. Mobil ve Bulut Ortamları için Enerji Maliyeti Tahmini	97
7.2.1. Regresyon analizi.....	98
7.2.2. Regresyon analizi ile enerji maliyeti ve tamamlanma süresi tahmini.....	99
7.3. Karar Algoritması	102
8. DENEYSEL SONUÇLAR	105
8.1. Mobil Uygulama ve Mobil Bulut Uygulamalarının Karşılaştırılması	106
8.2. Mobil Ortam ve Bulut Ortamın Karşılaştırılması	108
8.3. İş Türü Bazında Mobil ve Bulut Ortamlarının Karşılaştırılması	111
8.4. İnternet Bağlantı Türü Bazında Performans Değerlendirmesi.....	117
8.5. Kullanıcı Bazında İş Türlerinin Çalıştırılma Sayıları	120
8.6. Mobil Cihazın Şarj Edilme Zamanı Tahminlerinin Değerlendirilmesi	121

	Sayfa
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	129
KAYNAKLAR	131
ÖZGEÇMİŞ	141



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Parametrelere verilen önem değerleri	28
Çizelge 5.2. Karar algoritmasında kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri.....	28
Çizelge 5.3. Çalışmada kullanılan semboller ve açıklamaları	30
Çizelge 5.4. Çalışmada kullanılan semboller ve açıklamaları	37
Çizelge 5.5. Cihazların teknik özellikleri	45
Çizelge 5.6. Yapılmış benzer çalışmalar.....	47
Çizelge 6.1. Bağlantı türleri tablosu ve örnek veriler	65
Çizelge 6.2. Buluta aktarmak için belirlenen işler tablosu ve örnek veriler	66
Çizelge 6.3. Çalıştırılan iş kayıtları tablosu ve örnek veriler.....	66
Çizelge 6.4. Kullanıcı profil bilgileri tablosu ve örnek veriler	67
Çizelge 6.5. Kullanıcı profil bilgilerinden elde edilen uygulamalar ve kaynak gereksinimleri	70
Çizelge 6.6. Uygulama kategorileri ve kaynak gereksinimleri.....	71
Çizelge 6.7. Uygulama kapsamında buluta iş aktarma aşamalarında kullanılan işler ve kaynak gereksinimleri.....	71
Çizelge 6.8. Katılımcı kullanıcıların kullandıkları uygulamaların çalışmada kullanılacak iş türleri ile eşleştirme tablosu	72
Çizelge 7.1. Enerji maliyeti ve tamamlanma süresi hesaplama işlemlerinde kullanılan semboller ve açıklamaları	100
Çizelge 7.2. Kritik pil seviyesi için ağırlık oranları.....	102
Çizelge 7.3. Normal pil seviyesi için ağırlık oranları	102
Çizelge 8.1. Kullanıcıların mobil telefon modelleri	106

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Küresel bulut bilişim gelirleri	8
Şekil 2.2. Ülkelerin BT ekonomileri sıralaması.....	9
Şekil 2.3. Türkiye bilişim teknolojisi sektörleri.....	11
Şekil 2.4. Türkiye iletişim teknolojisi sektörleri.....	11
Şekil 5.1. İş aktarım yöntemlerine yönelik çalışmaların sayılarının yıllara göre değişimi .	26
Şekil 5.2. Kullanılan iş türleri bazında yapılan çalışma sayıları.....	27
Şekil 5.3. Kullanılan cihaz türleri	27
Şekil 5.4. Oluşturulan karar algoritması	32
Şekil 5.5. Buluta aktarılacak veri boyutu arttığı durumlarda mobil, bulut ve dinamik ortam performansı.....	33
Şekil 5.6. İnternet bant genişliği arttığı durumlarda mobil, bulut ve dinamik ortam performansı.....	34
Şekil 5.7. Mobil cihaz kaynaklarının arttığı durumlarda mobil, bulut ve dinamik ortam performansı.....	35
Şekil 5.8. Çalışmada kullanılan Görüntü A	45
Şekil 5.9. Çalışmada kullanılan Görüntü B	45
Şekil 5.10. Donanım kullanarak mobil cihaz güç tüketim verilerinin ölçülmesi.....	51
Şekil 5.11. PowerTutor uygulamasına ait ekran görüntüsü	53
Şekil 5.12. AsyncTask sınıfının yapısı	55
Şekil 5.13. Yüz algılama uygulaması örneğinde kullanılan görüntü	57
Şekil 5.14. Yüz algılama uygulaması sonucu yüzleri algılanmış görüntü.....	57
Şekil 5.15. OCR uygulaması örneği	59
Şekil 6.1. Geliştirilen sistemin genel yapısı.....	61
Şekil 6.2. Profil bilgileri toplama modülünün genel yapısı	62
Şekil 6.3. Geçmiş iş kayıtları modülünün genel yapısı.....	63
Şekil 6.4. Ortalama güç değerini hesaplamak için kullanılan güç değerleri.....	64
Şekil 6.5. Karar verme modülünün genel yapısı.....	68
Şekil 7.1. Senaryo 1 için örnek şarj etme zamanları.....	75
Şekil 7.2. Birinci senaryoya ilişkin 1. adım işlemleri	76
Şekil 7.3. Birinci senaryoya ilişkin 2. adım işlemleri	76

Şekil	Sayfa
Şekil 7.4. Birinci senaryoya ilişkin 3. adım işlemleri	77
Şekil 7.5. Birinci senaryoya ilişkin 4. adım işlemleri	77
Şekil 7.6. Birinci senaryoya ilişkin 5. adım işlemleri	78
Şekil 7.7. Birinci senaryoya ilişkin 6. adım işlemleri	78
Şekil 7.8. Birinci senaryoya ilişkin 7. adım işlemleri	79
Şekil 7.9. Birinci senaryoya ilişkin 8. adım işlemleri	79
Şekil 7.10. Senaryo 1 için şarj etme zamanlarına ilişkin tahmin hataları	80
Şekil 7.11. Senaryo 2 için örnek şarj etme zamanları	81
Şekil 7.12. İkinci senaryoya ilişkin 1. adım işlemleri	83
Şekil 7.13. İkinci senaryoya ilişkin 2. adım işlemleri	83
Şekil 7.14. İkinci senaryoya ilişkin 3. adım işlemleri	84
Şekil 7.15. İkinci senaryoya ilişkin 4. adım işlemleri	84
Şekil 7.16. İkinci senaryoya ilişkin 5. adım işlemleri	85
Şekil 7.17. İkinci senaryoya ilişkin 6. adım işlemleri	85
Şekil 7.18. İkinci senaryoya ilişkin 7. adım işlemleri	86
Şekil 7.19. İkinci senaryoya ilişkin 8. adım işlemleri	86
Şekil 7.20. İkinci senaryoya ilişkin 9. adım işlemleri	87
Şekil 7.21. İkinci senaryoya ilişkin 10. adım işlemleri	88
Şekil 7.22. İkinci senaryoya ilişkin 11. adım işlemleri	88
Şekil 7.23. İkinci senaryoya ilişkin 12. adım işlemleri	89
Şekil 7.24. Senaryo 2 için şarj etme zamanlarına ilişkin tahmin hataları	89
Şekil 7.25. Poisson dağılımı ile zaman aralığında tahmin	91
Şekil 7.26. Poisson dağılımı ile zaman aralığında tahmin	94
Şekil 7.27. Poisson dağılımı örnek grafikleri	95
Şekil 7.28. Poisson dağılımı ile belirlenen işlerin enerji maliyetleri için örnek	95
Şekil 7.29. Karar algoritmasının pseudo kodu	103
Şekil 8.1. Kullanıcı bazında mobil uygulama ve mobil bulut uygulamalarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması	107
Şekil 8.2. Kullanıcı bazında mobil uygulama ve mobil bulut uygulamalarının çalıştırılan işlerin tamamlanma süreleri bakımından karşılaştırılması	107
Şekil 8.3. Kullanıcı bazında mobil ortam ve bulut ortamlarında çalıştırılan işlerin sayısı	109

Şekil	Sayfa
Şekil 8.4. Kullanıcı bazında mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması	110
Şekil 8.5. Kullanıcı bazında mobil ve bulut ortamlarının işlerin tamamlanma süreleri bakımından karşılaştırılması.....	110
Şekil 8.6. Sekiz vezir işi için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması	111
Şekil 8.7. Karakter sayısı bulma işi için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması.....	112
Şekil 8.8. OCR için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması	113
Şekil 8.9. Yüz algılama işi için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması.....	113
Şekil 8.10. Sekiz vezir işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması	114
Şekil 8.11. Karakter sayısı bulma işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması.....	115
Şekil 8.12. OCR işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması	115
Şekil 8.13. Yüz algılama işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması	116
Şekil 8.14. Kullanıcı bazında bağlantı türleri ile çalıştırılan iş sayıları	117
Şekil 8.15. Kullanıcı bazında bağlantı türleri ile harcanan ortalama enerji miktarları	118
Şekil 8.16. Kullanıcı bazında bağlantı türleri ile ortalama tamamlanma süreleri.....	119
Şekil 8.17. Kullanıcı bazında mobil ortamda çalıştırılan iş türleri sayısı	120
Şekil 8.18. Kullanıcı bazında bulut ortamında çalıştırılan iş türleri sayısı	120
Şekil 8.19. Kullanıcı 1 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları.....	122
Şekil 8.20. Kullanıcı 2 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları.....	122
Şekil 8.21. Kullanıcı 3 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları.....	123

Şekil	Sayfa
Şekil 8.22. Kullanıcı 4 için mobil telefonun şarj edilme zamanına ilişkin yapılan tahmin hataları.....	124
Şekil 8.23. Kullanıcı 5 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları.....	125
Şekil 8.24. Kullanıcı 6 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları.....	125
Şekil 8.25. Kullanıcı 7 için mobil telefonun şarj edilmesi zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları.....	126



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

J

Joule

mW

Miliwatt

Kısaltmalar

Açıklama

BT

Bilişim Teknolojisi

EDGE

GSM Gelişimi için Artırılmış Veri Hızları
(Enhanced Data Rates For Global Evaluation)

GPRS

Genel Paket Radyo Hizmeti
(General Packet Response Service)

GPS

Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)

GSM

Mobil İletişim için Küresel Sistem
(Global System For Mobile Communication)

IP

İnternet Protokolü (Internet Protocol)

LTE

Uzun Süreli Gelişim (Long Term Evaluation)

PT

PowerTutor

REST

Temsili Durum Transferi (Representational State Transfer)

OCR

Optik Karakter Tanıma (Optical Character Recognition)

Wi-Fi

Kablosuz Bağlantı (Wireless Fidelity)

4G

Dördüncü Kuşak (Fourth Generation)

3G

Üçüncü Kuşak (Third Generation)

1. GİRİŞ

Son yıllarda bulut bilişim teknolojileri ve mobil teknolojiler çok hızlı gelişim göstermiştir [1]. Bu gelişmelerin ardından mobil bulut bilişim kavramı ortaya çıkmıştır. Mobil bulut bilişim, bulut bilişim servislerinin ve uygulamalarının mobil cihazlar üzerinde çalışmasını ifade etmektedir [2]. Juniper Research tarafından yapılan çalışmada, mobil bulut bilişim kullanımının önümüzdeki 5 yılda çok hızlı bir şekilde artacağı belirtilmiştir. Bu artışın göstergesi olarak, aynı raporda 2009'dan 2014'e kadar bulut tabanlı teknoloji piyasasında %88 oranında artış olması gösterilmiştir [3].

Mobil cihaz kullanımının hızla yaygınlaşmasının yanında bazı sorunlarla karşılaşılmaktadır. Bu sorunlardan en önemlileri, mobil cihazların pil ömrünün kısa olması, işlem gücü ve veri depolama kapasitelerinin bazı durumlarda yetersiz kalabilmesidir [4,5]. Bu sorunlara karşılık mobil bulutun sağlayacağı avantajlar, mobil cihazların pil ömrünü uzatması, mobil cihazların işlem gücü ve veri depolama kapasitesini arttırması, her türlü kötü amaçlı yazılımlara karşı güvenlik iyileştirmesi ve ölçeklenebilirlik olarak sıralanmaktadır [6,7]. Mobil uygulama geliştiricileri ve firmalarının bu avantajlardan faydalanması oldukça önemlidir.

Bir işin mobil cihaz yerine bulut ortamına transfer edilmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır [8-13]. Bu tez çalışmasında, herhangi bir ek donanıma gerek kalmadan mobil cihaz üzerinde anlık güç ölçümü yapabilmek için PowerTutor (PT) uygulaması özelleştirilip; geliştirilen uygulamaya entegre edilmiş ve uygulama kapsamında çalıştırılan karmaşık işlemlerin ve web servisi bağlantılarının AsyncTask sınıfı ile çalıştırılması gerçekleştirilmiştir. Benzer çalışmalarda geliştirilen uygulamaların çok büyük bölümü Android işletim sistemine özgü uygulamalardan oluşmaktadır. Android işletim sistemi karmaşık bir işlemin, mobil cihazın tüm kaynaklarını kullanarak kısa bir sürede bitirilmesi yerine daha az kaynak ayırarak daha uzun sürelerde bitirilmesini sağlamakta ve bu işlem için de AsyncTask özel sınıfının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Örneğin, mobil cihazın kullanıma hazır tüm kaynakları kullanılarak 5 saniyede bitirilebilecek bir iş, zamana yayılarak arka planda daha az kaynak kullanarak 50 saniyede bitirilebilmektedir [14].

Gerçek ortamda çalıştırmak üzere bir mobil bulut uygulaması geliştirilmek istendiğinde anlık güç ölçümü ve AsyncTask sınıfı kullanma zorunlulukları bulunmaktadır. Bu çalışmada tüm işlerin çalıştırılması ve web servis bağlantı işlemleri AsyncTask özel sınıfı kapsamında yapılmıştır. Dinamik güç ölçümü için ise PT uygulaması özelleştirilmiş ve geliştirilen uygulamaya entegre edilmiştir.

Uygulama içeren çalışmalarda buluta transfer edilmesi için seçilen karmaşık işlerin, belirli zaman aralıklarında rastgele çalıştırıldığı belirlenmiştir. Benzer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, seçilen işler mobil kullanıcının uygulama kullanım alışkanlıklarına göre çalıştırılmıştır. Bunun için mobil cihaz kullanıcılarının günlük hayatta kullandıkları uygulamalar, buluta transfer edilmesi için seçilen işler ile eşleştirilmiş ve eş zamanlı olarak arka planda çalışması sağlanmıştır.

Problem Durumu

Mobil cihaz ve mobil uygulama kullanımının hızla yaygınlaşması sonucu mobil cihazların pil ömrü, işlem gücü ve veri depolama kapasiteleri bakımından yetersiz kalabileceği durumlar ortaya çıkmaktadır. Karşılaşılan bu sorunlara karşın en iyi çözüm olarak bulut ortamlarından faydalanmak gerekmektedir. Bu aşamada hangi iş türlerinin hangi durumlarda bulut ortamına aktarılması gerektiğinin belirlenmesi, en önemli problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Mobil cihaz kullanıcılarının bağlam bilgilerine göre dinamik olarak bir işin mobil ya da bulut ortamda çalıştırılmasına karar verilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında aşağıdaki konularda geliştirme ve iyileştirme yapılmıştır:

- Bir işin buluta aktarılmasına karar veren dinamik bir sistem için herhangi bir ek donanıma ihtiyaç duymadan anlık güç ölçümü yapılması oldukça önemlidir. Bu çalışmada anlık güç ölçümü için açık kaynak kodlu PT uygulaması geliştirilen sisteme entegre edilmiş, farklı marka ve model mobil cihazlar için kaynak kodunda özelleştirmeler yapılmıştır.
- Mobil işletim sistemlerinin çalışma prensibi gereği, cihazın ana işlemlerinin çalışmasını olumsuz etkileyebilecek karmaşık bir işin çalıştırılması arka planda zamana yayılarak yapılmaktadır. Bir işin çalıştırılması sırasında ölçülen güç değeri karar verme aşamalarında oldukça önemlidir. Bu ölçme işlemini ilgili işin başlangıç

ve bitiş anlarındaki güç değeri farkları ile hesaplamak çok doğru olmayabilmektedir. Bunun yerine ilgili işin çalıştırılmasından önce ve çalışma süresince belirli zaman aralıklarıyla elde edilen güç değerleri ile bir hesaplama yapılması daha doğru değerler elde edilmesini sağlayacaktır. Literatürde bu konuya yer veren bir çalışmaya rastlanmadığından dolayı, bu çalışma bu yönüyle özgün olarak değerlendirilebilir.

- Yapılan çalışmaların büyük bölümünün simülasyon ortamında ya da deneysel uygulama ortamlarında uygulandığı belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen mobil bulut sistemi gerçek ortamda uygulanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.
- Çalışma kapsamında belirlenen işler, benzer çalışmalardaki gibi rastgele zaman aralıklarında çalıştırılmamaktadır. Bunun yerine bu işlerin, mobil kullanıcıların uygulama kullanım alışkanlıklarına göre eş zamanlı olarak arka planda çalıştırılması sağlanmıştır.
- Mobil cihazların en büyük dezavantajlarından biri de kısa pil ömrüne sahip olmalarıdır. Bunun için mobil cihazın bir sonraki şarj edilme zamanının tahmin edilmesi ve o zamana kadar mevcut pil seviyesinin yeterli olup olmayacağı bilgisinin karar aşamalarında kullanılması sağlanmıştır. Bu sayede gereken durumlarda azami enerji tasarrufu elde edilmiştir.
- Çalışma sonunda sunulan model ve geliştirilen sistem uyarlanabilir olup; mobil yazılım geliştiriciler ve firmalar tarafından faydalanılması halinde mobil cihazlarda pil tasarrufu ve mobil uygulamalarda performans artışı sağlanabilecektir.

Çalışma kapsamında geliştirilen uygulama 7 adet mobil cihaz kullanıcısı tarafından gerçek ortamda kullanılmıştır. Deneysel çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, 7 kullanıcı tarafından 15 gün boyunca buluta iş aktarma imkânı olmayan bir mobil uygulama, ikinci aşamada ise 15 gün boyunca buluta iş aktarma imkânı sunan mobil bulut uygulaması kullanılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Sınırlılıklar

Mobil cihaz üzerinde bir işin çalıştırılması sırasında harcanan güç değeri belirlenirken, yapılan telefon görüşmeleri ve SMS alma gönderme işlemleri gibi durumlar dikkate alınmamıştır. Bir işin buluta aktarılmasına ilişkin karar aşamalarında bulut ortamı için

kiralama maliyeti ve mobil cihazların İnternet kullanım maliyetleri yapılan hesaplamalara dâhil edilmemiştir.



2. BULUT BİLİŞİM

Bulut teknolojisi, sunucu, network, servis, uygulama gibi bilişim kaynaklarının, kolay erişilebilir, paylaştırılmış ve isteğe göre çok kolay bir yönetim ile sunulmasını sağlayan modeldir [15].

Rayport ve Heyward'e göre bulut bilişim, bir bilgisayar için gerekli olan tüm programların, kuruluma ihtiyaç duyulmaksızın İnternet üzerinden erişilerek kullanılması fikrine dayanmaktadır [16].

Avrupa Ağ ve Bilgi Güvenliği Ajansı (European Network and Information Security Agency - ENISA) bulut bilişimi; "Çoğunlukla sanallaştırma ve dağıtık bilişim teknolojileri yoluyla Bilişim Teknolojisi (BT) kaynaklarının sağlanması için isteğe bağlı hizmet modeli" olarak tanımlamaktadır [17].

Bilgi teknolojileriyle ilgili araştırmalar yapan bağımsız danışmanlık firması Forrester Research bulut bilişimi; 'Kullandığın kadar öde mantığından hareketle İnternet teknolojileri yoluyla sunulan standartlaştırılmış BT yeteneği (hizmet, yazılım ya da altyapı)' olarak tanımlamaktadır [18].

Pek çok farklı tanımı olmakla birlikte bulut bilişim, sahip olunan bilgi teknolojileri sisteminden beklenen uygulama, veri saklama, yedekleme, bilgi işleme, iletişim, bant genişliği gibi her türlü hizmetin İnternet üzerinden kullanılması anlamına gelmektedir. Bu hizmet modelinde kaynaklara istenildiği zaman her yerden erişilebilmekte ve kullanıldığı kadar ödeme yapılmaktadır. Ayrıca kaynakların kullanımı kolaylıkla izlenebilmekte ve raporlanabilmektedir. Herhangi bir başlangıç ya da yatırım masrafı olmayan bu model çok hızlı kullanıma alınabilmekte ve hızla değer üretmeye başlamaktadır.

Özet olarak, bulut bilişim tanımlarının ortak noktaları, bulut bilişimin yeni bir hizmet modeli olması ve isteğe bağlı olarak 'kullandıkça öde' prensibiyle her an her yerden erişime imkân tanınmasıdır.

2.1. Bulut Bilişim Servis Modelleri

Bulut bilişim servis modelleri, servis olarak yazılım (Software as a Service - SaaS), servis olarak platform (Platform as a Service - PaaS) ve servis olarak altyapı (Infrastructure as a Service - IaaS) şeklinde üç ana gruptan oluşmaktadır [15].

2.1.1. Servis olarak yazılım

Servis olarak yazılım modelinde web tabanlı yazılımlar bulunmaktadır. Bu yazılımlar İnternet üzerinden kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır. Bu servisin kullanıcılara sunduğu en büyük avantaj, kullanıcıların web tabanlı yazılımın altyapısı veya hizmet vermesini sağlayan etkenlerle ilgilenmemesidir. Web tabanlı yazılımı kullanan son kullanıcılar sadece aldıkları web tabanlı yazılım servisi ile ilgilenmektedir. Bu durum kullanıcılara ciddi oranda kazanç sağlamaktadır.

2.1.2. Servis olarak platform

Servis olarak platform modelinde kullanıcılar kendi uygulamalarını geliştirebilecekleri bir platform hizmeti almaktadır. Örnek olarak, bir yazılımcının kendi yazılımlarını geliştirebileceği bir ortamı oluşturması ek bir maliyet getirmektedir. Ancak bulut bilişim altyapısı sayesinde yazılımcı, ihtiyaç duyduğu yazılım platformunu daha az maliyetle hizmet olarak alabilme imkânına sahip olmaktadır. Bu şekilde bir platformun İnternet üzerinden kullanıcılara sunulması, bulut bilişimin servis olarak platform modelini tanımlamaktadır.

2.1.3. Servis olarak altyapı

Servis olarak altyapı modeli, bulut altyapısı altında bulunan donanımsal kaynakların kullanıcıların hizmetine sunulmasıdır. Bu servis modelinde kullanıcılar ihtiyaç duydukları donanımsal kaynaklara İnternet üzerinden erişebilmektedir. Bu servis modeli sayesinde, kullanıcılar sahip oldukları donanımsal kaynakların bakım, onarım gibi ek maliyetlerinden kurtulmaktadır. Ek olarak kullanıcılar, sahip oldukları altyapı kaynaklarını bu servis modeli sayesinde ihtiyaçlarına göre artırıp azaltabilmektedir. Bu şekilde kullanıcıya kaynaklarını optimum seviyede kullanma olanağı sağlanmaktadır. Aynı zamanda doğru ve etkili kaynak yönetimi sayesinde, kullanıcıların ciddi oranlarda tasarruf etmesi sağlanmaktadır.

2.2. Bulut Bilişim Dağıtım Modelleri

Bulut bilişimde genel (public), özel (private), topluluk (community) ve karma (hybrid) olmak üzere dört dağıtım modeli kullanılmaktadır.

2.2.1. Genel bulut

Genel bulut dağıtım modeli üçüncü taraf ticari firmalar tarafından kişiler ve kurumlara sunulmaktadır. Bulut sağlayıcısı firma sağladığı bulut kaynaklarının bakımından ve güvenliğinden sorumludur. Genel bulut diğer dağıtım modelleri ile karşılaştırıldığında daha az güvenlidir. Gizlilik ve güvenlik genel bulut dağıtım modellerinde temel endişe kaynağıdır. Hizmet alım aşamalarında bu konuların ayrıntılı olarak ele alınması gerekmektedir. Bu modelde sunulan hizmetin ücretlendirilmesi kullanıma göre yapılmaktadır. Bazı firmalar limitli kullanımlarda ücretsiz hizmet verebilmektedir. Amazon AWS, Microsoft, Google genel bulut hizmeti veren firmalara örnek gösterilebilir [19,20].

2.2.2. Özel bulut

Özel bulut, bir kurumun ya da bir firmanın sadece kendine ait olan veya kiraladığı bulut bilişim alt yapısıdır. Özel bulut, kurumların bilişim kaynaklarının farklı alt birimler tarafından kullanılabilmesini sağlamaktadır. Sadece kurum ve kurum tarafından yetkilendirilmiş paydaşlar özel bulutu kullanmak ve yönetmek için erişebilirler. Sadece kurum içi kullanıma açık olan özel bulut sayesinde, kurumlar bilişim kaynaklarına daha güvenli ve daha kaliteli erişim imkânı elde edebilmektedir [19,21].

2.2.3. Topluluk bulut

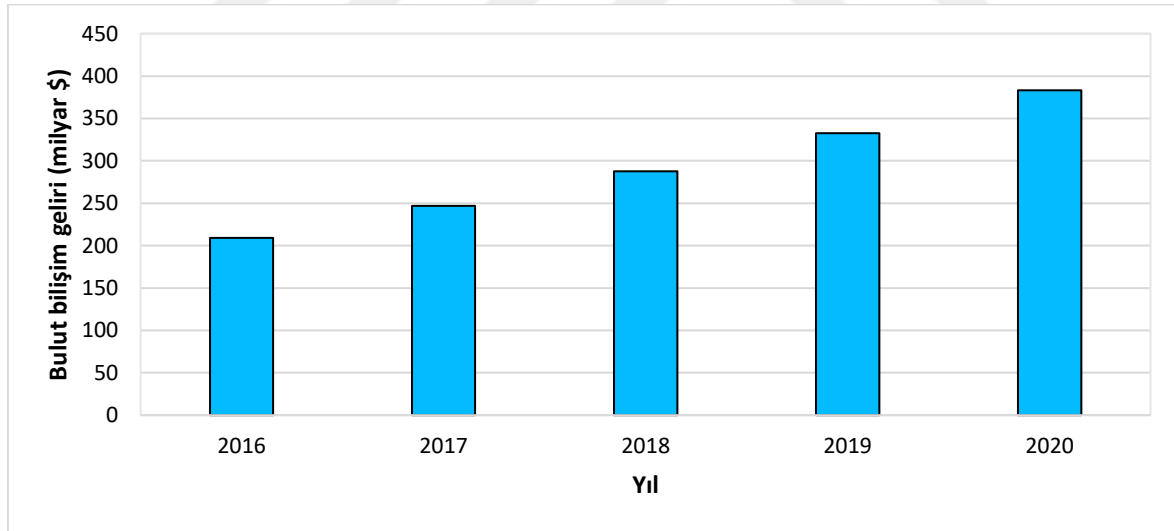
Bulut kaynakları birçok kurum tarafından paylaşılan bulut dağıtım modelidir. Bu modelin güvenlik gereksinimleri ve kuralları özel bir topluluk tarafından yönetilmektedir. Bu bulut altyapısı için, üçüncü parti bir firmadan veya topluluk içindeki bir kurum tarafından hizmet sağlanabilmektedir. Topluluk bulutu, bilgi işlem kaynaklarını ve maliyetlerini paylaşmak isteyen kurumlar için önemli avantajlar sunar. Tüm üniversitelerin ortak kullandığı bir bulut yapısı topluluk bulut modeline örnek olarak gösterilebilir [19].

2.2.4. Karma bulut

Karma bulut, National Institute of Standards and Technology (NIST) tarafından iki veya daha fazla bulut modelinin kompozisyonu olarak tanımlanmıştır. Bu modelde kurumların ihtiyaçlarına göre bir yapılandırma imkânı bulunmaktadır. Örneğin, bir kurum hassas verilerini özel bulut tarafından sağlanan servislerde işlerken, daha az hassasiyete sahip gereksinimleri için genel bulut tarafından sağlanan servislerin kullanımını tercih edebilir [19,21].

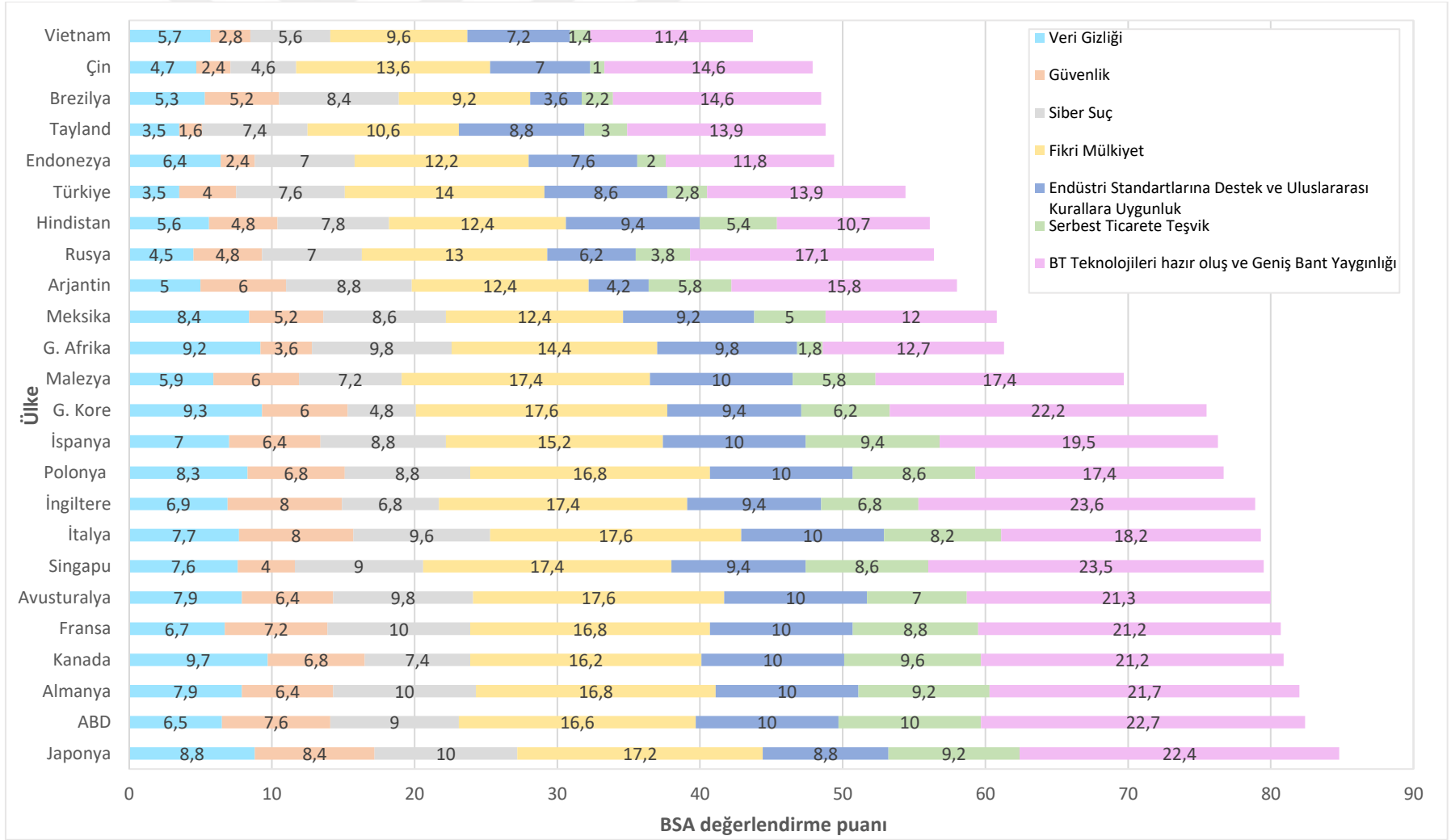
2.3. Küresel Bulut Bilişim Pazarı

Şekil 2.1’de 2016-2020 yılları arasındaki küresel bulut bilişim gelirlerine ilişkin grafik gösterilmektedir. Gartner’ın 2017 yılında hazırladığı rapora göre, 2016 yılında 209 milyar dolar olan küresel bulut bilişim gelirlerinin 2020 yılında 383 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir [22].



Şekil 2.1. Küresel bulut bilişim gelirleri [22]

Diğer taraftan Bain & Company tarafından hazırlanan bir rapora göre, 2015 yılında 180 milyar dolar olan toplam bulut bilişim gelirlerin 2020 yılında 390 milyar dolar olacağı öngörülmektedir [23].



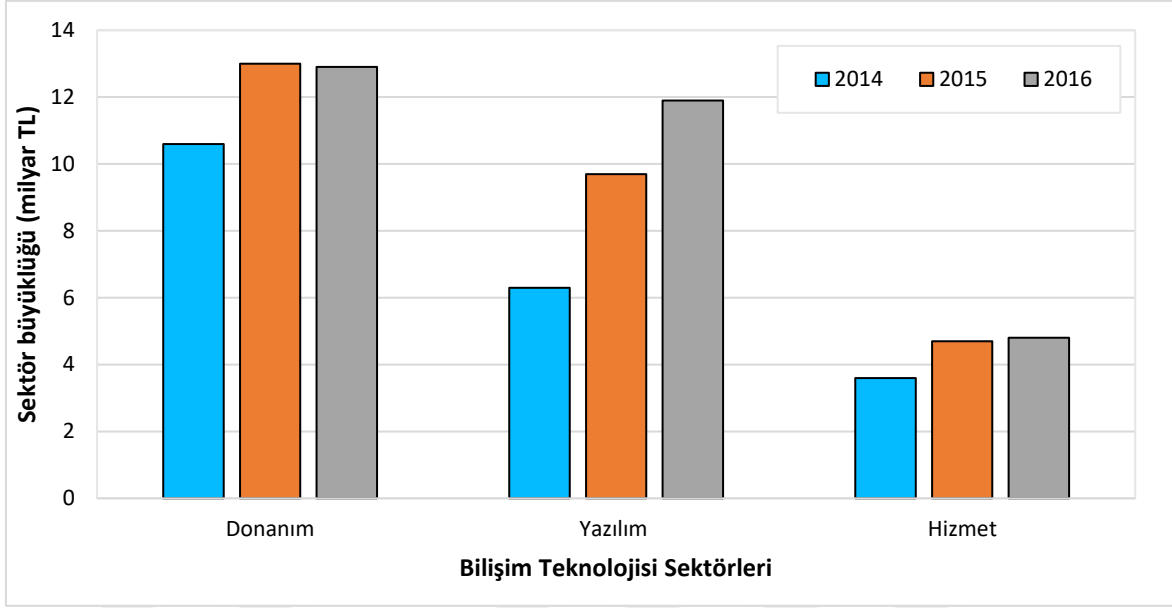
Şekil 2.2. Ülkelerin BT ekonomileri sıralaması [24]

2016 yılında The Business Software Alliance (BSA) tarafından, bulut bilişim sektörünü etkileyen uluslararası yasal düzenlemelerdeki değişiklikleri izlemek için yapılan raporda Türkiye BT ekonomisi ve diğer ülkelerin BT ekonomileri Şekil 2.2’de karşılaştırılmıştır [24]. Veri gizliliği, güvenlik, siber suç, fikri mülkiyet, endüstri standartlarına destek ve uluslararası kurallara uygunluk, serbest ticarete teşvik ve BT teknolojileri hazır oluş ve geniş bant yaygınlığı alanlarında yapılan puanlamalara göre Türkiye 24 ülke arasında 19. olmuştur.

2.4. Türkiye Bilişim ve İletişim Teknolojileri Pazarı

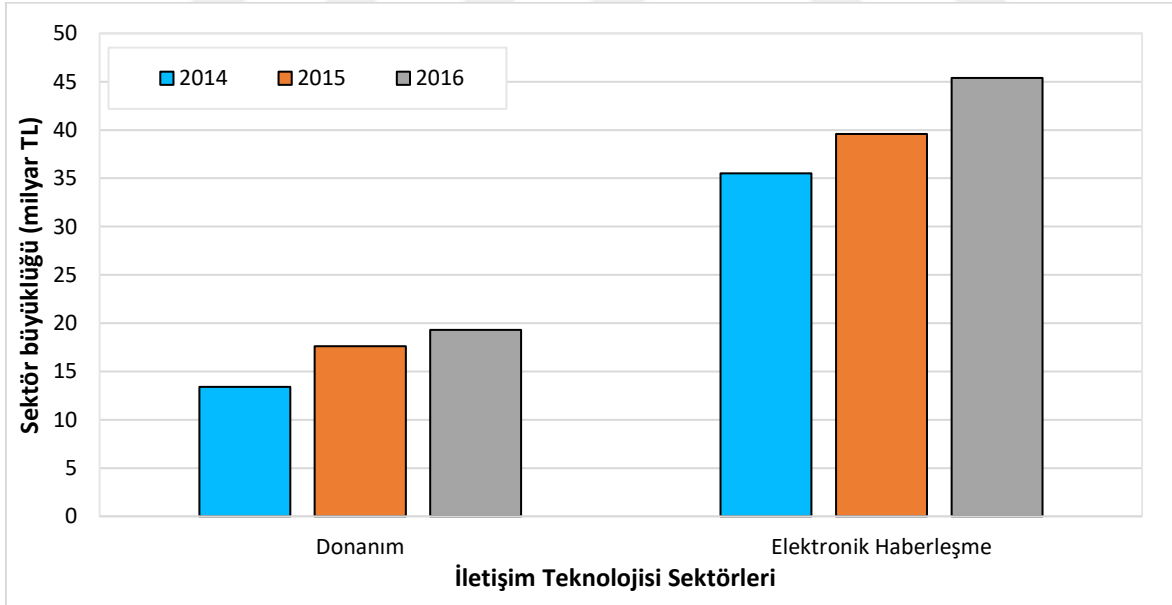
Dünyadaki eğilime benzer şekilde Türkiye’de de bilişim ve iletişim teknolojisi sektörleri hızla gelişmektedir. TUBİSAD tarafından 2015, 2016 ve 2017 yıllarında hazırlanan raporlara göre Türkiye bilgi ve iletişim teknolojileri pazarı 2014 yılında %12,1 büyüme ile 69,4 milyar TL, 2015 yılında %18 büyüme ile 83,1 milyar TL, 2016 yılında ise %14,4 büyüme ile 94,3 milyar TL olmuştur. Bu sektörlerde 2014 yılında 103 bin, 2015 yılında 113 bin ve 2016 yılında 120 bin kişinin istihdam edildiği belirlenmiştir. Yapılan ihracat rakamları ise 2014 yılında 1,31 milyar TL, 2015 yılında 2,2 milyar TL ve 2016 yılında 3,1 milyar TL olarak açıklanmıştır. Sağlanan istihdam gücü ve yapılan ihracat miktarları için de son yıllarda önemli bir artış sağlandığı görülmektedir [25-27].

Şekil 2.3’te 2014-2016 yılları arasında bilişim teknolojileri alanındaki donanım, yazılım ve hizmet sektörlerinin büyüklükleri gösterilmiştir. Şekil 2.3 incelendiğinde yıllara göre en fazla pazar payı artışının yazılım sektöründe yaşandığı görülmektedir. Bununla beraber hizmet sektörlerinde de genel bir artış olduğu söylenebilir. Donanım sektöründe 2014 yılına oranla 2015 yılında büyük bir artış yaşanmasına rağmen 2016 yılındaki pazar payında 2015 yılına göre bir azalma görülmektedir.



Şekil 2.3. Türkiye bilişim teknolojisi sektörleri [25-27]

Şekil 2.4'te 2014-2016 yılları arasında iletişim teknolojileri alanındaki donanım ve elektronik haberleşme sektörlerinin büyüklükleri gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Türkiye iletişim teknolojisi sektörleri [25-27]

Şekil 2.4 incelendiğinde donanım ve elektronik haberleşme sektörlerinin yıllara göre istikrarlı bir şekilde arttığı görülmektedir.

2.5. Mobil Bulut Bilişim

Bulut bilişim sadece kişisel bilgisayarlar ve onların teknolojilerini etkilemekle kalmamış, aynı zamanda mobil teknolojilerin de gelişmesini sağlamıştır [1]. Bu gelişmeler ardından mobil bulut bilişim kavramı ortaya çıkmıştır. Mobil bulut bilişim, bulut bilişim servislerinin ve uygulamalarının mobil cihazlar üzerinde çalışmasıdır [2]. Mobil cihazların web tarayıcısı ile bir uygulamaya bağlanmak ya da bulut destekli bir uygulamayı kullanmak da bu kapsam dâhilindedir.

2.5.1. Mobil bulut bilişimin avantajları

Bulut bilişim, ölçeklenebilirlik, iletişim ve taşınabilirlik gibi birçok özelliğinden dolayı mobil bilgi teknolojileri için önemli bir çözüm olarak görülmektedir [28]. Bunun yanında mobil bulutun avantajları, mobil cihazların pil ömrünü uzatması, mobil cihazların sınırlı işlem gücü ve veri depolama kapasitesini arttırması, her türlü kötü amaçlı yazılımlara karşı güvenlik iyileştirmesi, dinamik kaynak yönetimi, ölçeklenebilirlik, çeşitli servis sağlayıcı servisleri ile kolayca bütünleşmesi, servis sağlayıcıların kaynak paylaşımı ve çoklu kullanımı olarak sıralanabilir [2].

2.5.2. Mobil bulut bilişim kullanım alanları ve uygulamaları

Mobil uygulamalar, akıllı telefon kullanıcılarının gereksinimlerini karşılayabilecek yazılımlardır. Bu uygulamaların pazardaki payı hızla artmaktadır. Mobil uygulamalar global uygulama marketlerinde bulunmakta ve kullanıcılar tarafından mobil cihazlarına yüklenebilmektedir [2]. Elektronik ticaret, oyun, sosyal medya, sağlık ve eğitim alanlarında birçok mobil uygulama bulunmaktadır [29-31].

Bu alanlar dışında Fernando ve diğerleri gerçek hayatta karşılaşılabilecek senaryolar üretmiş ve bu senaryolarda mobil bulut bilişimden faydalanılabileceğini belirtmiştir. Bu senaryolardan bazıları, resim işleme, yoğun hesaplama, afet yardımı, sensör verisi ve sosyal ağ uygulamaları olarak sıralanabilir [32];

Resim işleme

Bir senaryo olarak İngilizce bilen Peter, Kore’de turistik gezi yapmaktadır. Peter bir müzeye geldi ve çok ilgilendiği bir eser buldu. Ama eserin üzerinde yabancı dilde yazılmış cümleler bulunmaktaydı. Peter, mobil telefonunda bulunan optik karakter tanıma (Optical Character Recognition - OCR) uygulaması ile tüm metni İngilizceye çevirmek istedi ama telefonu işleme başlayınca kitlendi ve cevap veremez hale geldi, aynı zamanda telefonunun batarya seviyesi kritik düzeydeydi. Bu durumda, Peter’in telefonunda yüklü olan OCR uygulaması mobil bulut bilişim hizmetinden faydalanyor olsaydı, Peter kolayca istediği metni İngilizceye çevirebilecek, telefonu kitlenmeden diğer hizmetleri kullanabilecek ve batarya seviyesinin daha da kritik seviyelere inmesini önleyebilecekti. Resim işleme uygulamaları hem mobil cihazda hem de bulut ortamında kullanılabilirlerdir.

Yoğun hesaplama

Bu senaryo olarak, Manhattan’da bir aile 5 yaşındaki çocuklarını kalabalık içerisinde kaybediyorlar ve hemen polise haber veriyorlar. Polis, bu tür acil durumlar için geliştirilen mobil uygulama sayesinde, 2 km çapındaki herkese SMS mesajı gönderiyor ve son bir saatte çektikleri fotoğrafları belirtilen sunucuya yüklemelerini istiyor. Daha sonra, aileden alınan çocuğun fotoğrafı ile toplanan fotoğraflar arasında çalıştırılan resim işleme uygulaması sonucu bir eşleşme saptanıyor. Uygulama tarafından eşleşme sağlanan fotoğrafın konumu belirleniyor ve küresel konumlama sistemi (Global Positioning System - GPS) ile yönlendirme yapılarak çocuğun bulunması sağlanıyor. Bu tür yoğun hesaplama gerektiren işlemler de mobil bulut ortamlarında yüksek performans ile çalıştırılabilirlerdir.

Afet yardımı

Bu senaryoya göre California’da çok büyük bir deprem olmuştur. İnternet ve telefon hizmeti sağlanamamaktadır. Afet merkezinde bu durumlar için geliştirilen bir uygulama bulunmaktadır. Gezici personelden bu uygulamayı kullanarak hasarlı yapıların fotoğraflarını çekmeleri istenmiştir. Daha sonra afet merkezinde yerel ağ üzerinden bu fotoğraflar toplanmış ve Google haritaları üzerine GPS bilgileri ile kaydedilmiştir. Harita üzerinde fotoğraflar ile birlikte hasarlı yapı verilerinin toplanması sağlanmıştır. Daha sonra gerekli

personeller ekipmanları ile birlikte haritadaki kritik noktalara GPS ile yönlendirilmiştir. Mobil bulut uygulamaları bu tür afet yardım çalışmalarında etkin kullanılabilir.

Sensör verisi uygulamaları

Birçok mobil cihazda GPS, hız ölçer, ısı ölçer, mikrofon gibi sensörler bulunmaktadır. Mobil cihazların sensörleri ile elde ettikleri verileri diğer mobil kullanıcılar ile paylaşması çok faydalı olabilir. Bu sayede, “bulduğum yerin bir kilometre etrafında sıcaklık nedir?”, ya da “yol güzergâhımda ki trafik durumu nasıl?” gibi sorulara cevap bulmak mümkün olacaktır.

Sosyal ağ

Facebook gibi sosyal ağlarda veri paylaşımı yapılmaktadır. Mobil bulut servislerinin sosyal medya ile entegrasyonu sağlanırsa verilerin otomatik paylaşımı ve eşten eşe bağlantı (Peer to Peer - P2P) hizmetleri ile çok daha az veri depolama alanına ihtiyaç duyulabilir.

3. MOBİL İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ

Mobil kullanıcılar kullandıkları mobil cihazları için farklı servisleri satın almaktadır. Alınan servisin tipine göre mobil cihazlarda kullanılan ağ teknolojileri ve buna bağlı olarak bant genişlikleri de farklılık göstermektedir. Genelde günümüzdeki mobil cihazlarla kablosuz İnternete bağlanılabilmekte veya Subscriber Identity Module (SIM) kartlar aracılığı ile kablosuz İnternet ağları kullanılabilmektedir [33]. Mobil cihazlarda, Wireless Fidelity (Wi-Fi), Bluetooth, Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX), Long Term Evaluation (LTE), Global System for Mobile Communication (GSM), General Packet Radio Service (GPRS), ikinci kuşak (Second Generation - 2G), üçüncü kuşak (Third Generation - 3G), dördüncü kuşak (Fourth Generation - 4G), beşinci kuşak (Fifth Generation - 5G) teknolojileri kullanılmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde mobil cihazlarda kullanılan bu teknolojiler tanıtılmaktadır.

3.1.Wi-Fi

Wi-Fi teknolojisi, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.11 standardına dayalı, radyo dalgaları kullanılarak iki yönlü iletişimin sağlandığı kablosuz ağ teknolojisidir. Wi-Fi teknolojisini kullanan cihazlar 2.4 GHz ile 5 GHz frekans bandını desteklemektedir, böylece birçok cihaz aynı kablosuz bağlantıyı aynı anda kullanabilmektedir [34].

3.2. Bluetooth

Bluetooth teknolojisi, lisanssız, düşük güçte, kısa dalga radyo frekans bandı aracılığı ile veri transferi yapılabilen kablosuz kişisel alan ağıdır. Menzili 1-10 metre arasındadır, bu teknoloji aracılığı ile eş zamanlı olarak 8 cihaza bağlanılabilmektedir [34].

3.3. WiMAX ve LTE

Servis sağlayıcılar 4G teknolojisine geçiş öncesinde, WiMAX ve LTE adı verilen iki teknoloji standardı üzerinde karar vermek durumunda kalmaktadır [35].

LTE teknolojisi, 100 Mbps indirme hızı ve 50 Mbps gönderme hızına sahiptir. Mobil sistemlerde yüksek bant genişliği gerektiren uygulamaların gerçek zamanlı etkileşiminde düşük bekleme süresi sunması gerekmektedir. LTE teknolojisi, GSM ve Code Division Multiple Access (CDMA)'de iyileştirme yaparak endüstriyi yönlendirmektedir. Vodafone, Orange, TMobile, NTT Docomo, China Mobile, Telecom Italia, Ericsson, Nortel, Alcatel-Lucent, Nokia Siemens ve LG Electronics gibi birçok servis operatörü ve telekomünikasyon şirketi, 3rd Generation Long Term Evolution adı verilen Telekom standardının üyesidir [35].

WiMAX teknolojisi, IEEE 802.16 standardına dayalı, uzak mesafelerde iletişimi destekleyen, özellikle telefon şirketlerinin kablolu hizmet veremediği kırsal bölgelere uygun, kablosuz geniş bant ağ teknolojisidir [34]. Bu teknoloji "konuta kadar fiber" adı verilen Fiber To The Home (FTTH) teknolojisini desteklemektedir. Geniş bant İnternet erişimi ve İnternet Protocol Television (IPTV) desteği bulunmaktadır. WiMAX, servis kalitesi gereksinimlerini karşılaması, Voice Over İnternet Protocol (VoIP) desteği, güvenlik ve güvenilirlik mekanizması ile telefon şirketleri ile yarışmaktadır [35].

3.4. GSM ve GPRS

GSM, dijital cep telefonu sistemlerinden biridir. GSM ağları, Avrupa, Asya ve Avustralya'da 900-1800 MHz bandında, Kuzey Amerika, Latin Amerika'nın bazı bölgeleri ve Afrika'da 1900 MHz dalga bandında çalışmaktadır. GSM, entegre sesli mesaj, yüksek hızlı veri, faks, kısa mesaj servisi ve güvenli iletişim sağlamaktadır. Herhangi bir kablosuz standarttan daha iyi ses kalitesi sağlamaktadır. 2G teknolojisi ile cep telefonu ağları GSM standardını ticari anlamda da kullanmaya başlamıştır. GSM hizmeti, ilk olarak Finlandiya'da bulunan Radiolinja adındaki bir firma tarafından telefon operatörleri arasında uluslararası dolaşımı sağlamak amacıyla oluşturulmuştur [36,37].

GPRS teknolojisi, 2,5G teknolojisi ile birlikte geliştirilmiştir. Bu adım mobil iletişim teknolojileri için önemli bir adımdır. Çünkü bu teknoloji ile devre anahtarlamalı sistemlere ek olarak paket anahtarlamalı sistemler de kullanılmaya başlanmıştır. Paket anahtarlamalı sistemde etiketlenmiş birçok veri paketi vardır ve devre anahtarlamalı sistemlerde olduğu gibi verileri istenen adrese göndermek için veri paketlerine adanmış bir yol bulunmamaktadır. Böylece paketler herhangi bir yoldan en kısa sürede istenen adrese gönderilebilmektedir. GPRS, kısa mesaj servislerine (Short Messaging Services - SMS) ek

olarak çoklu ortam mesaj servislerinin de (Multimedia Messaging Services – MMS) de alınmasına olanak sağlamaktadır. Böylece ses, resim, video gibi çoklu ortam içeriklerinin alınması mümkün olmaktadır. GPRS, yüksek hızlı kablosuz İnternet imkânı sağlayan paket anahtarlamalı bir teknolojidir ve GSM sistemlerinden yaklaşık dört kat daha hızlıdır [36,38].

3.5. Mobil İletişim Teknolojileri: 1G, 2G, 3G, 4G, 5G

1G teknolojisi, mobil cihazlar için analog sinyaller kullanılarak üretilen bir kablosuz ağ teknolojisidir. Analog sistemler devre anahtarlamalı teknolojiler üzerine kurulan, veri iletmek için değil ses iletmek için tasarlanan sistemlerdir. 1984'ten sonra uygulamaya konulan bu teknoloji ile sesli aramalar, 150 MHz veya daha yüksek bir frekansta Frequency Division Multiple Access (FDMA) tekniği kullanılarak radyo antenleri vasıtası ile iletilmektedir [37].

1990'ların başında kullanılmaya başlanan 2G teknolojisi, ses sinyallerinin iletiminde dijital sinyallerin kullanılmasını ve kablosuz iletişim teknolojilerinin hayatımıza girmesini sağlamıştır [36,37]. Bu dönemde ses kalitesi geliştirilmiş, güvenlik önlemleri ve cihazlarda kullanılabilir kapasite arttırılmıştır. 2,75G teknolojisi ile Enhanced Data rates for Global Evaluation (EDGE) ve Enhanced GPRS (EGPRS) teknolojileri kullanılmıştır. EDGE ile veri transfer hızı 236,8 Kbps seviyesine çıkmaktadır. EDGE teknolojisi GPRS teknolojisine sahip herhangi bir ağda kullanılabilir ve kullanımı için ek bir yazılım veya donanım gerektirmemektedir. EDGE, GPRS ile karşılaştırıldığında, 3 kat daha hızlı veri iletimi sağlayabilmektedir [36].

2,75G teknolojisi ile teknolojik anlamda etkin olan akıllı telefonların sayısı artmıştır. 3G, iç ortamlarda 2 Mbps veri transfer hızı, 144 Kbps mobil yayılma hızı ve hareket halinde 385 Kbps mobil hız gerektirmektedir. EGPRS veya EDGE teknolojisi ile bu hızlar yakalanamamıştır. Bu nedenle 2,75G, 3G olarak adlandırılmamıştır.

3G teknolojisi ile birlikte kablosuz web tabanlı erişim, e-posta, video konferans hizmetleri, ses ve veri akışının birleştirildiği çoklu ortam servisleri gibi uygulamalar geliştirilebilmiştir [39]. Böylece geniş alan ağlarda yüksek hızlı web kullanımı, geniş bant kablosuz veri akışı, görüntülü konuşmalar ve IPTV desteği sunulabilmiştir. 3G, uyduya çıkış hattı üzerinde 5,8 Mbps, uydudan iniş hattı üzerinde 14,4 Mbps High Speed Packet Access (HSPA) veri

aktarım yeteneğine sahiptir. HSPA, mobil telefon operatörlerini birleştirerek Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) protokollerinin performanslarını arttırmaktadır. 3G teknolojisi, WLAN veya Wi-Fi gibi teknolojilerin kullandığı ağlardan farklı olarak geniş alan cep telefonu ağlarında da yüksek hızlı İnternet erişiminin ve video konferans hizmetlerinin geliştirilmesini sağlamıştır [36]. Bunun yanı sıra Mobil TV, MMS, 3D oyunlar ve çok kişi ile oynanan oyunlar 3G teknolojisini kullanan mobil cihazlarda kullanılabilir [40]. 400 Kbps'dan daha fazla bant genişliğini destekleyen bir 3G bağlantısı ile e-postalara ulaşmak, çevrimiçi oyunlar oynamak, büyük miktarlarda finansal işlemler yapmak mümkün olabilmektedir.

4G teknolojisi tamamen İnternet Protokolü (Internet Protocol - IP) tabanlı ağ sistemleri üzerine kurulmaktadır [39]. 2000'li yıllarda tasarlanmaya başlanan bu teknoloji, halen tüm ülkelerde tüm servis sağlayıcılar tarafından kullanılmamaktadır. 4G teknolojisi, 2010 yılından itibaren cep telefonu sistemlerinin ihtiyaç duyduğu yüksek hızı ve yüksek kapasiteyi düşük maliyetlerle sunmaya başlamıştır [41]. 4G, sabit kablosuz ağ platformlarının yanı sıra ağdaki farklı frekans bantlarında 2 Mbps veri transfer hızı sunabilmektedir [42].

5G teknolojisi ile 4G'den farklı olarak, 1 Gbps'den fazla bant genişliğine ulaşılması, 25 Mbps bağlantı hızının sağlanması ve 4G'de olduğu gibi tüm paketin aynı anda gönderilmesi planlanmaktadır [43]. Bu teknoloji, mobil cihazlara yüksek bant genişliğinde kablosuz iletişim imkanı, tek tip global bir standart, HD TV kalitesinde TV programlarının izlenmesi, çoklu ortam gazetelerinin okunması, hızlı veri aktarımı, yapay zeka yetenekleri ile donatılmış cihazlar, İnternet Protocol version 6'nın (IPv6) mobil cihazlara entegrasyonu, farklı tipteki kablosuz erişim teknolojilerini kullanan mobil teknolojiler arasında hatasız veri iletimi gibi özellikleri beraberinde getirmektedir [39]. 5G teknolojisi, İnternet uygulamalarının indirilmeden kullanılmasına ve kişisel dosyalara herhangi bir bilgisayardan erişilmesine olanak sağlamaktadır [43].

4. BAĞLAM DUYARLI UYGULAMALAR

Bu bölümde bağlam kavramı ve bağlam duyarlı uygulamalar hakkında bilgi verilmiştir.

4.1. Bağlam ve Bağlam Duyarlılık

Bir varlığın durumunu karakterize eden bilgiye “bağlam” (context) denir. Bu varlık, kullanıcı ve uygulama arasındaki karşılıklı etkileşim ile ilgili olan bir kişi, bir yer veya bir nesne olabilir [44].

Bağlam duyarlı kavramının kullanıldığı ilk çalışma Shilit ve Theimer tarafından 1994 yılında yapılmıştır [45]. Bu çalışmada bağlam kavramı, konum, çevredeki insanların kimlikleri ve nesneleredeki değişimler olarak tanımlanmıştır. Brown ve diğerleri, bağlam kavramını, yer, kullanıcının etrafındaki insanlar, saat, mevsim ve ısı gibi niteliklerle tanımlamıştır [46]. Ryan ve diğerleri ise önceki bağlam tanımlarına ek olarak kimlik özelliklerini de bağlam çeşidi olarak belirtmiştir [47].

Bağlam kavramı, günümüzde birçok çalışmada kabul gören şekliyle Dey tarafından *“Varlığın durumunu karakterize eden herhangi bir bilgidir. Varlık, uygulama ve kullanıcı arasındaki etkileşime göre bir kişi, yer ya da nesne olabilir.”* olarak tanımlanmıştır [48]. Geçmiş tanımlar da göz önünde tutularak en genel kapsamda bağlam, bilgisayar destekli bilgi sistemleriyle, bu sistemlerin kullanıcıları arasındaki durum etkileşimlerini betimleyen her türlü bilgi olarak tanımlanabilir ve bu bilgiler arasında kullanıcının kimliği, mekânsal, zamansal, çevresel, sosyal ve fiziksel durumu da sayılabilir.

Sinderen ve diğerleri, mobil bir uygulamada bağlam için kullanıcı aktiviteleri, bulunulan konum, GSM hücre bilgisi, batarya gücü, uygun ağlar, favori yerler, ulaşım şekli, hız ve yön gibi parametreleri tanımlamıştır [52].

Bağlam için verilebilecek bazı örnekler şu şekilde sıralanabilir [49]:

- Kullanıcının kimliği
- Kullanıcının yakınında bulunan insanların ve nesnelere yönelik yönelimleri
- Zaman, tarih, mevsim vb. bilgiler

- Işık, gürültü, basınç, ses, sıcaklık vb. bilgiler
- Kullanıcının duygusal durumu
- Kullanıcının kan basıncı, kalp atışı, ses tonu, kan şekeri gibi sağlık bilgileri

Bir sistem, işlevi ile ilgili olarak kullanıcıya bilgi sağlamak için bağlam kullanıyorsa, bu sistem “bağlam duyarlı” olarak tanımlanabilir [48]. Mobil cihaz üzerinde kullanılan bu tür bir sistemin sağlayacağı bilgiler, mobil cihazın sahip olduğu teknolojiye göre değişebilir. Günümüz cep telefonlarında bağlam bilgileri rahatlıkla elde edebilmektedir. Örneğin, akıllı telefonlar ile İnternete bağlanılabilmekte, kullanıcının anlık koordinatları GPS ile belirlenebilmekte ve pusula ile hangi yönde olduğu öğrenilebilmektedir. Bu bilgiler ve kullanıcının kişisel bilgileri ilişkilendirilerek, kullanıcıya çevresindeki sevdiği mağazalarda indirim varsa veya sevdiği türde bir film gösterime girmişse haber veren bağlam duyarlı bir uygulama geliştirilebilir [50].

4.2. Mobil Uygulamalarda Bağlam Duyarlılığı

Mobil teknolojilerin gelişmesi ve mobil cihazların yaygınlaşması ile birlikte son kullanıcılara sunulan mobil uygulamalarda da artış ve gelişme yaşanmaktadır. Gelişmiş görsel ara yüzleri ve özellikleri ile mobil uygulamalar, görsel açıdan daha etkili ve kullanıcı dostu hale gelmiştir. Bağlam bilgilerini elde eden ve bu bilgileri uygun şekilde kullanan uygulamaların daha verimli sonuçlar elde edebileceği düşünülmektedir. Bağlam farkındalığı olan uygulamaların geliştirilmesi aşamasında bağlam bilgisinin yüksek kalitede elde edilmesi, dağıtık mimarilerde bu bilginin düzgün işlenmesi gereklilikleri ve gizlilik seçeneklerinin son kullanıcı tarafından belirlenmesi gibi problemlerle karşılaşılmaktadır [51].

Mobil cihazlarda bulunan sensörler bağlam belirlemede çok etkin bir rol oynamaktadır. Mobil cihazlarda yaygın kullanılan sensörler şu şekilde sıralanabilir [49].

- Işık sensörü
- Kamera
- Mikrofon
- Ekran sensörü
- GPS sensörü

- Hız sensörü
- Basınç sensörü
- Sıcaklık sensörü

4.3. Literatürde Bulunan Bağlam-Duyarlı Mobil Uygulamalar

Bu alanda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Gallego ve Huecas, yaptıkları çalışmada bankacılık verilerine dayalı bağlam duyarlı bir mobil tavsiye uygulaması geliştirmiştir [53]. Uygulamada kullanılmak üzere 34 bin banka müşterisine ait 222 bin farklı konumda kullanılmış 2,5 milyon kredi kartı harcama verilerine ilgili banka aracılığıyla erişilmiştir. Kullanıcı, mobil cihaz üzerinden uygulamayı çalıştırdığında konum bilgileri alınmakta ve kullanıcının banka bilgileri analiz edilmeye başlanmaktadır. Bu aşamada, kullanıcı tarafından yapılan harcama miktarları, harcama türleri, harcama konumları gibi bilgiler elde edilerek kullanıcının profili oluşturulmaktadır. Daha sonra kullanıcı istediği alanda tavsiye alabilmektedir. Örneğin, kullanıcı yemek için bir mekân tavsiyesi istediğinde, zamana göre öğle ya da akşam yemeği mekânları, banka bilgileri kullanılarak yakında daha önce kullanıcının gittiği mekânlar ve bankanın diğer müşterileri tarafından tercih edilen mekânlar göz önünde bulundurularak kullanıcıya bir mekân tavsiyesinde bulunmaktadır. Kullanıcılar, uygulama üzerinden yaptıkları harcamalar için yorum ekleyebilmekte ve memnuniyet oylaması yapabilmektedir. Bu modül sayesinde, harcama noktalarının memnuniyet düzeyleri belirlenebilmekte ve daha sonraki tavsiye aşamalarında ilgili harcama noktasının memnuniyet düzeyi, tercih edilme sayısı, müşteri yorumları gibi bilgiler kullanılmaktadır. Bu uygulama bağlam duyarlılık bakımından, kullanıcının geçmiş banka bilgilerini, kullanıcının anlık konumunu, harcama noktalarının memnuniyet düzeylerini, müşteri yorumlarını ve kullanıcının tercihlerini göz önünde bulundurmaktadır.

Ceran, yaptığı tez çalışmasında akıllı telefonlar için bağlam duyarlı bir acil durum yönetimi uygulaması geliştirmiştir [54]. Akıllı telefon kullanıcısı, geliştirilen uygulama üzerinden yangın ya da bomba ihbarında bulunabilmektedir. Kullanıcı, ihbar edilecek durumu uygulama üzerinden video, görüntü ve ses olarak oluşturabilmekte, aynı zamanda durumun gerçekleştiği konumu uygulama üzerinden GPS ya da ses kaydı olarak da tanımlayabilmektedir. Kullanıcı İnternet üzerinden uygulama kanalıyla ihbarda bulunabilmektedir, İnternet bağlantısı olmadığı durumlarda ise, SMS yoluyla gerekli tüm bilgileri ilgililere aktarabilmektedir. Çalışmada, kullanıcı tarafından çekilen video ve resim,

kullanıcı tarafından sağlanan metin, kullanıcının GPS konumu, mobil cihazın International Mobile Equipment Identity (IMEI) numarası, SMS ve İnternet bağlantısı bağlamlarına duyarlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir.

Zhang ve diğerleri, HTML5 tabanlı bağlam duyarlı bir mobil web tarayıcısı geliştirmişlerdir [55]. Uygulama iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda zaman, konum, içerik ve fiziksel durum bağlamlarında kullanıcının bilgileri kaydedilmektedir. Örneğin, kullanıcının Cumartesi akşamı için sinema konusuyla ilgili tarama yapması sistem tarafından kaydedilmektedir. Kaydedilen bu bilgiler ikinci aşamada tarayıcı üzerinden web sayfası görüntülenmesi aşamasında kullanılmaktadır. Bu aşamada kullanıcının konumundan faydalanılarak İnternet bağlantısının durumuna göre bağlantının güçlü olduğu durumlarda video, resim gibi zengin içeriklere, bağlantının zayıf olduğu durumlarda ise metin içeriklerine yer verilmesi sağlanmaktadır. Aynı zamanda kullanıcının yürümekte ya da koşmakta olduğunun belirlenmesi durumunda, kullanıcıya metin yerine, video ya da resim içeren içeriklerin gösterilmesi tercih edilmektedir. Ek olarak geliştirilen uygulama ile sayfa gösterilmesi aşamalarında kullanıcının geçmiş zaman ve benzer konumlarda ilgilendiği içerik türlerine öncelik verilmesi mümkün olabilmektedir.

Sannino ve Pietro kalp hastaları için bağlam duyarlı bir uygulama geliştirmişlerdir [56]. Uygulama üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, mobil cihaz üzerinden sensörler vasıtasıyla veriler alınmaktadır. İkinci bölümde, bir karar verme modülü bulunmaktadır, elde edilen veriler bu modül tarafından değerlendirilmekte ve anormal bir durum saptandığında alarm verilmektedir. Üçüncü bölümde, alarm durumuna geçilmişse alarm faaliyetleri yerine getirilmekte ve tıbbi müdahale için hastanın bulunduğu ortamdan video yayını başlatılmaktadır. Çalışma bağlam duyarlılık bakımından incelenecek olursa, çalışmanın birinci bölümünde sensörler yardımıyla kalp atışı ve oksijen kullanımı gibi verilerle beraber kullanıcının koşma, yürüme, oturma, yatma durumları hakkında bilgiler de alınmaktadır. Aynı zamanda hastanın bulunduğu ortamda bulunan kamera üzerinden de hastanın genel durumu hakkında bilgi alınabilmektedir.

Hong ve diğerleri akıllı mobil cihazlar için bir müzik tavsiye uygulaması geliştirmişlerdir [57]. Geliştirilen uygulama tavsiye edilecek müziklerin seçiminde kullanıcı bağlamında ve müzik parçası bağlamında çalışmaktadır. Uygulama kullanıcı bağlamında, kullanıcının bulunduğu konumu, havanın durumunu, günlük ve haftalık zaman dilimlerini dikkate

almaktadır ve bu bilgileri tavsiye aşamalarında kullanmak üzere kaydetmektedir. Müzik parçası bağlamında ise bir parçaya ilgili mobil cihaz kullanıcısının ve uygulamayı kullanan diğer mobil kullanıcıların verdikleri tepkiler dikkate alınmaktadır. Bu tepkilere örnek olarak, bir müzik parçasının kullanıcı tarafından tamamının dinlenip dinlenilmemesi, ya da ne kadar dinlendikten sonra parçanın değiştirildiği verilmiştir. Dikkate alınan bir başka bağlam ise listeye yeni müzik parçaları eklendiğinde bu parçaların şarkıcı ve müzik türü bakımından değerlendirilerek tavsiye edilme durumunun belirlenmesidir. Uygulama tarafından kullanıcı sürekli olarak bağlam bakımından değerlendirilmektedir ve durumunda bir değişiklik tespit edildiğinde tavsiye aşamalarında bu durum dikkate alınmaktadır.





5. MOBİL BULUT ORTAMLARINDA İŞ AKTARIMI

Akıllı telefon satışları son yıllarda hızla artmaktadır [58]. Bu cihazlar milyarlarca kullanıcının isteklerini karşılamak için çok yönlü uygulamalar çalıştırabilmektedir. Bu uygulamalara örnek olarak; gelişmiş medya oynatıcıları, GPS uygulamaları, gerçek zamanlı oyun ve iletişim uygulamaları verilebilir. Bu mobil uygulamalar genelde kullanıcı etkileşimli, yoğun veri işleyen, hızlı cevap süreleri ve uzun pil ömrü gerektiren uygulamalardır. Bununla birlikte, bilgisayarlarla karşılaştırıldığında mobil telefonlar, işlemci kapasitesi ve pil ömrü bakımından daha sınırlı özelliklere sahiptir. Mobil telefonlarda karmaşık uygulamaların çalıştırılması düşük performanslarla karşılaşılması ve pil ömrünün yetersiz kalmasına neden olabilmektedir [8]. Bulut bilişim servisleri, ölçeklenebilir ve esnek yapısıyla beraber düşük maliyetleriyle son zamanlarda giderek popüler olmaya başlamıştır. Mobil cihazların sınırlılıklarından kaynaklı sorunların üstesinden gelmenin en uygun yolu mobil ortamdan bulut ortama iş aktarımı olarak görülmektedir [7].

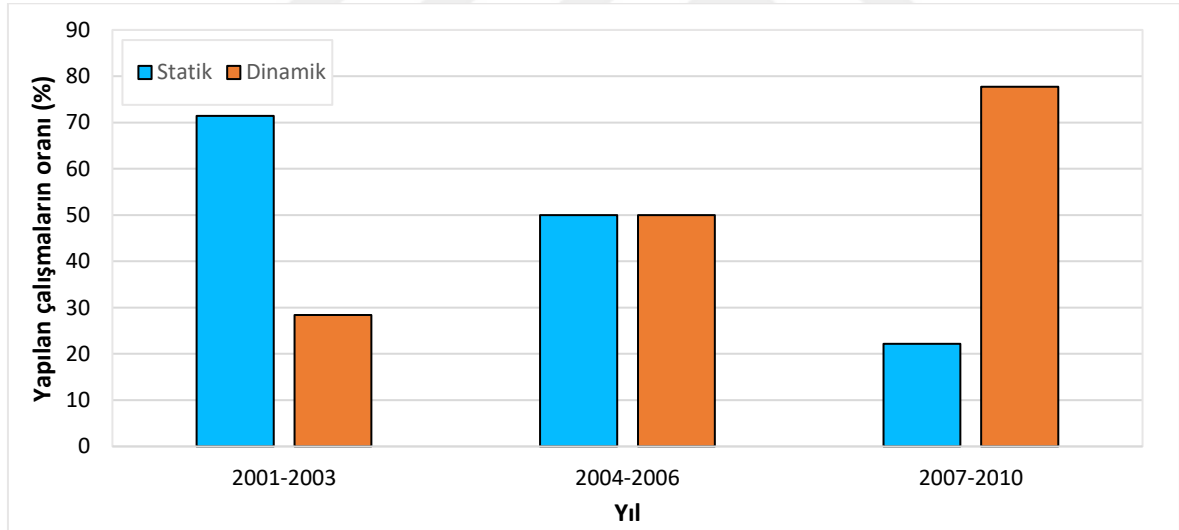
Buluta iş aktarımı ve sonuçların geri alınması doğal olarak zaman ve enerji gerektirmektedir. Aynı zamanda bulut ortamının kapasitesi ve maliyeti de hesaba katılması gereken bir etmendir. Buluta iş aktarımı için bahsedilen maliyetler dikkate alınarak, ilgili işin buluta aktarılmasına ilişkin karar verilmelidir [8].

5.1. İlgili Çalışmalar

Literatür taraması ayrıntılı şekilde incelendiğinde bu alanda yapılan çalışmaların sınırlı olduğu ve son yıllarda giderek artmaya başladığı görülmektedir. Yapılan çalışmalar genellikle mobil ortam üzerinden veri toplama, işin buluta aktarılmasına ilişkin karar verme, buluta aktarılacak işin parçalara ayrılarak aktarılması şeklinde sınıflandırılabilir. Belirlenen problemlerin çözümü için genelde özel algoritmalar geliştirilmiştir [7,8,11,67,87]. Birkaç çalışmada ise makine öğrenme algoritmalarından faydalanılmıştır [31,65,66,113]. Geliştirilen uygulamaların büyük bölümü bağlam duyarlıdır. Çalışmaların bir kısmı güç tüketimi ve süre bağlamında, bir kısmı İnternet bağlantı durumu bağlamında, bir kısmı da konum ve zaman bağlamında yapılmıştır. Uygulamaların büyük bölümünün simülasyon ortamında ya da deneysel uygulama ortamlarında çalıştırıldığı belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda ise gerçek uygulama ortamındaki sonuçlar üzerinden değerlendirme yapılmıştır

[8,64]. Mevcut çalışmaların sonuçlarına göre, geliştirilen çözümlerin enerji tüketimi ve süre bakımından verimli olabildikleri, Wi-Fi bağlantı ortamının genelde GSM bağlantı ortamına oranla daha verimli olduğu ve bulut ortamının mobil ortama oranla daha iyi performans sağladığı ifade edilmiştir [11,60,61,63,70,114].

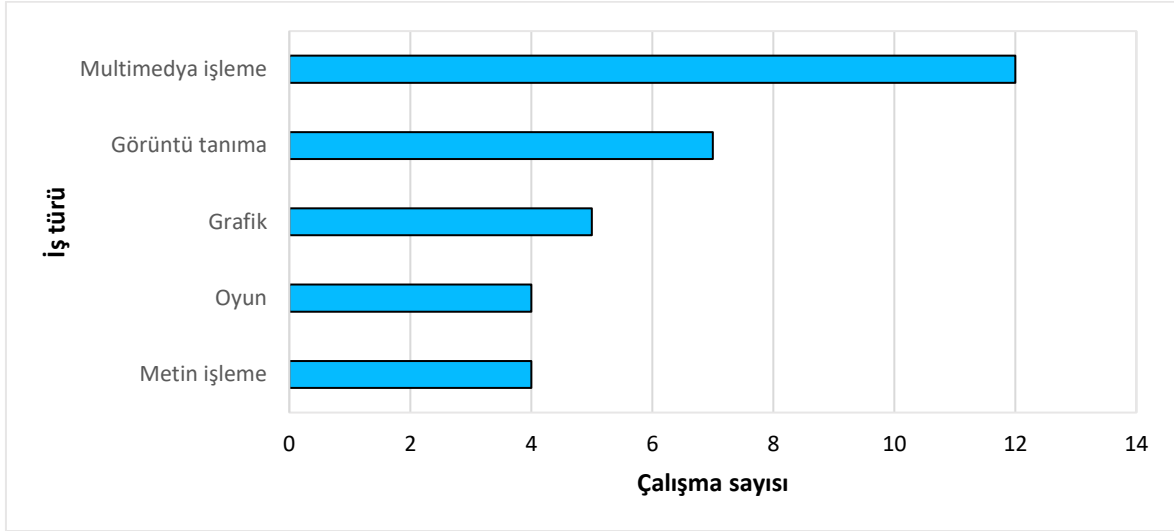
Kumar ve arkadaşları tarafından mobil bulut iş aktarımında kullanılan yöntemlere yönelik çalışmalar incelenmiştir [59]. Elde edilen verilere göre işlerin bulut ortamına aktarılmasının sebebi olarak yüksek performans elde edilmesi ya da güç tasarrufu sağlanması gösterilmiştir. Bu çalışmada benzer çalışmalarda kullanılan iş aktarım yöntemleri, iş türleri ve kullanılan cihazlar hakkında bilgi verilmiştir. Kumar ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada statik ve dinamik karar verme yöntemlerinin 2001 ve 2010 yılları arasındaki değişimi incelenmiştir. Şekil 5.1'de 2001-2003, 2004-2006 ve 2007-2010 yılları arasındaki statik ve dinamik karar verme yöntemlerine yönelik çalışmaların sayısının değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 5.1. İş aktarım yöntemlerine yönelik çalışmaların sayılarının yıllara göre değişimi [59]

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi 2001-2003 yılları arasında statik karar verme yöntemlerine yönelik çalışmaların oranı %71, dinamik karar verme yöntemlerine yönelik çalışmaların oranı %29 iken, 2004-2006 yılları arasında her iki yöntem üzerine yapılan çalışmaların oranı yaklaşık olarak %50 olmuş, 2007 yılından itibaren dinamik karar verme yöntemlerine yönelik çalışmaların sayısı önemli oranda artmış ve statik karar verme yöntemlerine yönelik çalışmaların oranı %22, dinamik karar verme yöntemlerine yönelik çalışmaların oranı %78 olmuştur.

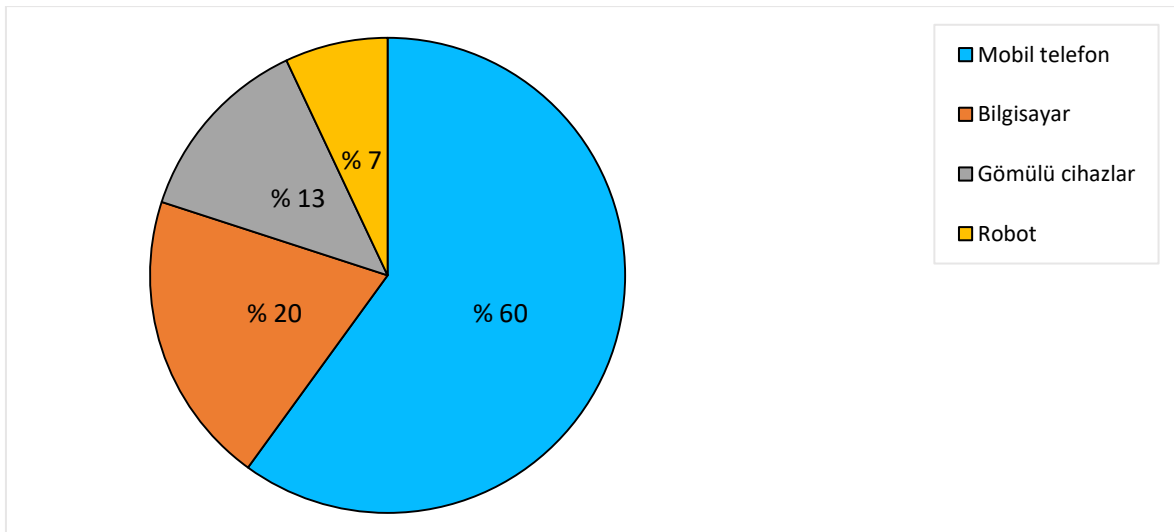
Şekil 5.2’de benzer çalışmalarda, buluta aktarılması için seçilen iş türlerinin sayısı görülmektedir.



Şekil 5.2. Kullanılan iş türleri bazında yapılan çalışma sayıları [59]

Şekil 5.2 incelendiğinde benzer çalışmalarda resim-video işleme, yüz-nesne algılama, oyun, optik karakter tanıma ve metin işleme iş türlerinin tercih edildiği görülmektedir. Bu iş türleri için mobil cihazı zorlayabilecek karmaşık işler oldukları söylenebilir.

Şekil 5.3’te yapılan çalışmalarda kullanılan cihazların oranları görülmektedir.



Şekil 5.3. Kullanılan cihaz türleri [59]

Şekil 5.3 incelendiğinde bu alanda yapılan çalışmalarda en çok mobil telefonların tercih edildiği söylenebilir.

Zhou ve diğerleri tarafından benzer bir çalışma yapılmıştır [60]. Bu çalışmada, dinamik iş aktarma yönteminin en önemli konusu olan güç tüketimi verilerine dinamik erişim için PT uygulamasından faydalanılmıştır. Yeni bir uygulama geliştirmek yerine yaygın kullanılan ThinkAir uygulamasından faydalanılmıştır.

Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi algoritmada kullanılmak üzere önem dereceleri tanımlanmıştır.

Çizelge 5.1. Parametrelere verilen önem değerleri

Derecesi	Önem değeri
Az önemli	1
Önemli	3
Çok önemli	5
Çok fazla önemli	7
Oldukça önemli	9

Aynı zamanda bir işin buluta transferine ilişkin karar verme aşamalarında kullanılacak olan güç tüketimi, İnternet bant genişliği, bulut kaynağın durumu, sinyal seviyesi, GSM İnternet kullanım ücreti gibi kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Çizelge 5.2’de bu değerler sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Karar algoritmasında kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri

Kriter	Ağırlık oranı
Güç tüketimi	0,18
Bant genişliği	0,13
Buluta erişim / müsaitlik	0,51
Bağlanma süresi	0,08
Sinyal seviyesi	0,06
Bağlantı ücreti	0,03

Araştırmacılar, buluta iş aktarılmasına ilişkin karar aşamalarında belirlenen kriterlerin önem sıralamasını buluta erişim, güç tüketimi, bant genişliği, bağlanma süresi, sinyal seviyesi ve bağlantı ücreti olarak belirlemiştir. Bu sıralamaya göre, analitik hiyerarşi süreci (Analytic Hierarchy Process - AHP) ile hesaplanan kriter ağırlıkları Çizelge 5.3'te görülmektedir.

Bu çalışmada küçük veri transferi gerektiren basit ve karmaşık matematiksel hesaplama işleri ile beraber büyük veri transferi gerektiren yüz algılama işleri de kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, çalışma süresi ve güç tüketimi bazında incelenmiştir. Bu çalışmada tek bir akıllı telefon üzerinde test uygulaması yapılmıştır, bu testler mobil ortam, bulut ortam ve algoritma aracılığıyla sağlanmış dinamik ortamda uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre dinamik ortam ile mobil ve bulut ortamlara kıyasla daha az güç tüketildiği ve daha iyi performans sağlandığı belirlenmiştir.

Kovachev ve Klamma tarafından yapılan çalışmada anlık güç tüketim verilerine erişmek için CPU ve LCD değerlerini dikkate alan dinamik bir güç modeli geliştirilmiştir [61]. Bulut ve mobil ortamlar için maliyet modeli oluşturulmuş basit bir algoritma ile daha avantajlı ortam seçilmiştir. Uygulama kapsamında iş türü olarak sekiz vezir problemi ve video işleme işleri seçilmiştir. Bu işler için farklı karmaşıklık seviyeleri oluşturulmuştur. Sekiz vezir problemi için adım sayıları, video işleme için ise video süresi arttırılarak daha karmaşık işler elde edilmiştir.

Çalışmanın test uygulaması sonunda bulut ve mobil ortam performansları karşılaştırılmıştır. Uygulama sonuçlarına göre, bulut ortamda çalıştırılan video işleme işi daha az güç harcanarak ve daha kısa zamanlarda çalıştırılabilmiştir. Ayrıca video boyutu arttıkça mobil ortama kıyasla bulut ortamının çalışma süresi ve tüketilen güç bakımından daha iyi performans sağladığı belirlenmiştir. Matematiksel işlemler içeren sekiz vezir bulmacası işi için ise zorluk derecesi düşük olan bulmacalarda mobil ortamın daha iyi performans sağladığı, bulmacanın zorluk derecesinin arttığı durumlarda bulut ortamın daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Magurawalage ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, dinamik güç ölçümü için PT uygulamasından faydalanılmıştır [62]. Bir işin enerji maliyeti PT değeri ile süre değerinin çarpımı olarak hesaplanmıştır. Karar verme algoritmasında bir işin güç tüketim verileri ve anlık İnternet bağlantı seviyesi değerleri kullanılmıştır. Bunlar dışında buluta aktarım,

bulutta çalışma ve buluttan cevap alma aşamalarındaki maliyet değerleri de algoritmada kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak özel bir algoritma geliştirilmiştir. Çalışmaya özgü bir mobil bulut uygulaması geliştirilmemiş önceki çalışmalar sonucu geliştirilen ThinkAir uygulaması üzerine eklemeler yapılmıştır. Geliştirilen algoritma CloudSim simülasyon uygulaması ile simule edilmiştir. Çizelge 5.3'te hesaplamalarda ve algoritmada kullanılan semboller ve açıklamaları bulunmaktadır.

Çizelge 5.3. Çalışmada kullanılan semboller ve açıklamaları

Sembol	Birim	Açıklama
i_p	MIPS	p işi için gerekli işlemci kapasitesi
T	s	Azami tamamlanma süresi
$T_{m,p}$	s	p işi için mobil çalışma süresi
$T_{b,p}$	s	p işi için bulut çalışma süresi
$E_{m,p}$	J	p işi için mobil ortamda harcanan enerji
$E_{b,p}$	J	p işi için bulut ortama aktarım sırasında harcanan enerji
$E_{c,p}$	J	p işi için bağlantı sırasında harcanan enerji
u_m	MIPS	Mobil işlemci hızı
u_c	MIPS	Bulut işlemci hızı
B	bps	İnternet bant genişliği
D_p	KB	p işi için gerekli aktarma miktarı
P_{tr}	W	Bağlantı sırasında tüketilen güç
P_{normal}	W	Mobil cihazın normal güç tüketimi
P_i	W	Mobil cihazı işlemcisinin güç tüketimi
O_t	%	Mobil ve bulut ortamlarının çalışma süresi oranları
O_e	%	Mobil ve bulut ortamlarında harcanan enerji oranları

Bu çalışmada bir işi çalıştırmak için gerekli olan işlemci komut sayıları belirlenmekte ve bu değerler üzerinden maliyet hesaplamaları yapılmaktadır. p işi için mobil ortamdaki çalışma süresi Eş. 5.1'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$T_{m,p} = \frac{i_p}{u_m} \quad (5.1)$$

Eş. 5.1'de p işini çalıştırmak için gerekli işlemci komut sayısı, mobil işlemci hızına bölünerek bu işin mobil ortamda çalıştırılması için ne kadar süre gerekeceği hesaplanmaktadır.

Eş. 5.2’de mobil cihazın güç tüketim değeri ile p işinin çalışma süresi çarpılmakta ve sonuç olarak ilgili iş için mobil ortamdaki enerji tüketimi belirlenmektedir.

$$E_{m,p} = (P_i * T_{m,p}) \quad (5.2)$$

Eş. 5.3’te görülen eşitlik ile p işinin buluta aktarılması ve bulutta çalıştırılması sırasında geçen süreler ayrı ayrı belirlenmekte ve belirlenen değerler toplanarak ilgili işin bulutta çalışma süresi hesaplanmaktadır.

$$T_{b,p} = \frac{D_p}{B} + \frac{i_p}{u_p} \quad (5.3)$$

Eş. 5.3’te ilk aşamada, buluta aktarılması gereken dosya boyutunun İnternet bant genişliğine bölümü sonucu buluta aktarım süresi belirlenmektedir. İkinci aşamada ise, p işinin çalıştırılması için gerekli işlemci komut sayısı bulut işlemci hızına bölünmektedir. Son olarak bu iki aşamada belirlenen süre değerleri toplanmaktadır.

p işi için bulut ortama aktarım sırasında harcanan enerji Eş. 5.4’teki gibi hesaplanmaktadır.

$$E_{b,p} = P_{normal} * T_{b,p} + E_{c,p} \quad (5.4)$$

Eş. 5.4’te mobil cihazın normal durumlardaki güç tüketimi ve ilgili işin bulutta çalışma süresi çarpılarak elde edilen değer ile buluta bağlantı sırasında harcanan enerji değeri toplanmaktadır.

Wi-Fi ile bulut ortamına aktarım sırasında harcanan enerji Eş. 5.5’teki gibi hesaplanmaktadır.

$$E_{w,p} = E_b + n * E_{tr} \quad (5.5)$$

Eş. 5.5’te E_b olarak ifade edilen bağlantı kurulması için harcanan enerji değeri ve E_{tr} olarak ifade edilen her byte için harcanan enerji değerleri kullanılmaktadır. Eşitlikte E_b değeri ve ilgili işin boyutunun byte cinsinden değerinin E_{tr} ile çarpılması sonucu elde edilen değer toplanmaktadır.

3G ile bulut ortamına aktarım sırasında harcanan enerji Eş. 5.6’daki gibi hesaplanmaktadır.

$$E_{g,p} = E_b + E_{tr} + E_{tail} * T_{tail} \quad (5.6)$$

Eş. 5.6'da bağlantı kurulması için gerekli enerji değeri, işin aktarılması için gerekli enerji değeri ve kuyrukta bekleme esnasında harcanan enerji değerleri toplanmaktadır.

Mobil ve bulut ortamlarının çalışma süresi oranı Eş. 5.7'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$O_t = \frac{T_{m,p} - T_{b,p}}{T_{m,p}} \quad (5.7)$$

Eş. 5.7'de mobil ortam çalışma süresi değerinden bulut ortam süre değeri çıkarılmakta ve elde edilen sonuç mobil oram süre değerine bölünmektedir. Elde edilen O_t değeri bulut ortamının sağlayacağı avantajı ifade etmektedir.

Mobil ve bulut ortamlarının enerji tüketim oranı Eş. 5.8'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$O_e = \frac{E_{m,p} - E_{b,p}}{E_{m,p}} \quad (5.8)$$

Eş. 5.8'de mobil ortam enerji değerinden bulut ortam enerji değeri çıkarılmakta ve elde edilen değer mobil ortam enerji değerine bölünmektedir. Elde edilen O_e değeri ne kadar büyükse bulut ortamının sağlayacağı enerji tasarrufunun da o kadar fazla olması beklenmektedir. Eş 5.1 - Eş. 5.8 kullanılarak oluşturulan karar algoritması Şekil 5.4'te sunulmuştur.

```

1:    $O_t$  ve  $O_e$  hesapla
2:   if  $0_{t,cl} < 0$  &  $0_{t,ct} < 0$  then
3:       return buluta aktarma
4:   else
5:       if  $0_{t,ct} > 0_{t,cl}$  &  $0_{e,ct} \sim 0_{e,cl}$  &  $t_{ct,p} \geq T$  then
6:           return buluta aktar
7:       else if  $0_{t,cl} > 0_{t,ct}$  &  $0_{e,cl} \sim 0_{e,ct}$  &  $t_{cl,p} \geq T$  then
8:           return buluta aktar
9:       end if
10:      if  $0_{e,ct} > 0_{e,cl}$  &  $t_{ct,p} \geq T$  then
11:          return buluta aktar
12:      else if  $0_{e,cl} > 0_{e,ct}$  &  $t_{cl,p} \geq T$  then
13:          return buluta aktar
14:      end if
15:  end if
16:  return buluta aktarma

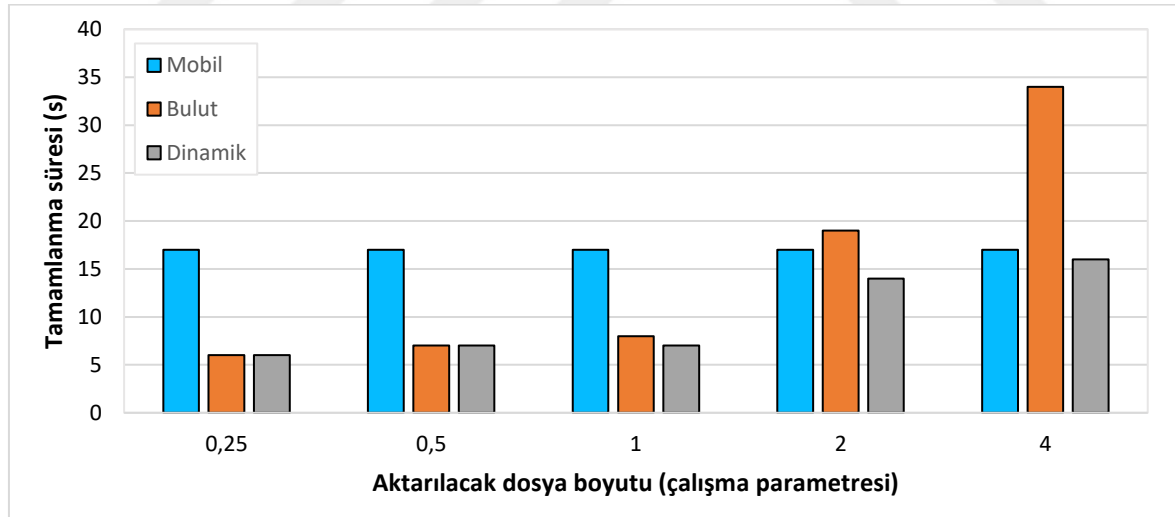
```

Şekil 5.4. Oluşturulan karar algoritması [62]

Şekil 5.4'te sunulan karar algoritmasının başında O_t ve O_e değerleri hesaplanmıştır. İlk aşamada, cloudlet ve cloud tarafından tamamlanma süresi bakımından bir avantaj sağlanmıyorsa, algoritma tamamlanıp mobilde çalışma kararı verilmektedir. Aksi durumlarda, cloudlet ve bulut ortamları için tamamlanma süresi ve harcanan enerji maliyetleri karşılaştırılmakta ve bir avantaj belirlenirse buluta aktarma kararı verilmektedir. Bu aşamalarda da herhangi bir avantaj belirlenmezse mobil çalıştırma kararı verilmektedir.

Kaushik ve diğerleri tarafından buluta iş aktarımına ilişkin karar vermek için matematiksel bir model oluşturulmuştur [63]. Matematiksel modelde, anlık İnternet bağlantı durumu, mobil cihazın kullanılabilir kaynak durumu, iş için gerekli maliyet, transfer edilecek veri boyutu, bulut aktarımı sırasında bekleme ve gecikme maliyeti gibi veriler kullanılmıştır. Geliştirilen model İnternet bağlantısı ve bulut kaynaklarının sabit olduğu varsayılarak simule edilmiştir.

Simülasyon sonuçlarına göre Şekil 5.5'te buluta aktarılacak veri boyutunun arttığı durumlar görülmektedir.

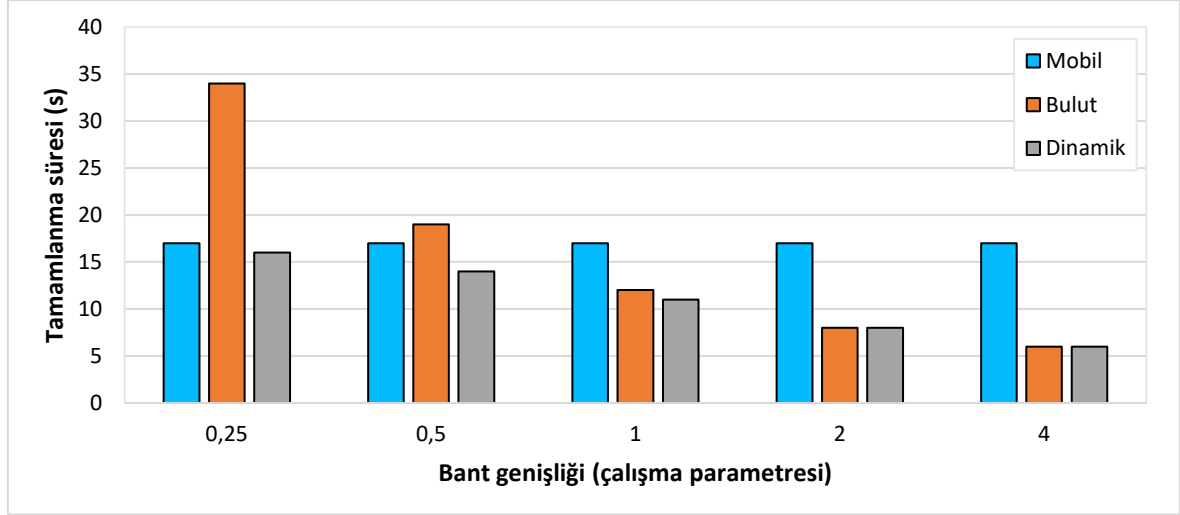


Şekil 5.5. Buluta aktarılacak veri boyutu arttığı durumlarda mobil, bulut ve dinamik ortam performansı [63]

Veri boyutu arttıkça bulut ortamının çalışma süresinin de arttığı görülmektedir. Bulut ortama oranla dinamik ortam sürelerinde daha az artış görülmektedir, mobil ortam ise doğal olarak bu artıştan etkilenmemektedir. Bulut ortamı için aktarılacak dosya boyutu arttıkça tamamlanma sürelerinin de arttığı görülmektedir. Büyük boyutlu dosyaların buluta

aktarılmasının çok uzun tamamlanma süreleri gerektirebileceği ve dolayısıyla bu tür işlemler için buluta aktarmanın doğru olmayacağı söylenebilir.

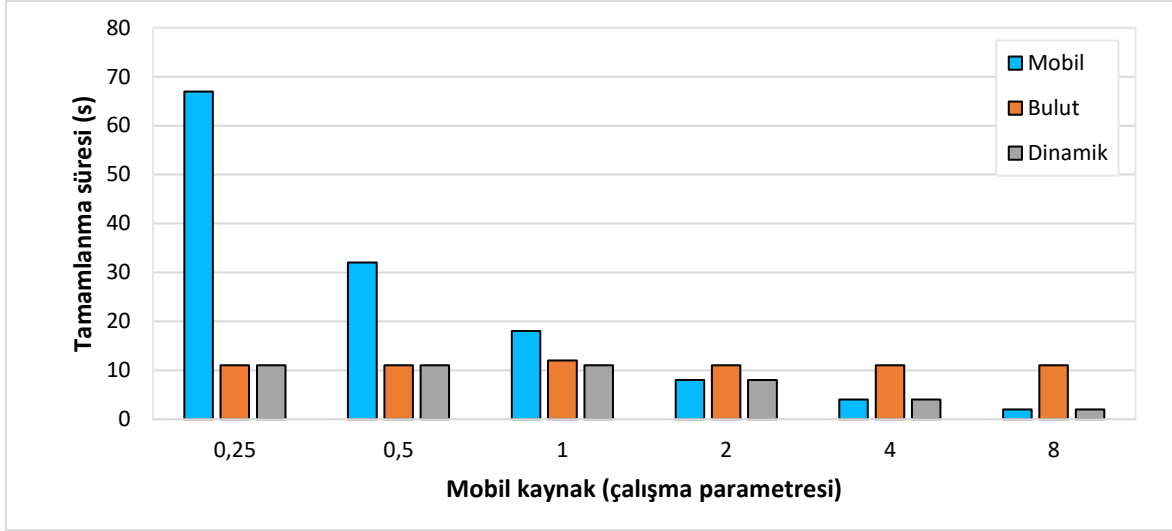
Şekil 5.6’da bant genişliği arttıkça bulut ve dinamik ortam sürelerinin azaldığı ve birbirine benzer değerler aldıkları görülmektedir.



Şekil 5.6. İnternet bant genişliği arttığı durumlarda mobil, bulut ve dinamik ortam performansı [63]

Şekil 5.6 incelendiğinde düşük bant genişliği değerlerinde bulut ortamında elde edilen çalışma süresi değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bant genişliği değeri arttıkça bulut ortamı tamamlanma süresi bakımından daha iyi performans gösterdiği söylenebilir. Dinamik ortamın da bant genişliği değeri arttıkça tamamlanma süresi bakımından daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Dinamik ortamın düşük bant genişliği değerlerinde bulut ortam kadar kötü performans göstermemesinin nedeni olarak, dinamik ortamın bu durumlarda mobil ortam tercihi yapması gösterilebilir.

Şekil 5.7’de mobil kaynakların arttığı durumlar görülmektedir.



Şekil 5.7. Mobil cihaz kaynaklarının arttığı durumlarda mobil, bulut ve dinamik ortam performansı [63]

Şekil 5.7 incelendiğinde mobil kaynakların az olduğu durumlarda mobil ortamın iş tamamlama süresi bakımından çok kötü performans gösterdiği görülmektedir. Mobil kaynaklar arttıkça mobil ortam da daha iyi performans göstermektedir.

Xia ve diğerleri, mobil telefondan bulut ortamına iş aktarımı için Phone2Cloud adında bir uygulama geliştirmişlerdir [9]. Bu uygulamanın amacı bir işi çalıştırırken enerji tüketimini azaltmak ve performansı arttırmak olarak belirlenmiştir. Uygulamada bulunan modüller aşağıdaki gibi ifade edilmiştir;

- Bant genişliği ve kaynak izleme modülü: Bu modül tetiklendiğinde, ortamdaki İnternet bant genişliği ve mobil cihazın işlemci yoğunluğu, pil seviyesi, konumu gibi bilgileri anlık olarak izlemekte ve karar verme modülüne aktarmaktadır.
- Çalışma süresi tahmin modülü: Uygulama için kritik önem taşımaktadır. Bu modül kapsamında bant genişliği ve kaynak izleme modülü tetiklenerek anlık bant genişliği ve mobil kaynak bilgileri elde edilir. Elde edilen bilgiler, geçmiş çalıştırma kayıtlarıyla karşılaştırılır ve benzerliği en fazla olan kayıt belirlenerek ilgili işin çalıştırılma süresi tahmin edilir.
- Aktarma proxy modülü: Bir iş direkt olarak buluta aktarılmaz çünkü belirlenen işin verileri mobil ortam için belirlenmiştir ve bulut ortamında çalıştırılmazlar. Bu modül sayesinde veriler bulut ortamına aktarılması ve sonuçlarının geri alınması için hazırlanır.

- Aktarma karar modülü: Bu modül uygulamanın en önemli modülüdür. Bant genişliği ve kaynak izleme modülü ve çalışma süresi tahmin modüllerinden gerekli bilgiler elde edildikten sonra geliştirilen özel algoritma sayesinde, işin mobil ya da bulutta çalıştırılmasına karar verilir. Verilen karar sonrası ilgili modüller tetiklenir.

Uygulama sonuçları, enerji tasarrufu ve tamamlanma süreleri bakımından incelenmiştir. Sonuçlar analiz edilirken veri boyutu, bant genişliği, işlemci yoğunluğu ve gecikme toleransı durumları dikkate alınmıştır. Uygulama kapsamında sayı sıralama, GPS konumu belirleme ve verilen bir metindeki kelime sayısını hesaplama işleri kullanılmıştır. Elde edilen veriler mobil ortam, bulut ortam ve buluta aktarım ortamları olarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, dikkate alınan durumlara, işlere ve ortamlara göre farklılık göstermektedir. Örnek olarak veri boyutu arttıkça GPS konumu belirleme işi bulut ortama kıyasla mobil ortamda daha az enerji harcamaktadır. Kelime sayısı bulma işi için üç ortamda da benzer oranlarda enerji harcanmaktadır. GPS konumu bulma işinde ise mobil ortamın diğer ortamlara oranla çok daha fazla enerji tükettiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde sayı sıralama işinin genel olarak mobil ortamda çalıştırılmasının daha uygun olduğu belirlenmiştir. GPS konumu belirleme işinin bulut ortamda çalıştırılmasının daha uygun olduğu anlaşılmaktadır, çünkü bu iş türünde genel olarak bulut ortamı daha verimli olmuştur. Kelime sayısı bulma işinde ise üç ortamda da benzer performans değerleri elde edilmiştir. Tüm sonuçlar incelendiğinde bu uygulamayı kullanan bir kullanıcının, buluta iş aktarımına ilişkin doğru kararlar sayesinde, önemli derecede pil tasarrufu ve performans artışı elde edebileceği görülmektedir.

Ra, akıllı telefonlar ile video kaydedilmesi ve kaydedilen videoların bulut sistemi üzerindeki servislere yüklenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır [64]. Mobil telefonların İnternet bağlantısı EDGE, 3G ve Wi-Fi gibi farklı yollarla ile sağlanmaktadır ve bu bağlantılarda önemli değişkenlikler görülebilmektedir. İnternet bağlantısıyla beraber mobil telefonların enerji tüketimlerinin de dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir. Bir videonun bulut servisine yüklenmesi için gerekli enerji miktarı ve mobil telefonun o anki şarj miktarının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Bu tür uygulamaların çoğu gecikme toleranslı uygulamalardır. Örneğin, bir videonun buluta yüklenmesi, uygun İnternet bağlantısı ve uygun şarj miktarı sağlanana kadar ertelenebilmektedir. Araştırmacı, bu çalışmada Stable and Adaptive Link Selection Algorithm (SALSA) adında dinamik ve enerji gecikmeli bir transfer algoritması geliştirmiştir. Algoritmanın deneysel uygulaması akıllı telefonlar üzerinde yapılmıştır. İnternet bağlantısı ve enerji durumlarına göre bazı iş yüklerinin

ertelenmesine karar verilmiştir. Ertelenen bu işler uygun şartlar sağlandığında çalıştırılmıştır. Sonuçlara göre %10 ile %40 oranlarında pil tasarrufu sağlandığı ifade edilmiştir. Çalışmada algoritma ve karşılaştırmalı sonuçlar hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Wu ve diğerleri, performans artışı ve enerji tasarrufu için mobil yük dağıtımını üzerine bir çalışma yapmıştır [7]. Mobil telefonların iş yüklerinin bulut ortamına aktarıldığı durumlarda avantaj sağlanabileceği ifade edilmiştir. Bir işin buluta aktarılmasına ilişkin karar aşamalarında, ilgili işin enerji ve performans bakımından değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Mobil telefonlar üzerinde çalışacak bir işin, bulut ortamına transfer edilmesi ve sonuçlarının bulut ortamından geri alınması aşamalarında dikkate alınması gereken değerler olduğu belirtilmiştir. Bu değerler Çizelge 5.4'te görülmektedir.

Çizelge 5.4. Çalışmada kullanılan semboller ve açıklamaları

Sembol	Birim	Açıklama
P_m	W	İşin mobil ortamda çalışması sırasında tüketilen güç
P	W	İşin bulut ortamda çalışması sırasında tüketilen güç
P_{tr}	W	Transfer sırasında tüketilen güç
B	bps	İnternet bant genişliği
D	KB	Transfer edilecek veri
T_m	s	İşin mobil ortamda tamamlanma süresi
T_s	s	İşin bulut ortamda tamamlanma süresi

Çizelge 5.4'te görülen değerler bir işin, mobil telefon üzerinden buluta taşınmasına karar verme aşamalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada karar verme aşamalarında iki durum üzerinde durulmuştur. Bu durumlar Eş. 5.9 ve Eş. 5.10'da gösterilmektedir.

$$T_m > T_s + \frac{D}{B} \quad (5.9)$$

$$P_m T_m > P_i T_s + P_{tr} \frac{D}{B} \quad (5.10)$$

İlk durumda bir işin buluta aktarılması için, ilgili işin bulutta çalıştırılması sırasında geçen süre ve sonuçların geri alınması sırasında geçen sürelerin toplamının, işin mobil telefon

üzerinde çalıştırılması durumunda gerekli olan süreden küçük olması gerekliliği ifade edilmiştir. Aksi halde işin buluta aktarılması, mobil telefonda çalıştırılması ile karşılaştırıldığında daha fazla zaman alacaktır. İkinci durumda ise işin bulut ortamında çalıştırılması durumunda gerekli enerji ve işin bulut ortamına transferi için gerekli enerji miktarları toplamının, işin mobil telefonda çalıştırılması için gerekli enerji miktarından küçük olması gerekliliği ifade edilmiştir. Bir işin mobil ortamdan bulut ortamına aktarılması kararı, bu iki eşitlikteki durumların ne kadar çok sağlandığına bağlıdır. Eşitliklerin sağlanmadığı durumlarda, işin bulut ortamına aktarılması bir avantaj sağlamayacağı için işin mobil telefonda çalıştırılması daha uygun olacaktır.

Araştırmacılar, bant genişliğinin bulut ortamına transfer kararı alınması aşamasında çok önemli olduğunu belirtmiştir [7]. Yüksek bant genişliği değerlerinde genelde buluta transfer kararları alınacağını ifade edilmiştir. Çalışmada işin mobil ya da bulut ortamında çalıştırılacağına karar vermek için geliştirilen bir algoritma sunulmuştur. Bu algorithmada mobil telefonun şarj durumu ve işin tamamlanma süresine göre farklı değerlendirmeler yapılmaktadır. Örneğin, mobil telefonun şarjı düşük ise ikinci eşitlik, bir işin sonucu hemen gerekli ise birinci eşitlik üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. Çalışmada sadece algoritma sunulmuş, herhangi bir deneysel çalışma yapılmamıştır.

Lin ve diğerleri, mobil bulut ortamlarında iş yükü dağıtımını için Context-Aware Decision Algorithm (CADA) adında bir karar motoru geliştirmiştir [8]. CADA birkaç bölümden oluşmaktadır. Bağlam tanımlayıcı modülü, Wi-Fi, 3G gibi bağlantıların sinyal gücü, bulut ile mobil telefon arasındaki veri hızı, GPS üzerinden konum bilgileri gibi verileri toplamaktadır. Bu veriler mobil kullanıcı bazında olup, veritabanına kaydedilmekte ve CADA'nın karar verme algoritmalarında kullanılmaktadır. Karar verme aşamalarında algoritma çok önemlidir. Örneğin, İnternet bağlantı hızının düşük olduğu durumlarda iş transferi yapılması, enerji tasarrufu yerine fazladan enerji kayıplarına yol açabilir. Çünkü düşük bağlantı hızlarında veri transferi yapmak daha fazla enerji harcanmasına neden olabilmektedir. Bu durumlarda işi buluta transfer etmektense, mobil telefon üzerinde çalıştırmak daha avantajlı olabilmektedir. İşin buluta aktarılması aşamalarında enerji tasarrufu bakımından gün içindeki zaman aralıkları ve konum bilgilerinden faydalanılmaktadır. Örneğin, bir kullanıcının çarşamba günleri 15.00-17.00 saatleri arası kütüphanede çalıştığı ve perşembe günleri saat 18.00-20.00 saatlerinde parka gittiği bilgileri kaydedilmektedir. Ek olarak kütüphanede Wi-Fi bağlantı hızının buluta iş transferi için

uygun durumda olması ve park alanlarında genelde İnternet bağlantısının zayıf olması gibi durumlar da bağlam tanımlayıcı ile kaydedilmektedir.

CADA, bir işin buluta aktarılmasına karar vermeden önce kullanıcının geçmiş veritabanı kayıtlarını inceleyerek en doğru kararı vermeye çalışmaktadır. Çalışmada geliştirilen karar verme motoru gerçek ortamda uygulanmıştır. İhtiyaç duyduğu işlemci miktarlarına göre çeşitli işler oluşturulmuştur. Bunlar; basit ve karmaşık sayısal döngüler, resim işleme, yüz tanıma gibi işlerdir. CADA 4 adet akıllı telefon üzerinde 3 gün boyunca uygulanmıştır. Uygulama sonuçları işlem süreleri ve enerji tasarrufu bakımından incelenmiştir. Toplanan kullanıcı bilgileri sayesinde, yaklaşık %80 oranında doğru tahminler yapıldığı ve bu doğru tahminler sonucunda CADA'nın performansının arttığı belirtilmiştir.

Pu ve diğerleri, SmartVirtCloud adında bir uygulama geliştirmiştir [10]. Bu uygulama mobil cihazlardan bulut ortamına iş aktarılmasına karar vermek için geliştirilmiştir. Uygulama kapsamında geliştiriciler tarafından bulut ortamına aktarılması söz konusu işlerin ve fonksiyonların özel açıklama satırlarıyla önceden belirlenmesi gerekmektedir. Uygulama öncelikle bir işin buluta aktarılmaya uygun olup olmadığını kontrol etmektedir. Buluta aktarılmaya uygun bir iş belirlendiğinde, ilgili işin geçmiş çalışma bilgileri ve mobil cihazın anlık durumu dikkate alınarak buluta aktarımına ilişkin karar verilmektedir. Bir işin buluta aktarılmasına ilişkin karar, geliştirilen özel algoritma sayesinde alınmaktadır. Bu algoritma, mobil cihazın pil seviyesini ve işin tamamlanma süresini dikkate alarak değerlendirme yapmaktadır.

Uygulama aşamalarında üç iş türü kullanılmıştır. Bunlar, yoğun işlemci gücü gerektiren Fibonacci hesaplama işi, yoğun bellek gücü gerektiren resim işleme işi ve veri alışverişi gerektiren resim yükleme işleridir. Uygulama sonuçları incelendiğinde Fibonacci hesaplama işi için karmaşıklık sağlayan parametre sayısının belirleyici olduğu görülmektedir. Basit parametreler ile karmaşık olmayan hesaplama işlemlerinde buluta aktarım ortamının klasik mobil ortama oranla daha fazla sürede işi tamamladığı belirtilmiştir. Ama Fibonacci hesaplama işi karmaşıklaştıkça buluta aktarım ortamının, performans ve enerji tüketimi bakımından daha verimli olduğu ifade edilmiştir. Aynı şekilde resim işleme işi için de işin boyutu ve karmaşıklığı arttıkça buluta aktarım ortamının verimi artmaktadır. Resim yükleme işi için ise küçük boyutlu resimler için de büyük boyutlu resimler için de buluta aktarım ortamının mobil ortamdaki daha verimli olduğu belirtilmiştir.

Kosta ve diğerkleri bu alanda birçok çalışmada referans olarak gösterilen ThinkAir adlı mobil bulut uygulaması geliştirmişlerdir [11]. Bu framework uygulaması mobil uygulama geliştirciler için tasarlanmıştır. ThinkAir tasarlanırken, değişken ortamlara uyum sağlayabilmesi, geliştirciler için kullanım kolaylığı, bulut bilişim sayesinde performansın artırılması ve bulut tarafındaki kaynakların dinamik olarak ölçeklendirilmesi konuları üzerinde durulmuştur. Bu uygulama ile geliştirciler, yazılım içerisinde bulut tarafına aktarılması söz konusu metotların üzerine “@Remote” gibi bir açıklama belirterek ThinkAir tarafından bulut ortamına aktarılmasını sağlayabilmektedir. ThinkAir, bir metodun buluta aktarılmasına karar verme aşamalarında, ilgili metodun geçmiş tamamlanma sürelerini, geçmişte harcanan enerji miktarlarını ve işin bulutta çalıştırılması durumundaki maliyet bilgilerini kullanmaktadır. Eğer bir işin buluta aktarılmasına ilk kez karar veriliyorsa ThinkAir tarafından ortam şartları dikkate alınarak uygun bir karar verilmeye çalışılmaktadır. Örneğin, bir iş ilk kez çalıştırılırken sinyal gücü yüksek Wi-Fi bağlantısı varsa bulut ortamına aktarılmakta, İnternet bağlantısı zayıf ise mobil telefon üzerinde çalıştırılmaktadır. Ayrıca, bir işin bulut tarafından çalıştırılması sırasında aniden İnternet bağlantısı kesilirse, ilgili işin çalışmaya mobil telefon üzerinde devam etmesi sağlanmaktadır.

ThinkAir'in uygulama aşamalarında iç içe döngüler içeren sekiz vezir problemi ve resim işleme gibi yüksek işlemci gücü isteyen işler seçilmiştir. Sekiz vezir problemindeki adım sayısı ve resim işleme işindeki resim boyutları değiştirilerek elde edilen değerler incelenmiştir. Değerlendirme aşamalarında, bir işin sadece mobil telefonda çalıştırılması, 3G bağlantısı ile bulut transferi yapılması, Wi-Fi bağlantısı ile ağ üzerinden buluta bağlanılması ve Wi-Fi bağlantısı ile İnternet üzerinden buluta bağlanılması durumları karşılaştırılmıştır. Sekiz vezir problemleri için genelde bütün buluta aktarım durumları, işin mobil telefonda çalıştırılması durumuna oranla daha az enerji harcamakta ve daha hızlı çalışmaktadır. Bulut bağlantı durumlarının verileri genelde birbirine benzer olmakla beraber Wi-Fi üzerinden bulut ağına bağlanarak işin aktarılması durumunun, 3G ve Wi-Fi ile İnternet seçeneklerine oranla daha iyi performans sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca sekiz vezir problemi işi için harcanan enerji bakımından durumlar arasındaki ilişki incelendiğinde, bu işin mobil telefon üzerinde çalıştırılması durumunda harcanan enerjinin çok fazla olduğu ifade edilmiştir.

Bulut bağlantı durumlarında sırasıyla en az enerji harcayan seçenekler, Wi-Fi üzerinden İnternet ile bulut bağlantısı, 3G ile bulut bağlantısı ve Wi-Fi ile ağ üzerinden buluta bağlantı olarak belirlenmiştir. Burada Wi-Fi bağlantıları arasındaki fark, Wi-Fi ile ağ üzerinden bağlantı yapıldığında bulut üzerinde harcanan enerjinin de dikkate alınmasıyla oluşmaktadır. Resim işleme işinin sonuçları incelenmiş ve Wi-Fi ile ağ üzerinden buluta bağlanması seçeneği ile diğer durumlara oranla daha az enerji harcadığı ve daha kısa sürede tamamlandığı görülmüştür. Sekiz vezir problemi işi için ise Wi-Fi ile ağ üzerinden buluta bağlanma seçeneği ile Wi-Fi ile İnternet üzerinden buluta bağlanma seçeneğinden daha az enerji harcanmıştır. Bunun nedeni olarak da sekiz vezir işinin, resim işleme işine oranla daha az İnternet bağlantısına ihtiyaç duyması gösterilmiştir.

Chun ve diğerleri, yaptıkları çalışmada CloneCloud adlı bir uygulama geliştirmiştir [12]. CloneCloud uygulaması, bir işin tek parça halinde mobil ortamdan bulut ortama aktarılması yerine, ilgili işin sadece bir bölümünün buluta aktarılmasını sağlamaktadır. Bu yöntemde mobil uygulamanın tümü bir sanal bulut makinesine aktarılmaktadır. CloneCloud, bu alanda yapılan diğer çalışmalarda olduğu gibi buluta aktarılması hedeflenen işlere ilişkin bilgileri toplamakta ve kaydetmektedir. Bu uygulamanın en kritik bölümü, bir işin hangi parçalarının buluta aktarılmasına karar verilmesi ve bulut sonuçlarının mobil ortama entegre edilmesidir. Çalışmada CloneCloud uygulamasının deney sonuçlarına yer verilmiştir. Bu uygulama sayesinde, enerji ve cevap süresi bakımından önemli avantajlar sağlandığı belirtilmiştir. Uygulamanın faydalı olabilmesi için mobil telefonun İnternet bağlantısının güçlü olması ve aktarma esnasında değişkenlik göstermemesinin oldukça önemli olduğu ifade edilmiştir.

Su ve Ng yaptıkları çalışmada Mobile Cloud With Smart Offloading System (MCSOS) adında akıllı bir mobil bulut uygulaması geliştirmiştir [13]. Bu alanda yapılan çalışmalardan farklı olarak mobil ortamda çalıştırılacak iş, MapReduce programlama modeli ile parçalara ayrılıp ayrı ayrı çalıştırdıktan sonra elde edilen sonuçların birleştirilmesi şeklinde çalıştırılmaktadır. Burada MCSOS'un amacı toplam enerji tüketimini en aza indirmektir. Uygulama kapsamında üç senaryo bulunmaktadır. Bunlardan birincisi olan non-offload senaryosunda bir iş parçalara ayrıldıktan sonra buluta transfer edilmeden mobil ortam üzerinde çalıştırılıp tekrar birleştirilmektedir. İkinci senaryo full-offloading senaryosudur, bu senaryo ile bir iş, parçalara ayrıldıktan sonra buluta transfer edilmekte ve sonuçları geri alınıp birleştirilmektedir. Bu senaryoda, her bir iş parçası buluta aktarılırken ve buluttan sonuçları geri alınırken harcanan enerji miktarları da dikkate alınmaktadır. Üçüncü senaryo

ise hybrid-offloading senaryosudur. Bu senaryoda MCSOS, iş parçalarının bulutta ya da mobil ortamda çalıştırılmasına karar vermektedir. Bu karar verilirken iş parçalarının boyutu ve transfer edilecek bulut kaynaklarının kapasiteleri dikkate alınmaktadır. Aynı zamanda iş parçalarının transferlerinde harcanan enerji miktarları hem karar aşamalarında hem de enerji tüketiminin hesaplanması aşamalarında dikkate alınmaktadır. Geliştirilen uygulamanın simülasyon sonuçlarına göre MCSOS uygulamasının non-offload ve full-offloading senaryolarına oranla daha verimli olduğu belirtilmiştir. Deney verilerinin boyutu arttıkça MCSOS uygulamasının verimliliği de azalmaktadır. Bunun nedeni olarak, iş parçalarının boyutu arttıkça, bu işlerin buluta aktarılması için gerekli enerji miktarının da artması sonucu uygulama tarafından buluta transfer yerine non-offload senaryosunun tercih edilmesi gösterilmektedir.

Jia ve diğerleri bu alanda yaptıkları çalışmada, mobil bulut iş transferi için işlem süresini en aza indirmeyi hedefleyen bir algoritma geliştirmiştir [65]. Çalışmada, buluta aktarılması düşünülen işlerin sıralı olması ya da eşzamanlı olması durumuna göre iki farklı algoritma sunulmuştur. İşlemlerin sıralı olması durumunda, bir işlemin sonucu kendisinden sonraki işlem ile ilgili olacağı için bu işlemlerin buluta aktarılma süresi ve buluttaki işlem süreleri dikkate alınmaktadır. Bu aşamada İnternet bağlantısı önemli rol oynamaktadır. Buluta aktarma işlemi bir işin tamamlanması için kayda değer bir süre avantajı sağlamıyorsa, bu iş buluta aktarılmamaktadır. Çalışmada, bu tür sıralı işlerin buluta aktarılmasına ilişkin süreyi en aza indirmeyi hedefleyen bir algoritmaya yer verilmiştir. Eşzamanlı işler için ise algoritma daha karmaşık hale gelmektedir. Bu işlerde belirli bir işlem sırası olmadığı için bütün işlerin ya da işlerin bir bölümünün buluta aktarılması mümkündür. Bu durum işlerin tamamlanması için gereken süre bakımından avantaj sağlayabilmektedir. Burada önemli olan, işlerin buluta aktarılması ve bulutta çalıştırılması sırasında geçen süre ile işlemin mobil ortamda çalıştırılması sırasında geçen süre arasında karşılaştırılma yapılması, işin buluta aktarılması sırasında bekleme aşamasında mobil ortamın en iyi şekilde değerlendirilmesi, İnternet bağlantısı ve bulut ortamındaki gecikmelerin tahmin edilmesi gibi durumların dikkate alınmasıdır. Hangi işlemlerin buluta aktarılacağı, buluta aktarılacak işlemlerin hangi sıralamada olacağı sorusu bir NP-zor (NP-hard) problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmada bu problemin çözümü için ağaç sıralama algoritması kullanılmıştır.

Geliştirilen uygulamanın değerlendirme sonuçlarına göre, bir dizideki işlem sayısı ve işlemlerin büyüklüğü arttıkça, algoritmanın başarısı azalmaktadır. Bunun nedeni olarak,

belirtilen durumlarda daha güçlü ve değişkenlik göstermeyen İnternet bağlantısına ihtiyaç duyulması gösterilmektedir. İş listesi için oluşturulan ağaç sıralama algoritmasındaki yapı ne kadar karmaşık olursa, uygulamanın sağladığı avantajın da o derece azalmakta olduğu ifade edilmiştir. Bir başka değerlendirme kriterine göre, İnternet bant genişliğine bağlı olarak algoritmanın başarısı değişmektedir, bant genişliği arttıkça işlerin tamamlanması sırasında geçen süre daha kısa olmaktadır.

Eom ve diğerleri, mobil bulut iş aktarımı için makine öğrenme algoritmalarından faydalanmıştır [66]. Open Computing Language (OpenCL), kişisel bilgisayarlar, sunucular ve mobil cihazlar üzerinde paralel çalışma ortamı sağlayan bir standarttır. Bu çalışmada, mobilden buluta iş transferi işlemleri OpenCL tabanlı geliştirilmiştir. Çalışmada, çevrimdışı ve yapay olarak oluşturulan deneme ortamında, 19 makine dili algoritması başarı bakımından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları incelendiğinde, örnek tabanlı makine öğrenme algoritmasının en başarılı tahminleri sağladığı görülmüştür. Çevrimiçi mobil bulut iş transferinde kullanılacak makine öğrenme algoritması olarak bu algoritma seçilmiştir. Örnek tabanlı makine öğrenme algoritmasının, yapısının kolay olması, yeni bir veri setine uygulanmasının basit olması gibi avantajları da bu kararın alınmasında önemli rol oynamıştır. Geliştirilen uygulamada buluta aktarılacak iş ile ilgili herhangi bir geçmiş bilgisi yoksa öncelikle o işe ilişkin veriler kaydedilmektedir. Daha sonra ilgili işin buluta aktarılıp aktarılmayacağı, süre bakımından değerlendirilip karar verilmekte ve verilen karar eğitim verisine eklenmektedir. Bu şekilde, algoritmanın doğru tahminler yapması için kullanılacak olan eğitim verisinin oluşturulması sağlanmaktadır. Geliştirilen uygulamanın değerlendirme sonuçlarına göre uygulamanın, 6,5MB/s, 1MB/s ve 0,5MB/s olarak değişen bant genişliğindeki bağlantı durumlarına adapte olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak makine öğrenme algoritması sayesinde, uygulama ortamında değişen durumlar karşısında doğru kararlar verildiği ifade edilmiştir.

Lim ve Lee, mobil ortamdaki bulut ortama aktarılan işler için tüketilen enerji miktarının önceden hesaplanması ile ilgili bir çalışma yapmıştır [67]. Bu şekilde tüketilecek enerji miktarının önceden doğru tahmin edilmesinin, mobilden buluta iş aktarılması işlemlerinde oldukça önemli olduğu belirtilmiştir. Çalışma kapsamında dinamik enerji tüketimini tahmin eden bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma, karar tablosu, doğrusal regresyon, yerel ağırlıklı öğrenme, örnek tabanlı öğrenme ve KStar algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Bu algoritmalar, yüz tanıma, satranç ve video işleme işlerinin buluta aktarılması sonucunda

tüketilen enerji tüketimlerini önceden tahmin edebilmeleri durumlarına göre karşılaştırılmıştır. Yüz tanıma işleminde geliştirilen dinamik algoritma ile KStar algoritması birbirine yakın olarak doğru tahminlere ulaşmıştır. Satranç uygulamasında ise geliştirilen algoritma diğer algoritmalara oranla daha doğru tahminler yapmıştır. Video işleme uygulamasında ise geliştirilen algoritma ile doğrusal regresyon algoritması doğru tahminlere ulaşan algoritmalar olarak öne çıkmıştır.

Rahimi ve diğerleri, yaptıkları çalışmada mobil uygulamaların etkinliğini arttırmak için bulut servislerinden faydalanılması gerektiğini belirtmişlerdir [68]. Mobil kullanıcının, konum, zaman ve kullanım bilgilerini modelleyerek, performans ve enerji tüketimi kriterlerine göre bulut ortamına iş aktarılması problemi üzerinde çalışmışlardır. Bu problem bir NP-hard problemi olarak ifade edilmiş ve Mobility-Aware Service Allocation on Cloud (MuSIC) adında bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma CloudSim ortamında simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre yerel bulut servislerinin, genel bulut servislerine oranla hız ve enerji bakımından daha iyi performans sağladığı ifade edilmiştir.

Islam ve diğerleri, akıllı şehirler için büyük sağlık verilerinin işlenmesi konulu bir çalışma yapmışlardır [69]. Bu çalışmada, son yıllarda büyük şehirlerde yaşayan insanlar için popüler hale gelen akıllı şehir kavramına değinilmiştir. Akıllı şehir kavramının en önemli özelliklerinden biri olarak akıllı sağlık sisteminden bahsedilmiştir. Bir hastaya ait büyük sağlık verilerinin, uygun şartlar altında bulut ortamına aktarılması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sonuçlarının aktarılması işlemleri akıllı sağlık sistemi kapsamında ele alınmıştır. Burada en önemli konu olarak, hasta verilerinin bulut sistemine kısa sürelerde ve daha az enerji harcanarak aktarılması üzerinde durulmuştur. Bunun için de mobil cihazlar ile genel bulut sistemi arasında cloudlet yapıları kurulmuştur. Daha sonra karınca kolonisi optimizasyonu ile uygun cloudlet seçimi yapılmaya çalışılmıştır. Cloudlet seçimi için geliştirilen Prioritized Meta-Heuristic Virtual Machine Migration (PRIMIO) adındaki sistemin test sonuçlarına yer verilmiştir. Test uygulaması kapsamında 10 adet mobil cihazın poisson dağılımına göre metin, belge ve resimlerden oluşan hasta kayıtlarının, bulut ortamına aktarılması sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, buluta aktarmama seçeneği, uygun ilk cloudlet seçilmesi ve araştırmacıların önceki çalışmalarında geliştirdikleri genetik algoritma içeren model seçenekleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda PRIMIO sisteminin, çalışma süresi ve başarılı olarak tamamlanan görev sayısı bakımından en iyi değerleri sağladığı görülmüştür.

Oliviera ve diğçerleri, mobil cihaz üzerinde çalışan kodun başka bir deyişle fonksiyonun bulut ortamına taşınması üzerine bir çalışma yapmıştır [70]. Bulut ortamında, mobil ortamda çalışan aynı kod ve aynı kütüphaneler kullanılmıştır. Çalışmanın uygulama aşamalarında mobil cihaz X ve mobil cihaz G olmak üzere iki adet cihaz kullanılmıştır. Cihazların teknik özellikleri Çizelge 5.'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Cihazların teknik özellikleri

Cihaz	İşlemci	Bellek	Depolama
cihaz G	4x1.5 GHz Cortex-A53	1 GB	8 GB
cihaz X	4x2.0 GHz Cortex-A57	3 GB	32 GB

Çalışmada buluta transfer edilmesi için yüz algılama işi seçilmiştir. Karşılaştırma yapılabilmesi için içerdikleri yüz sayıları farklı olan Görüntü A ve Görüntü B olmak üzere iki adet görüntü kullanılmıştır. Bu görüntüler, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da görölmektedir.



Şekil 5.8. Çalışmada kullanılan Görüntü A [70]



Şekil 5.9. Çalışmada kullanılan Görüntü B [70]

Görüntü A ve Görüntü B bu iki mobil cihazda üç kez çalıştırılmıştır. Bunlardan birinde bu görüntüler sadece mobil cihaz üzerinde çalıştırılmıştır. Diğer iki çalıştırma için ise iki adet senaryo oluşturulmuştur. Birinci senaryoda, görüntünün tümü buluta yüklenmiştir. İkinci senaryoda ise görüntünün kopyasının bulutta bulunduğu varsayılarak buluta sadece görüntünün ID değeri gönderilmiştir.

Uygulama sonuçlarına göre cihaz X, Görüntü A için mobil ortamda sonuç olarak 23, birinci senaryoda 24 ve ikinci senaryoda ise 25 yüz algılayabilmiştir. Tamamlanma süresi olarak da sırasıyla ikinci senaryo, mobil ortam ve birinci senaryo en iyi değerleri sağlamıştır. Başka bir deyişle görüntü dosyasının tamamını buluta aktarmak, fonksiyonu mobilde çalıştırmaktan daha uzun sürmekte buna karşın görüntünün “ID” değerini buluta aktararak fonksiyonu çözmek ise en kısa süre değerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Cihaz G ise Görüntü A için mobil ortamda 22 yüz, bulut ortamında ise 25 yüz algılayabilmiştir. Tamamlanma süreleri bakımından ise sırasıyla ikinci senaryo, birinci senaryo ve mobil ortam seçenekleri en iyi değerleri sağlamıştır. Cihaz G için ortaya çıkan bu farklı değerlerin nedeni olarak cihaz G'nin teknik özelliklerinin cihaz X'in teknik özelliklerinden düşük olması gösterilebilir. Bunun dışında Görüntü B'nin Görüntü A'ya göre iki cihaz için de tüm senaryolarda daha kısa tamamlanma sürelerine sahip olduğu belirtilmiştir.

Bu alanda yapılan diğer çalışmaların genel bir özeti Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Yapılmış benzer çalışmalar

No	Çalışmanın adı	Amacı	Bağlam-Duyarlı	Yöntem	Uygulama Ortamı	Sonuç
1	Cloud-Enabled Mobile Sensing Systems [64]	Gecikmeli transfer ile enerji tasarrufu sağlamak	Kısmen	Lyapunov framework tabanlı özel algoritma	Gerçek ortamda uygulanmış	% 10-%40 oranında güç tasarrufu sağlanmıştır.
2	Tradeoff between performance improvement and energy saving in mobile cloud offloading systems [7]	Performans iyileştirme ve enerji tasarrufu sağlamak	Evet	Özel algoritma	Algoritma düzeyinde incelenmiş	Esnek bulut yapısı sayesinde tamamlanma süresi ve harcanan enerji dışında, ekonomik maliyetlerin de dikkate alınabileceği belirtilmiştir.
3	Context-aware decision engine for mobile cloud [8]	Buluta iş aktarımına karar vermek	Evet	Özel algoritma	Gerçek ortamda uygulanmış	Yaklaşık %80 oranında doğru tahminler yapılmıştır.
4	Thinkair: Dynamic resource allocation and parallel execution in the cloud for mobile code offloading [11]	Mobil ortamdan bulut ortamına method bazında iş aktarmak	Kısmen	Özel algoritma	Deneyisel uygulama ortamı kullanılmış	Telefon, Wi-Fi ve GSM çalışma ortamlarından, Wi-Fi ile aktarma işlemleri daha verimli olmuştur.
5	CloneCloud: Elastic execution between mobile device and cloud [12]	Enerji tasarrufu ve daha kısa tamamlanma süreleri elde etmek	Hayır	İşin parçalara ayrılarak bulut ortamında çalıştırılması	Deneyisel uygulama ortamı kullanılmış	Wi-Fi ile aktarma işlemleri, mobil ortam ve GSM ile aktarmaya oranla daha verimli olmuştur. Bağlantının değişken olmaması oldukça önemlidir.
6	Mobile cloud with smart offloading system [13]	İşin buluta aktarılması yoluyla enerji tasarrufu sağlamak	Kısmen	İşin parçalara ayrılarak bulut ortamında çalıştırılması	Deneyisel uygulama ortamı kullanılmış	Deney verisindeki iş parçalarının sayısı ve boyutlarına göre, geliştirilen uygulama Non-Offloading seçeneğine göre daha verimli olmuştur.
7	Heuristic offloading of concurrent tasks for computation-intensive applications in mobile cloud computing [65]	Sıralı görevlerden oluşan işlerin, bulut üzerinde parça parça çalıştırılması yoluyla daha kısa sürede tamamlamak	Kısmen	Ortaya çıkan NP-hard probleminin ağaç sıralama algoritması ile çözümü	Deneyisel uygulama ortamı kullanılmış	Sıralı görevlerin sayısı ve boyutu arttıkça uygulamanın başarısı azalmaktadır. Aynı zamanda oluşturulan ağaç yapısının karmaşıklığı arttıkça verimlilik azalmaktadır. İnternet bant genişliği arttıkça uygulama verimliliği artmaktadır.

Çizelge 5.6. (devam) Yapılmış benzer çalışmalar

No	Çalışmanın adı	Amacı	Bağlam-duyarlı	Yöntem	Uygulama ortamı	Sonuç
8	Machine learning-based runtime scheduler for mobile offloading framework [66]	Buluta iş aktarımına karar vermek	Evet	Örnek Tabanlı makine öğrenme algoritması kullanılmış	Simüle edilmiş	Bant genişliğinin farklılık gösterdiği durumlarda algoritmanın doğru kararlar verebildiği ifade edilmiştir.
9	History-based dynamic estimation of energy consumption for mobile applications [67]	Bulut ortamına iş aktarılması durumlarında tüketilecek güç miktarını önceden tahmin etmek	Evet	Özel algoritma	Simüle edilmiş	Mevcut algoritmalar ile karşılaştırıldığı durumlarda geliştirilen algoritmanın benzer ya da daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir.
10	MuSIC: Mobility-aware optimal service allocation in mobile cloud computing [68]	Performans, zaman, güç tüketimi gibi kriterlere göre bulut ortamına iş aktarmak	Evet	Ortaya çıkan NP-hard problemi geliştirilen algoritma ile çözülmüştür	Simüle edilmiş	Yerel bulut servislerinin genel bulut servislerine oranla hız ve güç bakımından daha iyi performans sağladığı ifade edilmiştir.
11	MECCA: Mobile, efficient cloud computing workload adoption framework using scheduler customization and workload migration decisions [87]	Buluta iş aktarımına karar vermek	Evet	Özel algoritma	Simüle edilmiş	Kullanıcı etkileşimli işler için İnternet bağlantısının önemi belirtilmiştir. Bağlantı güçlü olduğu durumlarda buluta aktarma kararı verilmiştir. Kullanıcı etkileşimi bulunmayan işler için İnternet bağlantısı zayıf olsa bile genelde buluta aktarma kararı verilmiştir.
12	Adaptive code offloading for mobile cloud applications: exploiting fuzzy sets and evidence-based learning [113]	Uygulama içerisinden kod parçalarını belirleyip buluta aktarmak	Evet	Bulanık mantık ile karar modeli	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	İnternet bağlantı hızı ve aktarılacak veri boyutu arttıkça, kod parçalarının buluta aktarılma oranı da artmaktadır. Veri boyutu azaldıkça buluta aktarma oranı da azalmaktadır.
13	Time-and-energy-aware computation offloading in handheld devices to coprocessors and clouds [115]	Harcanan gücü azaltmak ve cevap süresini kısaltmak için buluta iş aktarmaya karar vermek	Evet	Özel algoritma	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Elde edilen en iyi sonuçlara göre, uygulamanın %75 oranında cevap süresini kısalttığı ve %56 oranında güç tasarrufu sağladığı ifade edilmiştir.

Çizelge 5.6. (devam) Yapılmış benzer çalışmalar

No	Çalışmanın adı	Amacı	Bağlam-duyarlı	Yöntem	Uygulama ortamı	Sonuç
14	Phone2Cloud: Exploiting computation offloading for energy saving on smartphones in mobile cloud computing [9]	Harcanan gücü azaltmak ve cevap süresini kısaltmak için işin buluta aktarılmasına karar vermek	Evet	Özel algoritma	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Sonuçlar birçok çapraz ilişki bakımından incelenmiştir. Genel olarak uygulamanın verimli olduğu belirtilmiştir.
15	SmartVirtCloud: Virtual cloud assisted application offloading execution at mobile devices' discretion [10]	Harcanan gücü azaltmak ve cevap süresini kısaltmak için işin buluta aktarılmasına karar vermek	Evet	Özel algoritma	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Sonuçlara göre işlemci ve bellek gerektiren işlerin karmaşıklığı arttıkça uygulamanın veriminin de arttığı ifade edilmiştir. Dosya yükleme ve indirme işlemleri için ise uygulamanın küçük ve büyük veri boyutlarında verimli olduğu belirlenmiştir.
16	Fast dynamic execution offloading for efficient mobile cloud computing [114]	İşin tümü yerine bir kısmını buluta aktarmak ve aktarılan veri boyutunu azaltılmak	Evet	CloneCloud uygulaması temel alınmış, özel algoritmalar eklenmiş	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Uygulama sonuçlarına göre genel olarak uygulamanın verimli olduğu belirtilmiştir. Uygulama, Wi-Fi bağlantılı ortamda GSM bağlantılı ortama oranla daha başarılı olmuştur.
17	Cloud-assisted computation offloading to support mobile services [116]	Harcanan gücü azaltmak ve cevap süresini kısaltmak için işin buluta aktarılmasına karar vermek	Evet	Özel algoritma	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Sonuçlara göre İnternet bağlantısının seviyesine göre sağlanan verim artmaktadır. Ayrıca bulut tarafından servis üzerinden son kullanıcıya erişime oranla bulut üzerinden direkt son kullanıcıya erişim planı daha verimli olmuştur.
18	A context sensitive offloading scheme for mobile cloud computing service [60]	Katsayılar kullanılarak bir işin buluta aktarılmasına karar vermek	Evet	Özel algoritma	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Sekiz vezir bulmacası ve video uygulamaları için bulutta çalışan işlerin daha kısa sürede tamamlandığı ve daha az güç harcadığı belirlenmiştir.
19	Framework for computation offloading in mobile cloud computing [61]	CPU ve LCD değerleri dikkate alınarak dinamik bir güç modeli geliştirilmek	Evet	Özel algoritma	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Sonuçlar birçok çapraz ilişki bakımından incelenmiştir. Genel olarak uygulamanın başarılı olduğu belirtilmiştir.

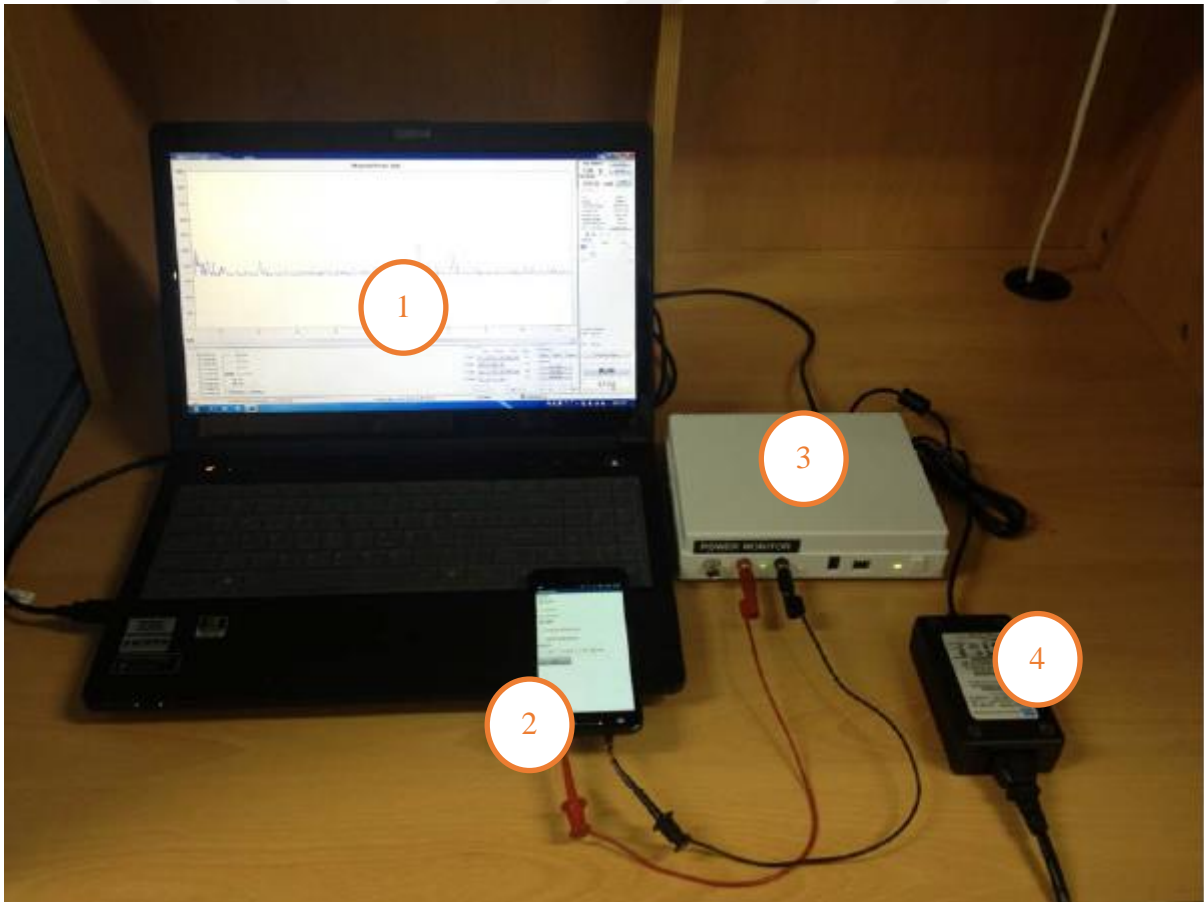
Çizelge 5.6. (devam) Yapılmış benzer çalışmalar

No	Çalışmanın adı	Amacı	Bağlam-duyarlı	Yöntem	Uygulama ortamı	Sonuç
20	A computation offloading framework to optimize makespan in mobile cloud computing environment [63]	Buluta iş aktarımına karar vermek	Evet	Özel algoritma	Simüle edilmiş	Mobil, bulut ve karma olmak üzere üç ortamın performansları karşılaştırılmıştır. Karma ve bulut ortamlarının birbirine çok yakın performans sergilediği belirtilmiş, mobil ortam performansı diğer ortamlara göre daha kötü olarak belirlenmiştir.
21	A transparent code offloading technique for Android devices [70]	Buluta iş aktarımına karar vermek	Hayır	Farklı cihaz, farklı resim ve farklı senaryolar ile uygulama yapılmış	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Mobil cihazın teknik özelliklerine ve farklı senaryolara göre sağlanan performansın değişebildiği ve bulut ortamının mobil ortama oranla daha doğru sonuçlar sağladığı belirlenmiştir.
22	Mobile cloud-based big healthcare data processing in smart cities [69]	Akıllı sağlık sistemi için hasta sonuçlarını bulut ortamına daha az enerji ile daha hızlı aktarmak	Kısmen	Karınca kolonisi optimizasyonu	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Geliştirilen sistemin diğer seçeneklere oranla sonuçların doğruluğu ve çalışma süresi bakımından daha başarılı olduğu belirlenmiştir.
23	Efficient computation offloading decision in mobile cloud computing over 5G network [4]	Enerji maliyetlerini azaltmak için buluta iş aktarılmasına ilişkin karar vermeK	Evet	Regresyon analizi	Deneysel uygulama ortamı kullanılmış	Geliştirilen sistemin tahmin sonuçları, çalışma süresi ve enerji tasarrufu bakımından ThinkAir ve CADA modellerine oranla daha başarılı olduğu belirlenmiştir.

5.2. Mobil Cihazlarda Anlık Güç Tüketimi Ölçümü

Mobil cihazların anlık güç tüketim verileri iki yolla ölçülebilmektedir. Bunlardan birincisi, ek donanım kullanılarak en doğru değerlere ulaşmasıdır, ikincisi ise cihazın sistem verilerine ulaşılarak geliştirilen bir güç tüketim modeli ile yaklaşık değerlerin elde edilmesidir.

Ek donanım kullanarak mobil cihazların güç tüketim verilerini elde etmek en doğru yöntem olsa da, bu yöntem sadece deneysel olarak kullanılabilir. Hong ve diğerleri, yaptıkları çalışmada mobil cihazın güç tüketim verilerine erişmek ek donanımlar kullanmıştır [71]. Şekil 5.10'da bu çalışmada kullanılan donanımlar numaralandırılarak görülmektedir.



Şekil 5.10. Donanım kullanarak mobil cihaz güç tüketim verilerinin ölçülmesi

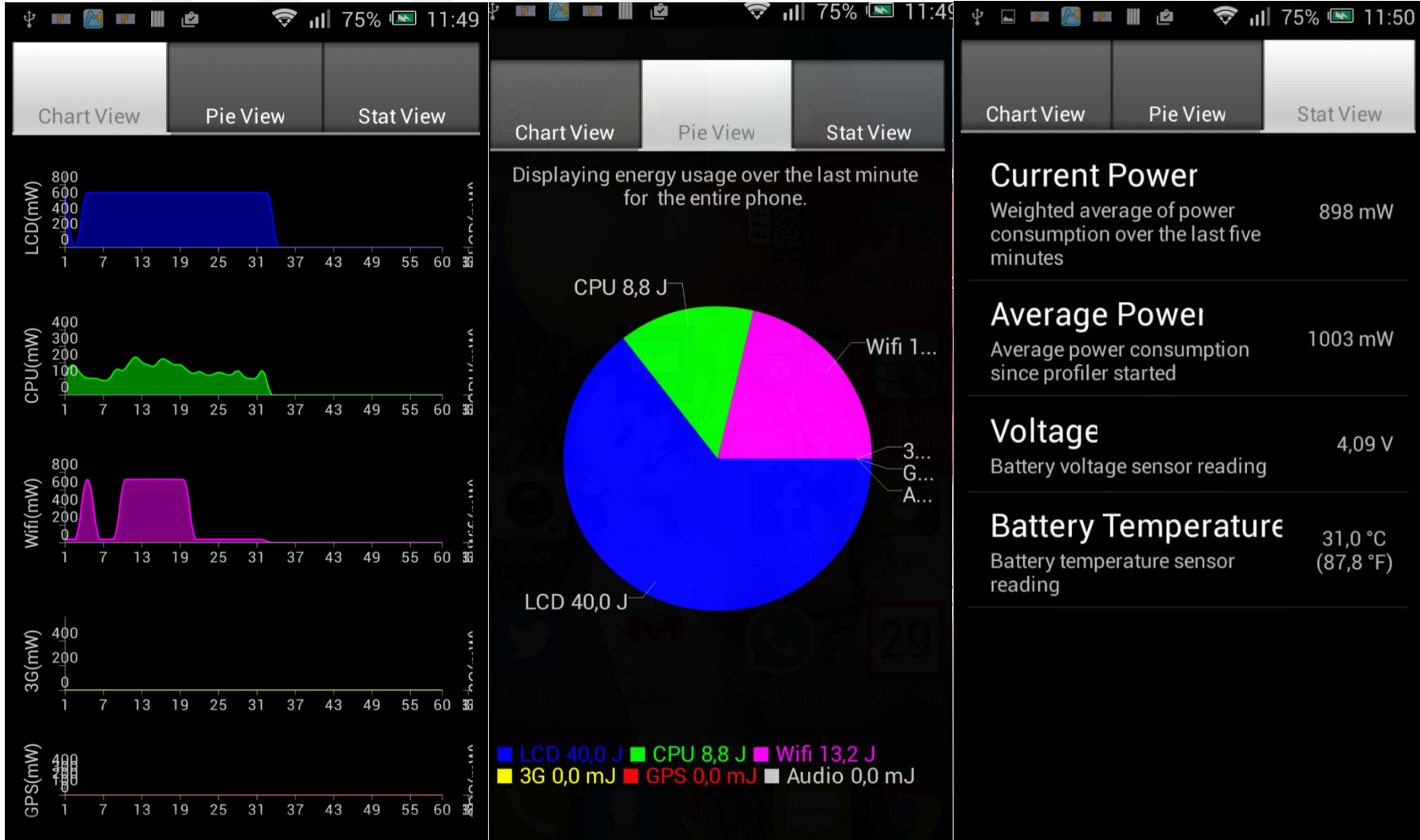
Şekil 5.10'da gösterilen 1 numaralı donanım bilgisayar, 2 numaralı donanım cep telefonu, 3 numaralı donanım güç monitörü ve 4 numaralı donanım ise güç adaptörüdür. Güç monitörü cep telefonunun bataryasına bağlanmıştır. Güç monitörü bu sayede cep telefonunun anlık güç tüketim verilerini bilgisayara aktarabilmektedir.

Mobil cihazların güç tüketim verilerine, ayrıca bir donanım kullanmadan sadece yazılım ile ulaşmak da mümkündür. Kullanılan yazılım ve güç modelinin başarısına göre, gerçek verilere en yakın değerlere ulaşmak mümkün olabilmektedir. Literatürde bulunan bu tür uygulama içeren çalışmalar incelendiğinde genelde PT uygulamasının kullanıldığı görülmektedir [72-76].

PowerTutor uygulaması

Zhang ve diğerleri tarafından Android işletim sistemi kullanan cihazlar için geliştirilmiştir [75]. PT, işlemci, ağ bağlantısı, ekran, GPS modülleri ve diğer uygulamaların güç tüketimlerini modelleyerek, cihazın toplam ve modül bazında anlık güç tüketim verilerini hesaplamaktadır. PT sayesinde, yazılım geliştiriciler geliştirdikleri uygulama ve modüllerin cihazın güç tüketimine etkisini görebilmektedir.

PT, gerçek zamanlı olarak cihazın kullanım verilerine erişmekte ve bu verileri kaydetmektedir. Geliştirilen güç modeli sayesinde, %5 hata payı ile net verilere erişmek mümkün olabilmektedir [75]. PT, Samsung Galaxy Nexus cihazı için modellenmiştir. En doğru verilere ulaşmak için PowerTutor uygulamasının uygulanacak cihazın donanım ve yazılım özelliklerine göre güncellenmesi gerekmektedir. PT uygulaması açık kaynak kodlu olduğu için geliştiriciler tarafından ihtiyaç duyulduğunda güncellenebilmektedir. Ayrıntılı bilgiye ve kaynak kodlara uygulamanın web sitesinden erişilebilmektedir [77]. Şekil 5.11’de PT uygulamasının ekran görüntüleri yer almaktadır. Görüntüde, 1 numaralı alanda, ekran, işlemci, Wi-Fi, 3G ve GPS modülleri tarafından tüketilen gücün anlık değişim grafikleri görülmektedir. 2 numaralı alanda, mobil cihaz tarafından tüketilen tüm güç pasta grafiği şeklinde gösterilmektedir. 3 numaralı alanda ise mobil cihazın anlık güç tüketimi, ortalama güç tüketimi, volt değeri ve bataryanın sıcaklık değerleri sayısal olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.11. PowerTutor uygulamasına ait ekran görüntüsü

5.3. Arka Planda Uygulama Çalıştırma

Android işletim sisteminin sunduğu AsyncTask sınıfı cihazın telefon görüşmesi, SMS alma ve ekran kullanımı gibi ana akış işlemlerini etkilemeden ilgili işi arka planda çalıştıran bir sınıftır [14]. Bir uygulamanın çalıştırılması esnasında performans veya süre bakımından cihazın ana akışını etkileyebilecek işlemlerle karşılaşıldığında, eğer AsyncTask sınıfı kullanılmamışsa uygulama işletim sistemi tarafından durdurulmaktadır.

Android uygulamalarında karmaşık işlemlerin arka planda çalıştırılmasının sebebi, cihazın ana akış işlemlerinin uzun süre engellenememesidir. Eğer ana akış uzun süre bloke edilirse, uygulamanın ana ekranı donacak ve kullanıcı uygulamanın bozulduğunu düşünecektir. Bahsedilen bu durum sadece Android işletim sistemine özgü bir durum değildir. Diğer mobil işletim sistemleri olan iOS ve Windows Mobile için de AsyncTask sınıfı benzeri arka planda iş çalıştırmaya yarayan özel yöntemler bulunmaktadır.

Android 3.0 sürümünden itibaren İnternet bağlantısı gerektiren işlemlerin AsyncTask sınıfı içerisinde kullanılması zorunlu hale gelmiştir. AsyncTask sınıfı dışında İnternet bağlantısı gerektiren bir işlem çalıştırıldığında “NetworkOnMainThreadException” hatasıyla karşılaşmaktadır [78]. Bu yüzden, uygulama kapsamında sıkça kullanılacak olan web servisi yoluyla bulut kaynaklarına erişim işlemlerinin tümü AsyncTask sınıfı içerisinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada uygulama kapsamında mobil cihazın kaynaklarını zorlayacak karmaşık işler belirlenmiştir. Bu işlerin AsyncTask sınıfı dışında, ana akış içerisinde çalıştırılması durumunda hata ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden belirlenen işlerin tümü AsyncTask sınıfı içerisinde çalıştırılmıştır. Karmaşık bir iş, ana akış içerisinde çalıştırıldığında mobil cihazın kaynaklarının büyük bölümü kullanılarak kısa bir zamanda bitirilebilecek durumda iken, AsyncTask sınıfı içerisinde çalıştırıldığında mobil cihazın kaynak kullanımı zamana yayılarak daha az kaynak ile daha uzun sürede bitirilmesi sağlanmaktadır. Bu durum, geliştirilen mobil bulut uygulaması kapsamında çalıştırılan işlerin performansının ölçülmesini daha karmaşık hale getirmektedir [79]. AsyncTask sınıfının kod yapısı Şekil 5.12’de görülmektedir.

```

public class BackgroundTask extends AsyncTask<Void, Void, Void> {

    @Override
    Protected void onPreExecute() {
        super. OnPreExecute();
    }
    @Override
    Protected void do InBackground( Void.. params) {
        Return null;
    }
    @Override
    Protected void onPostExecute(Void result) {
        super. OnPostExecute(result);
    }
    @Override
    Protected void onProgressUpdate(Void.. values) {
        super. onProgressUpdate (values);
    }
    @Override
    Protected void onCancelled(Void result) {
        super. onCancelled (result);
    }
}

```

Şekil 5.12. AsyncTask sınıfının yapısı [14]

AsyncTask sınıfının standart fonksiyonları ve açıklamalarına aşağıda yer verilmiştir [79].

- onPreExecute: Arka plan işlemi başlamadan önce ön yüzde değiştirilmesi istenen değişkenlerin ve AsyncTask içinde gerekli değişkenlerin değer ataması yapılır.
- doInBackground: Arka planda yapılması istenen işlem burada gerçekleşir. Bu metot içinde yapılan işlemler ön yüzde kullanıcının uygulamayı kullanmasını kesinlikle etkilemez. Eğer buradaki işlemler sonucunda ana akışa bir değişken gönderilmesi gerekiyorsa “return” metodu ile bu değişken “onPostExecute” metoduna gönderilebilir.
- onPostExecute: doInBackground metodu tamamlandıktan sonra işlemlerin sonucu bu metoda “result” değişkeni ile gönderilir. Buradaki işlemler ana akışı etkiler ve herhangi bir hataya sebep olmaz. Arka plandaki işlemde gelen bir veri ön yüzde gösterilmek isteniyorsa bu metot içinde gösterim işlemi yapılabilir.
- onProgressUpdate: Eğer “doInBackground” metodu içerisinde yapılan işlemin ilerleme durumu kullanıcıya bildirilmek istenirse bu metot kullanılabilir.
- onCancelled: Eğer herhangi bir sebepten dolayı AsyncTask iptal edilirse bu metot çalışır. Kullanılan kaynaklar bu bölümde temizlenir.

5.4. Uygulamada Kullanılan İş Türleri

Dudeja ve Soni, mobil bulut bilişim alanında yaptıkları çalışmanın bir bölümünde buluta aktarmak için uygun olan ve uygun olmayan uygulama türlerini belirtmiştir [80].

Aktarım için uygun olan uygulama türleri;

- Satranç ve Sudoku gibi küçük veri ve hızlı cevap süreleri gerektiren oyunlar
- Birkaç dakikadan fazla süren dosya arama uygulamaları
- Resim işleme uygulamaları
- İndirme ve yükleme uygulamaları

Aktarım için uygun olmayan uygulama türleri;

- Kullanıcı cihaz etkileşimi fazla olan uygulamalar
- Ek donanımlara erişen uygulamalar
- Cihazın spesifik özelliklerine erişen uygulamalar

Kumar ve diğerleri, benzer çalışmalarda resim-video işleme, yüz-nesne algılama, oyun ve metin işleme iş türleri tercih edildiğini belirtmiştir [59].

Bu çalışmada geliştirilen uygulama kapsamında mobil cihazın kaynaklarını zorlayacak iş türleri belirlenmiştir. İş türleri belirlenirken benzer çalışmalarda kullanılan iş türleri de dikkate alınmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere OCR, sekiz vezir bulmacası, karakter sayısı bulma ve yüz algılama iş türleri seçilmiştir. Sonraki bölümde bu iş türleri hakkında bilgi verilmektedir.

5.4.1. Sekiz vezir bulmacası

Sekiz vezir bulmacası, 8x8'lik bir satranç tahtasına 8 adet vezirin hiçbiri olağan vezir hamleleriyle birbirini alamayacak biçimde yerleştirilmesi problemidir. N vezir bulmacası, $n \geq 4$ için “nXn” boyutunda bir satranç tahtasına n adet vezirin birbirini alamayacak biçimde yerleştirilmesi problemidir. Uygulamada bu iş türü için n değeri 9 olarak belirlenmiştir.

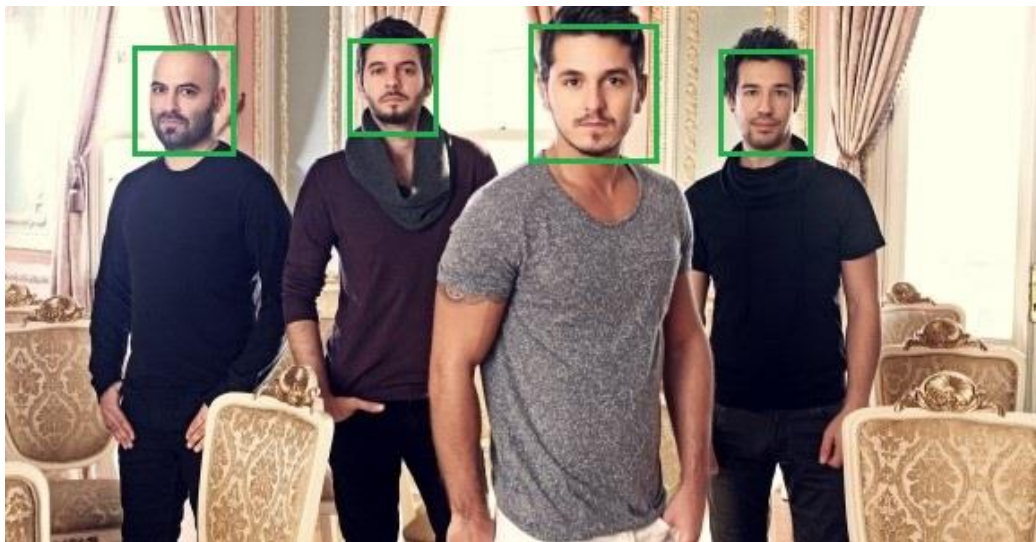
5.4.2. Yüz algılama

Resim işleme uygulamalarını çalıştırmak için çok fazla kaynak ihtiyacı duyulmaktadır. Bunun için bir resim işleme uygulaması olan yüz algılama işlemi bu uygulamada kullanılmak üzere seçilmiştir.

Şekil 5.13'te geliştirilen uygulama tarafından bir görüntüdeki yüzlerin algılanması ve işaretlenmesi gösterilmektedir.



Şekil 5.13. Yüz algılama uygulaması örneğinde kullanılan görüntü



Şekil 5.14. Yüz algılama uygulaması sonucu yüzleri algılanmış görüntü

Şekil 5.13'te görülen görüntü uygulamaya gönderildiğinde bu görüntü üzerinde yüz algılama işi çalıştırılmış ve sonuç olarak belirlenen yüz ifadeleri yeşil bir çerçeve ile işaretlenerek Şekil 5.14'teki görüntü oluşturulmuştur.

Yüz algılama işlemi için literatürde ve piyasada yaygın olarak tercih edilen Open Source Computer Vision Library (OpenCV) kütüphanesi kullanılmıştır [81]. Performans karşılaştırmaları yapılacağı için bulut ve mobil ortamlarda aynı kütüphane tercih edilmiştir.

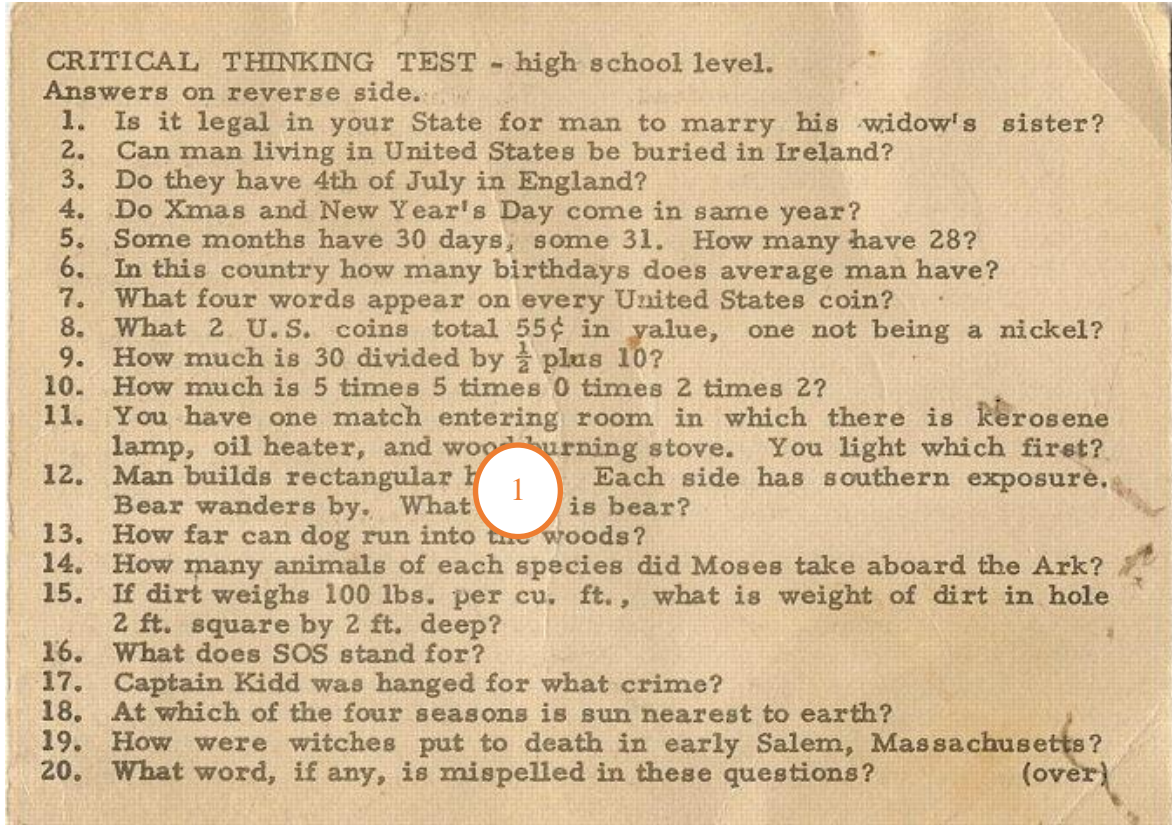
5.4.3. Metin dosyasından karakter sayısı bulma

Bu iş türü, önceden belirlenmiş büyük boyutlu bir metin dosyasında bulunan karakter sayısının hesaplanması olarak ifade edilebilir.

5.4.4. Optik karakter tanıma

Çalıştırılması sırasında yüksek kaynak ihtiyacı duyan bir başka iş türü olarak OCR seçilmiştir. Kâğıt üzerinde insanların anlayabileceği el yazısı, resim, sayısal ifade ve sembol şeklindeki bilgilerin bilgisayarda işlenebilir hale getirilmesi işlemine OCR denilmektedir [82].

OCR işlemi için literatürde ve piyasada yaygın olarak tercih edilen Tesseract kütüphanesi kullanılmıştır [83]. Şekil 5.15'te uygulama tarafından elde edilen OCR işlemi sonucu bulunmaktadır. Görüntüde bulunan 1 numaralı alanda eski bir kitap sayfası bulunmaktadır. 2 numaralı alanda ise bu sayfanın geliştirilen mobil uygulama tarafından işlenmesi sonucu elde edilen sonuç gösterilmektedir. Elde edilen sonucun başarısı kullanılan metin kaynaklarına göre değişkenlik gösterebilmektedir.



result::m'l'xâc~1c.AL THINKING TEST . high school level. Answers on reverse side. 1. 2. 3. 4. 5. 6. â€"I. 8. ID. 11. In it legal in your State for man co marry ma widowâ€": Hiltonâ€"? C man Living in United States be buried in Ireland? Do they have 4:1: of July in England? Do xmaa and New Yza.x"n nay same year? Sotne momâ€œ have an aaya, amne 31. How many have as? In as. country how many birdxdays doe: ave:-Ag e? What (our words appear on every United smea coin? - What 2 u.s. cnina Lolal 55Â¢ in alue, one not being a nickel? nch is 30 divided by % plus 1%? How much is 5 times 5 i- mes o times 2 times 2-2 â€"(on have one match entering room in which that: in laï- maena limp, oil heater. and wood burning stove. You light which tam? â€".:.*:.*:â€":;:Â\$:â€œ*3.:;:â€":;:; â€"W "Â°â€œâ€œâ€œ"â€" How far can dog run into the woods? I- now many animala 01 each specias am Moses Lake abon-d the Ark? Iâ€" Ifdirt wed 1.. mo lbs. er cu. n., what in wai ht am in hole â€" 2 ft. nquarse by 2 ft. deg;-2 5 , What does sos nana for? Captain Kidd waa hanged for what crime? M: which of the four Ieaaanl in sun nenrut ta earth? How were wicche. put co death in early salem, Maaaihuac :7 What. word, if any, is miapeuea in these questions? (

Şekil 5.15. OCR uygulaması örneği

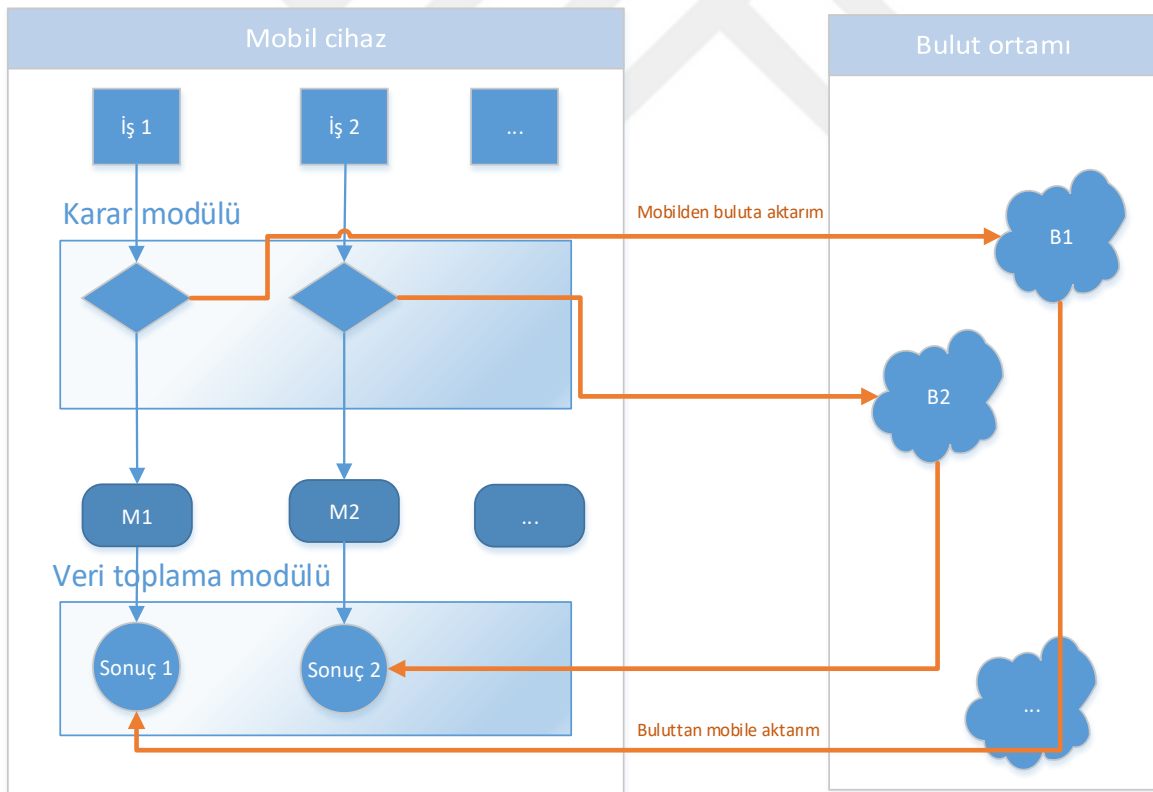


6. MOBİL BULUT ORTAMLARINDA YÜK DAĞITIMI İÇİN BAĞLAM-DUYARLI BİR KARAR VERME SİSTEMİ

Bu tez kapsamında mobil bulut ortamlarında yük dağıtımını için bağlam-duyarlı bir karar verme sistemi geliştirilmiştir.

6.1. Sistemin Genel Yapısı

Sistem, iki uygulamadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi, Android işletim sistemi üzerinde çalışan mobil uygulamadır. Mobil uygulama, veri toplama modülü ve karar verme modüllerinden oluşmaktadır. İkinci uygulama ise Java ile geliştirilen ve bulut ortamında çalışan bir web uygulamasıdır. Sistemin genel yapısı ve bu iki uygulamanın birbiri ile ilişkisi Şekil 6.1’de görülmektedir.



Şekil 6.1. Geliştirilen sistemin genel yapısı

6.2. Mobil Uygulama

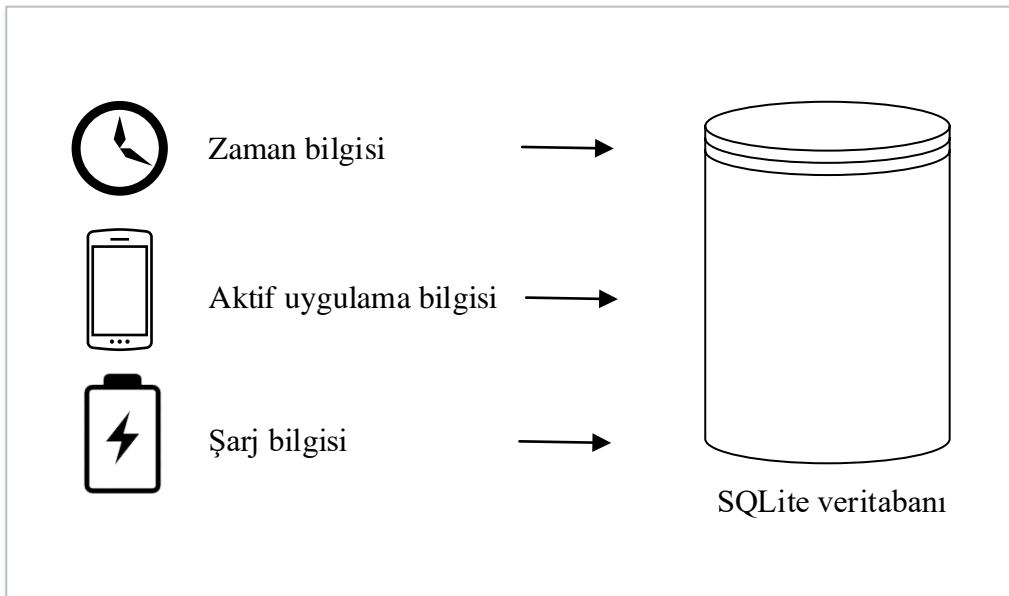
Mobil uygulama, Eclipse uygulama geliştirme ortamında Android SDK (Software Development Kit) kullanılarak geliştirilmiştir [84,85]. Uygulamada veritabanı olarak SQLite veritabanı kullanılmıştır [86].

Mobil cihazın anlık güç tüketim verilerine erişmek için açık kaynak kodlu PT uygulaması mobil uygulamaya entegre edilmiştir. Farklı mobil cihazlar üzerinde yapılan testler sonucu, son Android versiyonları ve mobil cihaz üreticilerinin yaptığı özelleştirmeler karşısında PT uygulamasının doğru çalışmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın açık kaynak kodlu PT uygulamasında gerekli düzeltmeler yapılarak bu sorun çözülmüştür.

Uygulama kapsamında çalıştırılan tüm işler ve web servisleri zorunlu olarak AsyncTask sınıfı ile arka planda çalıştırılmıştır.

6.2.1. Profil bilgileri toplama modülü

Şekil 6.2’de profil bilgileri toplama modülünün genel yapısı gösterilmektedir.



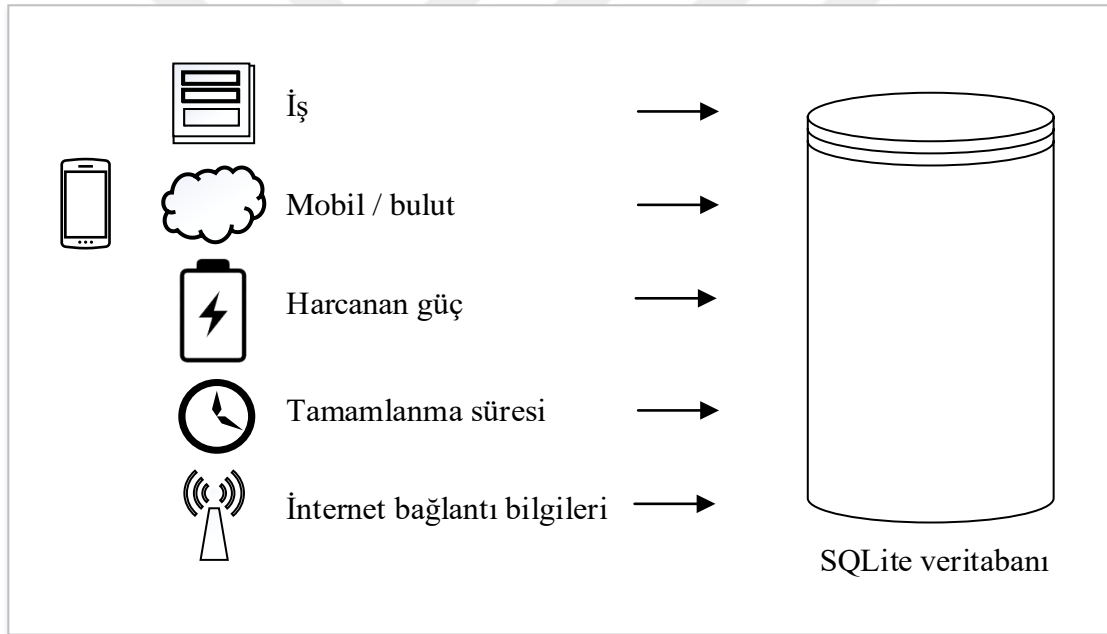
Şekil 6.2. Profil bilgileri toplama modülünün genel yapısı

Bu modül ile gün içerisinde beş dakikalık zaman aralıklarında mobil cihazın şarj durumu bilgileri, mobil cihaz üzerinde çalışan aktif uygulama ve zaman bilgileri veritabanına

kaydedilmektedir. Böylece mobil kullanıcının günlük hayatta ne sıklıkla ve ne tür uygulamaları kullandığı bilgisine ulaşılabilecektir. Bu modül ile ayrıca kullanıcının mobil telefonunu şarj etme alışkanlığı ve mobil telefonun güç tüketim verilerine de erişilebilecektir. Elde edilen bu bilgiler, bir işin buluta aktarılmasına ilişkin karar aşamalarında kullanılmaktadır. Bu alanda yapılmış benzer çalışmalarda da karar aşamalarında kullanılmak üzere mobil cihaz kullanıcısının profil bilgileri belirli zaman aralıkları ile kaydedilmektedir [4,8,11,60,87].

6.2.2. Geçmiş iş kayıtları modülü

Şekil 6.3'te geçmiş iş kayıtları modülünün genel yapısı gösterilmektedir.



Şekil 6.3. Geçmiş iş kayıtları modülünün genel yapısı

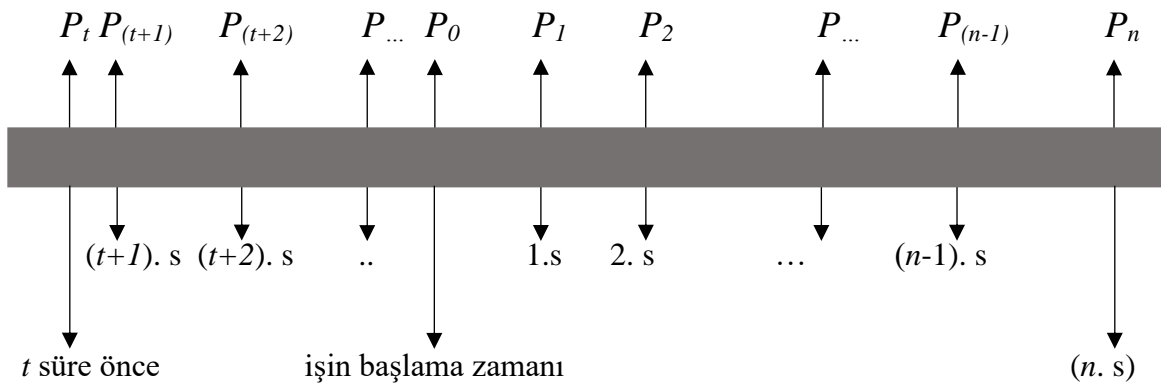
Bir işin, mobil ya da bulut ortamda çalıştırılması sonucu elde edilen bilgiler veritabanına kaydedilmektedir. Kaydedilen bu bilgiler aşağıda belirtilmiştir;

- İş alanı için, çalıştırılan işin “ID” değeri kaydedilmektedir.
- Ortam alanı için, ilgili iş mobil ortamda çalıştırılmışsa ortam alanına “1”, bulut ortamında çalıştırılmışsa “2” değeri ile kayıt yapılmaktadır.
- Süre alanına ilgili işin tamamlanması için geçen süre kaydedilmektedir.

- Bağlantı türü alanı için, mobil cihazın İnternet erişimi yoksa “0”, mobil cihazın İnternet bağlantısı Wi-Fi ile sağlanıyorsa “1”, EDGE ile sağlanıyorsa “2”, 3G ile sağlanıyorsa “3”, 4,5 G (LTE) ile sağlanıyorsa “4” değeri kaydedilmektedir.
- Bant genişliği alanına ilgili işin buluta aktarılması sırasında elde edilen İnternet bant genişliği değeri kaydedilmektedir.
- Güç alanına ilgili işin çalıştırılması sırasında hesaplanan güç değeri kaydedilmektedir.

Bir işin çalıştırılması sırasında harcanan güç değerini, ilgili işin başlangıç ve bitiş anlarındaki güç değerleri farkı ile hesaplamak yerine çalışma süresince belli zaman aralıklarında güç değerlerinin elde edilmesi ve bu değerlerin ortalamasının hesaplanması daha doğru olacaktır. Bu aşamada, sadece bir işin çalışma süresince ölçülen ortalama güç değerinin yanında bu işin başlama zamanından önceki ortalama güç değerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında, işin başlama anından önceki ortalama güç değerini ölçmek için, ilgili işin geçmişteki ortalama çalışma süresi olarak t değerinin elde edilmesi ve ilgili işin başlama anından t süre kadar önceki zaman aralığının dikkate alınması sağlanmıştır.

Şekil 6.4’te tamamlanması n saniye süren bir işin çalışması öncesinde ve çalışması sırasında her saniye için ölçülen güç değerleri görülmektedir. Örneğin, işe başlama anındaki anlık güç değeri P_0 , başladıktan 1 saniye sonraki anlık güç değeri P_1 olarak gösterilmektedir.



Şekil 6.4. Ortalama güç değerini hesaplamak için kullanılan güç değerleri

PT uygulamasında elde edilen verilerden anlık güç değeri elde edilmesi için zaman aralığı olarak 1 saniye belirlenmiştir. Başka bir deyişle PT uygulamasında ölçülen anlık güç değeri

en az 1 saniye içinde değişebilmektedir. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında da anlık güç ölçümü en düşük 1 saniye zaman zaman aralıklarında yapılmaktadır.

Eş. 6.1’de ortalama tamamlanma süresi t ve çalışma süresi n olan bir işin, çalışma süresince elde edilen güç ortalaması ile çalışmaya başlamadan t süre kadar önceki güç ortalaması değerlerinin farkı hesaplanmaktadır. Elde edilen P_{ort} değeri harcanan ortalama güç değeri olarak veritabanına kaydedilmektedir.

$$P_{ort} = \frac{\sum_{i=0}^n P_n}{n} - \frac{\sum_{i=0}^t P_{(t+i)}}{t} \quad (6.1)$$

Bu iş verileri, karar aşamalarında tamamlanma süresi ve harcanacak enerji değerlerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Benzer çalışmalarda da bu şekilde geçmiş iş bilgileri kaydedilmekte ve karar aşamalarında kullanılmaktadır [11,60,68].

6.2.3. Uygulama veritabanı yapısı

Mobil uygulamada SQLite veritabanı kullanılmıştır. Mobil cihaz kaynaklarını kullanan SQLite veritabanı üzerinde sorguların maksimum hızda sonuçlanması, uygulamanın etkinliği açısından oldukça önemlidir. Veritabanı tasarlanırken bu durum göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 6.1’de buluta iş aktarma aşamalarında kullanılan bağlantı türleri için oluşturulan veriler görülmektedir.

Çizelge 6.1. Bağlantı türleri tablosu ve örnek veriler

ID	Ad
0	Bağlantı yok
1	Wi-Fi
2	2G (EDGE)
3	3G
4	4,5G (LTE)

Bu tabloya ilgili işin “ID” değeri, işin tamamlanma süresi, işin çalıştırılması sırasında hesaplanan ortalama harcanan güç değeri, işin çalıştırıldığı ortam, işin çalıştırıldığı bağlantı türü, bant genişliği ve çalıştırılma tarihi bilgileri kaydedilmektedir. Ortam alanına mobil ortam için “1”, bulut ortam için “2” değeri kaydedilmektedir

Çizelge 6.4’te ise belir zaman aralıklarında kullanıcının profil bilgilerinin kaydedildiği tablo gösterilmektedir.

Çizelge 6.4. Kullanıcı profil bilgileri tablosu ve örnek veriler

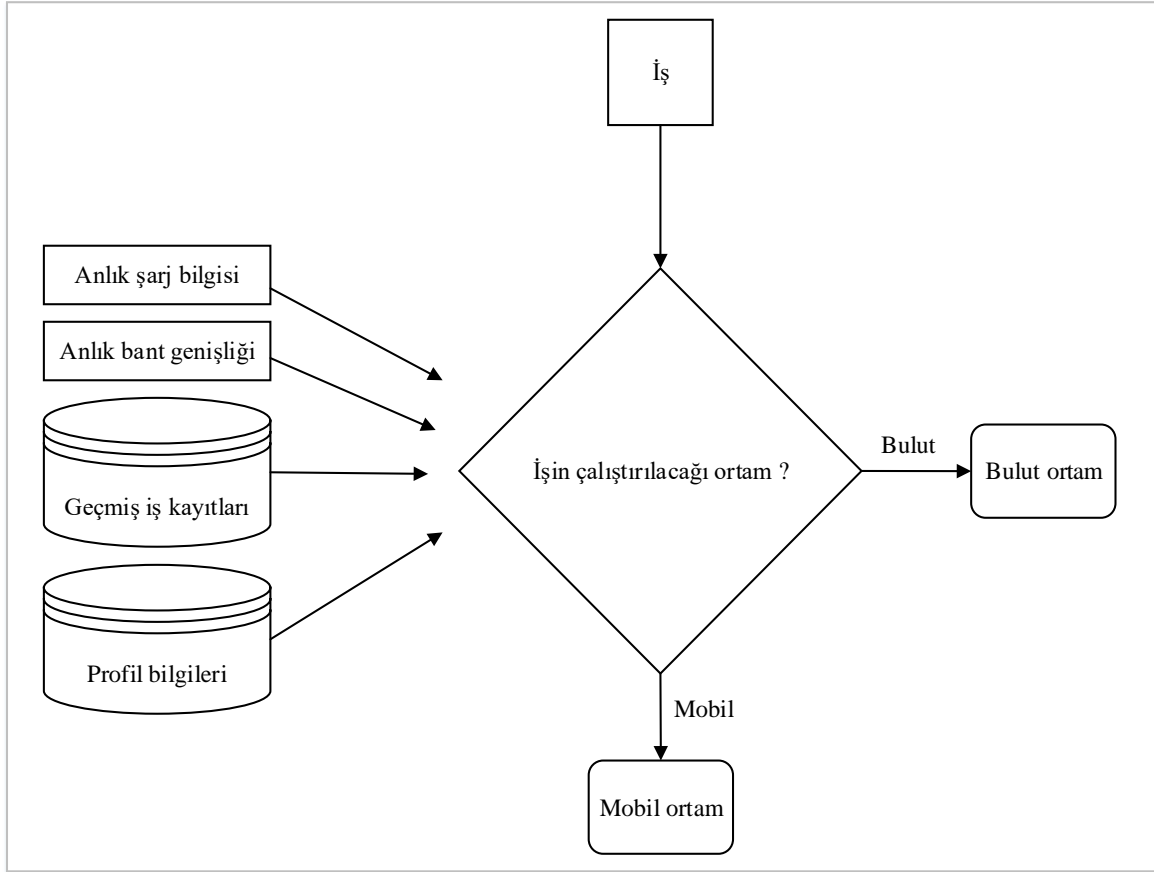
ID	Uygulama	Şarj yüzdesi	Şarj oluyor	Tarih
1	Facebook	85	1	01-05-2017 10:21:01
2	Twitter	42	0	01-05-2017 10:25:21
3	Gmail	53	0	01-05-2017 11:03:22
4	Tarayıcı	12	1	01-05-2017 11:03:22
..

Çizelge 6.4’teki tabloda kullanıcının anlık çalıştırdığı uygulama, mobil telefonun şarj bilgileri ve tarih bilgileri kaydedilmektedir. Mobil cihaz şarj ediliyor ise tablodaki “Şarj oluyor” alanına “1” değeri, şarj edilmiyor ise “2” değeri kaydedilmektedir.

6.2.4. Karar verme modülü

Mobil uygulamanın en önemli modülü olan karar verme modülünün genel yapısı Şekil 6.5’te gösterilmektedir.

Bu modül için geçmiş iş kayıtları ve profil bilgileri modüllerinden sağlanan bilgiler kritik önem taşımaktadır. Bu bilgiler dışında, bir işin buluta aktarılmasına karar verme aşamasında mobil cihazın anlık şarj bilgileri ve anlık İnternet bağlantı bilgileri de bu modül tarafından kullanılmaktadır. Elde edilen veriler kullanılarak geliştirilecek özel karar verme algoritması ile bir işin buluta aktarılmasına ya da mobil ortamda çalıştırılmasına karar verilmektedir.



Şekil 6.5. Karar verme modülünün genel yapısı

6.3. Bulut Uygulaması

Bulut uygulaması, Java programlama dili kullanılarak oluşturulan bir web projesidir. Bu uygulamanın temel olarak iki görevi bulunmaktadır. Birincisi, mobil cihazlar üzerinden gelen web servis isteklerinin cevaplanması, ikincisi ise mobil uygulamaların veritabanındaki verilerinin merkezi bir veritabanında toplanmasıdır. Birinci görev kapsamında, mobil uygulamada çalıştırılan işlerin, aynı kütüphane ve aynı kodlar ile bulut uygulamasında da çalıştırılması sağlanmıştır. Bu görev için mobil uygulama ile bulut uygulama arasındaki web servis yapısı olarak Representational State Transfer (REST) servis kullanılmıştır. İkinci görev kapsamında ise bulut ortamda bir MySQL veritabanı oluşturulmuştur ve mobil uygulama verilerinin web servisleri aracılığıyla bu veritabanına aktarılması sağlanmıştır.

REST servisi

REST, Türkçe anlamıyla Temsili Durum Transferi kelimesinin İngilizce kısaltılmışıdır. Rest servislerinin özelliği, Basit Nesne Erişim Protokolü (Simple Object Access Protocol - SOAP) gibi karmaşık mimariler yerine Hyper-Text Transfer Protocol (HTTP) kullanmasıdır.

Mulligan ve Gracanin yaptıkları bir çalışmada REST ve SOAP servislerini karşılaştırmıştır [88]. Çalışma sonucunda REST servislerinin daha hızlı olduğu ifade edilmiştir. Bir uygulamaya entegre edilmesi SOAP servislerine kıyasla daha kolay olan REST servislerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

6.4. Uygulama Eşleştirme

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde buluta transfer etmek için karmaşık işler kullanıldığı görölmektedir. Bunun nedeni ise bu işlerin daha fazla güç tüketmesi ve daha uzun tamamlanma sürelerine sahip olmasıdır. Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi bu işler, genelde resim işleme ve matematiksel döngü işlemleri gibi iş türlerinden seçilmektedir. Bir mobil cihaz kullanıcısının, günlük hayatta düzenli olarak bu tür işlerin bulunduğu bir uygulamayı kullanması mümkün değildir. Bu yüzden uygulama içeren çalışmalarda, belirlenen işler arka planda belirli zaman aralıkları ile rastgele seçilerek çalıştırılmaktadır.

Bu tez çalışmasında benzer çalışmalardan farklı olarak seçilen işler, mobil kullanıcının uygulama kullanım alışkanlıklarına göre çalıştırılmaktadır. Bunun için 1 hafta boyunca, kullanıcıların anlık çalıştırdıkları uygulama bilgilerinin de dahil olduğu profil bilgileri, 5 dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. Profil bilgilerinden elde edilen uygulamaların tümü kaynak gereksinimlerine göre H(yüksek), M(Orta), L(düşük) olarak derecelendirilmiş ve Çizelge 6.5'te listelenmiştir.

Çizelge 6.5. Kullanıcı profil bilgilerinden elde edilen uygulamalar ve kaynak gereksinimleri

Uygulama	İşlemci	Depolama alanı	Veri transferi	Grafik işlemcisi	Batarya tüketimi
Temple Run	H	M	M	H	H
Bike Racing	H	M	M	H	H
Moto Racing	H	M	M	H	H
Real Racing 3	H	M	M	H	H
Candy Crush	M	M	M	M	M
Bubble Shooter	M	M	M	M	M
Kelime Oyunu	M	M	M	M	M
AutoCAD 360	H	M	L	H	H
TKGM Parsel Sorgu	M	L	H	H	H
WhatsApp	M	H	M	M	M
Navigasyon uygulamaları	M	L	L	M	H
Snapchat	H	H	H	H	H
Facebook	M	M	H	M	M
İnstagram	M	H	H	H	M
Twitter	M	L	M	L	M
Google Drive	M	H	H	L	M
Sözlük-forum uygulamaları	L	L	M	L	L
Sahibinden	M	L	M	L	M
Alışveriş uygulamaları	M	L	M	L	M
Finans uygulamaları	L	L	M	L	L
Mobil bankacılık uygulamaları	L	L	M	L	L
Haber uygulamaları	M	L	M	M	L
Mail uygulamaları	L	L	L	L	L
Tarayıcı uygulamaları	M	L	M	M	L
Dosya görüntüleme uygulamaları	M	L	L	L	M

Pandi ve Charaf yaptıkları bir çalışmada mobil uygulamaları kaynak gereksinimlerine göre kategorileştirmiştir [89]. Çizelge 6.6'da bu kategoriler ve kaynak gereksinimleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.6. Uygulama kategorileri ve kaynak gereksinimleri

Uygulama türü	İşlemci	Depolama	İnternet	Grafik işlem birimi
Tarayıcı uygulamaları	+++	++	+++	++
Tarayıcı + Flash uygulamaları	+	+	++	
Oyun uygulamaları	+++	++	++	+++
Ofis uygulamaları	++	+	++	
Dosya görüntüleme uygulamaları	++	++	++	
Sohbet (metin) uygulamaları	+		+	
Sohbet (ses kaydı) uygulamaları	++		++	
Çevrimiçi medya içerikleri uygulamaları	+++	++	+++	+++
Depolama sıkıştırma uygulamaları	++	+++	+++	
NS/SSH (uzaktan erişim) uygulamaları	+		++	

Nugroho yaptığı bir çalışmada mobil uygulamaların kaynak kullanımına ilişkin bilgi vermiştir [90]. Nugroho, mobil uygulamaların kaynak kullanımını belirlerken Terminal adlı uygulamadan faydalanmıştır. Bu uygulama sayesinde, bağlı bulunan mobil cihazın log dosyalarına erişilebilmekte ve bir uygulamanın çalışması sırasında kullanılan kaynaklar izlenebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında buluta iş aktarma aşamalarında kullanılan iş türlerinin kaynak gereksinimleri, yapılan çalışmalar dikkate alınarak derecelendirilmiş ve Çizelge 6.7’de listelenmiştir [89,90].

Çizelge 6.7. Uygulama kapsamında buluta iş aktarma aşamalarında kullanılan işler ve kaynak gereksinimleri

No	Uygulama	İşlemci	Depolama	Veri transferi	Grafik işlemcisi	Batarya tüketimi
1	Metin dosyasından karakter sayısı bulma	M	L	M	L	M
2	Sekiz vezir problemi	M	L	L	L	L
3	Yüz algılama	H	M	H	H	H
4	OCR	H	M	M	M	H

Bu bölümdeki tüm bilgiler dikkate alınarak, deneysel uygulamaya katılan mobil kullanıcıların günlük hayatta kullandıkları uygulamalar, çalışma kapsamında belirlenen iş türleri ile eşleştirilmiştir. Çizelge 6.8’de gösterilen eşleştirmeler web servisi yoluyla mobil uygulamalara aktarılmıştır. Böylece uygulama boyunca çalıştırılacak işlerin, belirlenen eşleştirmelere göre arka planda çalışması sağlanmıştır.

Çizelge 6.8. Katılımcı kullanıcıların kullandıkları uygulamaların çalışmada kullanılacak iş türleri ile eşleştirme tablosu

Kullanıcı uygulaması	Eşleştirilen uygulama
Temple Run	Resim işleme
Bike Racing	Resim işleme
Moto Racing	Resim işleme
Real Racing 3	Resim işleme
Candy Crush	OCR
Bubble Shooter	OCR
Kelime Oyunu	OCR
AutoCAD 360	Resim işleme
TKGM Parsel Sorgu	OCR
WhatsApp	OCR
Navigasyon uygulamaları	Karakter sayısı bulma
Snapchat	Resim işleme
Facebook	OCR
Instagram	Resim işleme
Twitter	Karakter sayısı bulma
Google Drive	OCR
Sözlük-forum uygulamaları	Karakter sayısı bulma
Sahibinden	Karakter sayısı bulma
Alışveriş uygulamaları	Karakter sayısı bulma
Finans uygulamaları	Sekiz vezir problemi
Mobil Bankacılık uygulamaları	Karakter sayısı bulma
Haber uygulamaları	Sekiz vezir problemi
Mail uygulamaları	Sekiz vezir problemi
Tarayıcı uygulamaları	Sekiz vezir problemi
Dosya görüntüleme uygulamaları	Sekiz vezir problemi

7. BULUTA İŞ AKTARMA KARAR MODELİ

Buluta iş aktarma karar modeli, kritik pil seviyesinin belirlenmesi, enerji maliyeti tahmini ve karar algoritması konularını kapsamaktadır.

7.1. Kritik Pil Seviyesi Tahmini

Bu bölümde, mobil telefonun pil seviyesinin bir sonraki şarj edilme zamanına kadar geçen sürede normal kullanım için yeterli olup olmayacağı tahmin edilmektedir. Bu bilgi, bir işin mobil ya da bulut ortamda çalıştırılmasına karar verme aşamasında kullanılmaktadır. Uygulama kapsamında bir iş çalıştırılmadan önce o andaki pil seviyesinin bir sonraki şarj edilme zamanına kadar yeterli olup olmayacağı bilgisi elde edilmekte ve bu bilgiye göre karar algoritmasındaki ağırlık katsayıları değiştirilmektedir.

Pil seviyesinin yeterli olup olmayacağı bilgisine erişmek için önce mobil cihazın şarj edilme zamanının tahmin edilmesi gerekmektedir. Sonraki aşamada, tahmin edilen zamana kadar mobil kullanıcının geçmiş uygulama kullanma alışkanlıkları dikkate alınarak hangi uygulamaları çalıştıracığı tahmin edilmekte ve bu uygulamaların çalıştırılması için gereken enerji miktarı hesaplanmaktadır. Daha sonra, kullanıcının geçmiş enerji tüketim verileri dikkate alınarak, mobil cihazın iş çalıştırmak için sahip olduğu enerji miktarı belirlenmektedir. Son olarak gereken enerji miktarı ve mobil cihazın sahip olduğu enerji miktarları karşılaştırılarak pil durumu hakkında bilgi elde edilmektedir.

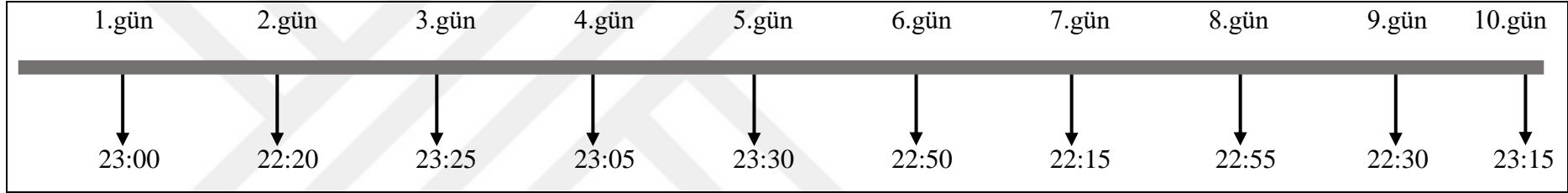
7.1.1. Mobil cihazın şarj edilme zamanının tahmini

Bu bölümde, kullanıcının telefonunu şarj edeceği zamana ilişkin bir tahmin yapılmaktadır. Bu tahmin yapılırken kullanıcının geçmiş şarj etme zamanlarından faydalanılmaktadır. İlk aşamada, kullanıcının geçmişte telefonunu şarj ettiği zamanlara bakarak, bir sonraki şarj etme zamanına ilişkin bir tahminde bulunulmaktadır. İlerleyen zamanlarda, yapılan tahminler ile gerçek şarj etme zamanları karşılaştırılmakta ve elde edilen tahmin hataları da dikkate alınarak daha doğru tahminler yapılması sağlanmaktadır. Elde edilen geçmiş şarj etme zamanlarının birbirinden çok farklı olması veya geçmişte yapılan tahmin hatalarının çok fazla olması durumunda, çok doğru bir tahmin yapılamayacağı belirlenmektedir. Bu

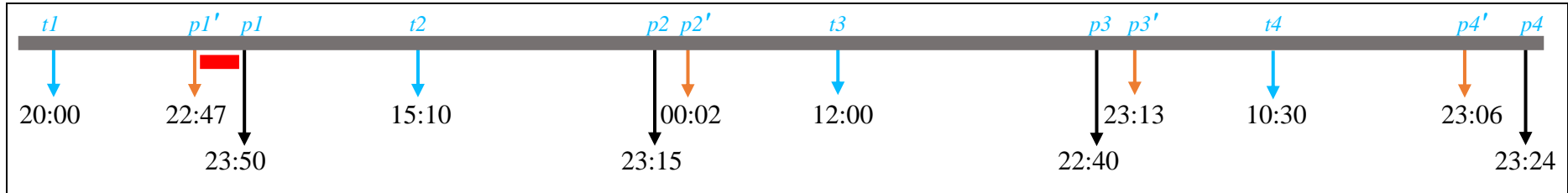
durumla daha çok telefonunu değişken zamanlarda düzensiz olarak şarj eden kullanıcılar için karşılaşılabileceği, telefonunu belirli bir şarj etme alışkanlığı olan kullanıcılar için ise daha doğru tahminler yapılabileceği öngörülmektedir.

Mobil telefonun şarj edilme zamanının tahmin edilebilmesi için öncelikle geçmiş şarj etme zamanları elde edilmektedir. Anlık zaman ile elde edilen bu zamanlar arasındaki farkların dakikaya çevrilmesi ile elde edilen değerlerin ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmaktadır. Hesaplanan standart sapma değerinin fazla olması durumunda bu telefonun geçmiş şarj edilme zamanlarının düzensiz olduğu ve doğru bir tahmin yapılamayacağına karar verilmektedir. Standart sapma değerinin küçük olduğu durumlarda, geçmişte yapılan tahmin hatalarının da tahmin işlemlerinde kullanılmasına karar verilmektedir. Şekil 7.1’de düzenli, Şekil 7.2’de düzensiz olarak telefonlarını şarj ettiği varsayılan iki kullanıcı için şarj tahmin senaryolarına yer verilmiştir.

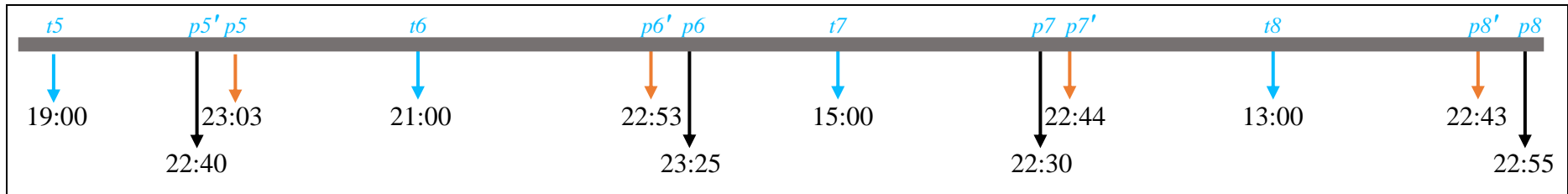
Birinci senaryoda kullanıcının, telefonunu her gün düzenli olarak şarj ettiği varsayılmıştır. Kullanıcının son 10 şarj etme zamanları 23:00, 22:20, 23:25, 23:05, 23:30, 22:50, 22:15, 22:55, 22:30, 23:15 olarak belirlenmiştir. Şekil 7.1’de 1 numaralı senaryo için yapılan şarj etme zamanlarına ilişkin tahminler ve bu tahminler için örnek hatalar görülmektedir.



Şekil 7.1. (a) Senaryo 1 için örnek şarj etme zamanları



Şekil 7.1. (devam) (b) Tahmini şarj etme zamanları



Şekil 7.1. (devam) (b) Tahmini şarj etme zamanları

Birinci senaryo için yapılan tahminlerin nasıl hesaplandığı aşağıda açıklanmaktadır.

1. Adım

$$t1 = 20:00$$

$$P = [21:50, 22:20, 23:25, 23:05, 23:30, 22:50, 22:15, 22:55, 22:30, 23:15]$$

$$P(\text{dk.}) = [110, 140, 205, 185, 210, 170, 135, 175, 150, 195]$$

$$P(\text{Ort.}) = 167, s = 31$$

$$p1' (\text{dk.}) = 167 \text{ dk.} \quad p1' = 22:47$$

Şekil 7.2. Birinci senaryoya ilişkin 1. adım işlemleri

Şekil 7.2'deki işlemler sonucu, rastgele seçilen $t1 = 20:00$ anında, sonraki şarj edilme zamanı tahmin edilmiştir. Daha önceki şarj etme zamanları P olarak gösterilmektedir. Her bir P değerinin, dakika olarak $t1$ 'e olan farkları hesaplanmış ve $P(\text{dk.})$ olarak gösterilmiştir. Daha sonra bu $P(\text{dk.})$ değerlerinin ortalaması 167 ve standart sapması (s) 31 olarak hesaplanmıştır. Geçmişte yapılmış bir tahmin olmadığı için son olarak $t1$ zamanına 167 dakika eklenerek bir sonraki şarj etme zamanı tahmini olan $p1'$ değeri 22:47 olarak belirlenmiştir. Eğer s değeri 60 (1 saat) ve daha fazla olsaydı, geçmiş şarj etme zamanlarının birbirine çok yakın olmadığı anlaşılacaktı ve bu durumda $p1'$ değeri karar aşamalarında kullanılmayacaktı.

2. Adım

$$t2 = 15:10, p1 = 23:50$$

$$P = [22:20, 23:25, 23:05, 23:30, 22:50, 22:15, 22:55, 22:30, 23:15, 23:50]$$

$$P(\text{dk.}) = [430, 495, 475, 500, 460, 425, 465, 440, 485, 520]$$

$$P(\text{Ort.}) = 469, s = 30$$

Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	22:47	23:50	-63

$$p2' (\text{dk.}) = 469 + 63 = 532 \text{ dk.} \quad p2' = 00:02$$

Şekil 7.3. Birinci senaryoya ilişkin 2. adım işlemleri

Şekil 7.3'teki işlemler sonucu rastgele seçilen $t2 = 15:10$ anında, sonraki şarj etme zamanı tahmin edilmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p1$ değerinin 23:50 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişteki şarj etme zamanlarından $p1$ dâhil son 10 değer dikkate alınmıştır. Senaryo kapsamında yapılan tahminler ve hataları da yeni yapılacak tahminlerde kullanılmaktadır. Hesaplama sonucu elde edilen 469 değerine gerçekleşen hatalardan son 5 tanesinin ortalaması da eklenmektedir. Bu sayede daha doğru tahminler yapılabileceği görülmüştür. Bu ortalama değerinin de 60 (1 saat) ve daha fazla olduğu durumlarda yapılan

tahminlerin doğru olamayacağı anlaşılacak ve elde edilen tahmin karar aşamalarında kullanılmayacaktır. $p2$ 'nin tahmini aşamasında geçmiş tahminlerin dakika olarak hata ortalamaları 63 olduğu için, bu tahmin karar aşamasında kullanılmayacaktır. Sonraki tahmin işlemlerinde kullanılmak üzere $p2'$ değeri 00:02 olarak kaydedilmiştir.

3. Adım			
$t3 = 12:00, p2 = 23:05$			
$P = [23:25, 23:05, 23:30, 22:50, 22:15, 22:55, 22:30, 23:15, 23:50, 23:15]$			
$P(\text{dk.}) = [685, 665, 690, 650, 615, 655, 630, 675, 710, 675]$			
$P(\text{Ort.}) = 665, s = 27$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	22:47	23:50	-63
$e2$	00:02	23:15	+47
Aritmetik ortalama			-8
$p3' (\text{dk.}) = 665+8 = 673 \text{ dk.}$		$p3' = 23:13$	

Şekil 7.4. Birinci senaryoya ilişkin 3. adım işlemleri

Şekil 7.4'teki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 665 ve s değeri 27 olarak belirlenmiştir. Geçmişte yapılan iki tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise -8 olarak hesaplanmıştır. Hem geçmiş şarj etme zamanlarının standart sapma değerinin küçük olması hemde geçmiş tahmin hatalarının çok fazla olmaması sebebiyle $P(\text{Ort.})$ değeri ve geçmiş hataların aritmetik ortalaması olarak 8 değeri kullanılarak $p3'$ değeri 23:13 olarak hesaplanmıştır.

4. Adım			
$t4 = 10:30, p3 = 22:40$			
$P = [23:05, 23:30, 22:50, 22:15, 22:55, 22:30, 23:15, 23:50, 23:15, 22:40]$			
$P(\text{dk.}) = [755, 780, 740, 705, 745, 720, 765, 800, 765, 730]$			
$P(\text{Ort.}) = 750, s = 27$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	22:47	23:50	-63
$e2$	00:02	23:15	+47
$e3$	23:13	22:40	+33
Aritmetik ortalama			-6
$p4' (\text{dk.}) = 750+6 = 756 \text{ dk.}$		$p4' = 23:06$	

Şekil 7.5. Birinci senaryoya ilişkin 4. adım işlemleri

Şekil 7.5'teki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 750 ve s değeri 27 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p3$ değerinin 22:40 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan üç tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise -6 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p4'$ değeri 23:06 olarak hesaplanmıştır.

5. Adım			
$t5 = 19:00, p4 = 23:24$			
$P = [23:30, 22:50, 22:15, 22:55, 22:30, 23:15, 23:50, 23:15, 22:40, 23:24]$			
$P(\text{dk.}) = [270, 230, 195, 235, 210, 255, 290, 255, 220, 264]$			
$P(\text{Ort.}) = 242, s = 27$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	22:47	23:50	-63
$e2$	00:02	23:15	+47
$e3$	23:13	22:40	+33
$e4$	23:03	23:24	-21
Aritmetik ortalama			-1
$p5'(\text{dk.}) = 242+1 = 243 \text{ dk.}$		$p5' = 23:03$	

Şekil 7.6. Birinci senaryoya ilişkin 5. adım işlemleri

Şekil 7.6'daki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 242 ve s değeri 27 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p4$ değerinin 23:24 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan dört tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise -1 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p5'$ değeri 23:03 olarak hesaplanmıştır.

6. Adım			
$t6 = 21:00, p5 = 22:40$			
$P = [22:50, 22:15, 22:55, 22:30, 23:15, 23:50, 23:15, 22:40, 23:24, 22:40]$			
$P(\text{dk.}) = [110, 75, 115, 90, 135, 170, 135, 100, 144, 100]$			
$P(\text{Ort.}) = 117, s = 27$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	22:47	23:50	-63
$e2$	00:02	23:15	+47
$e3$	23:13	22:40	+33
$e4$	23:03	23:24	-21
$e5$	23:03	22:40	+23
Aritmetik ortalama			4
$p6'(\text{dk.}) = 117-4 = 113 \text{ dk.}$		$p6' = 22:53$	

Şekil 7.7. Birinci senaryoya ilişkin 6. adım işlemleri

Şekil 7.7'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 117 ve s değeri 27 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p5$ değerinin 22:40 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan beş tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise 4 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p6'$ değeri 22:53 olarak hesaplanmıştır.

7. Adım			
$t7 = 15:00, p6 = 23:25$			
$P = [22:15, 22:55, 22:30, 23:15, 23:50, 23:15, 22:40, 23:24, 21:40, 23:25]$			
$P(\text{dk.}) = [435, 475, 450, 495, 530, 495, 460, 504, 400, 505]$			
$P(\text{Ort.}) = 474, s = 36$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e2$	00:02	23:15	+47
$e3$	23:13	22:40	+33
$e4$	23:03	23:24	-21
$e5$	23:03	22:40	+23
$e6$	22:53	23:25	-32
Aritmetik ortalama			10
$p7' (\text{dk.}) = 474 - 10 = 464 \text{ dk.}$		$p7' = 22:44$	

Şekil 7.8. Birinci senaryoya ilişkin 7. adım işlemleri

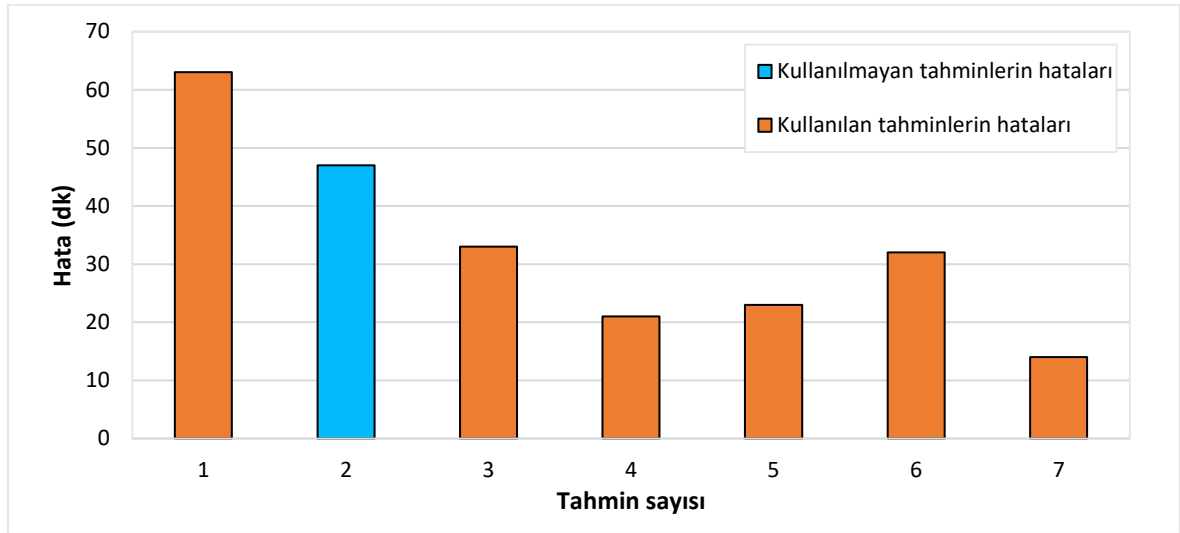
Şekil 7.8'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 474 ve s değeri 36 olarak belirlenmiştir. Geçmişte yapılan son beş tahmin hatası dikkate alındığı için, bu aşamada $e1$ dikkate alınmamıştır ve tahmin hatalarının aritmetik ortalaması ise 10 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p7'$ değeri 22:44 olarak hesaplanmıştır.

8. Adım			
$t8 = 13:00, p7 = 22:30$			
$P = [22:55, 22:30, 23:15, 23:50, 23:15, 22:40, 23:24, 21:40, 23:05, 22:30]$			
$P(\text{dk.}) = [595, 570, 615, 650, 615, 580, 624, 520, 605, 570]$			
$P(\text{Ort.}) = 594, s = 34$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e3$	23:13	22:40	+33
$e4$	23:03	23:24	-21
$e5$	23:03	22:40	+23
$e6$	22:53	23:25	-32
$e7$	22:44	22:30	+14
Aritmetik ortalama			3
$p8' (\text{dk.}) = 594 - 3 = 591 \text{ dk.}$		$p8' = 22:43$	

Şekil 7.9. Birinci senaryoya ilişkin 8. adım işlemleri

Şekil 7.9'daki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 594 ve s değeri 34 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p7$ değerinin 22:30 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son beş tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise 3 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p8$ ' değeri 22:43 olarak hesaplanmıştır.

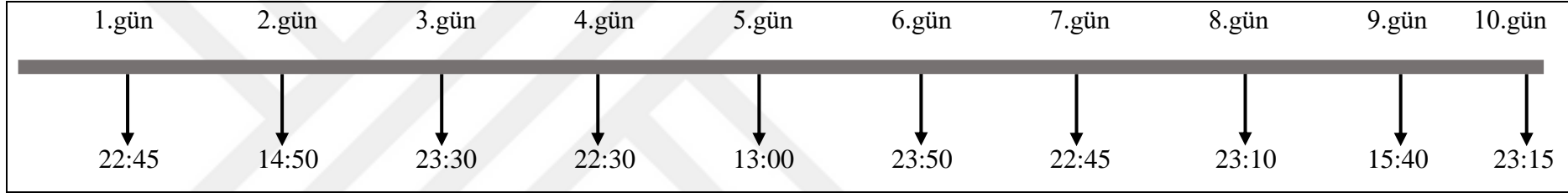
Tahmin işlemleri kısmında da belirtildiği gibi geçmiş şarj etme verilerine ait standart sapma değerinin çok fazla olduğu durumlarda yapılan tahmin zamanı algoritmada kullanılmamaktadır. Şekil 7.10'da bu senaryoda kullanılan ve kullanılmayan tahmin hataları dakika olarak gösterilmektedir.



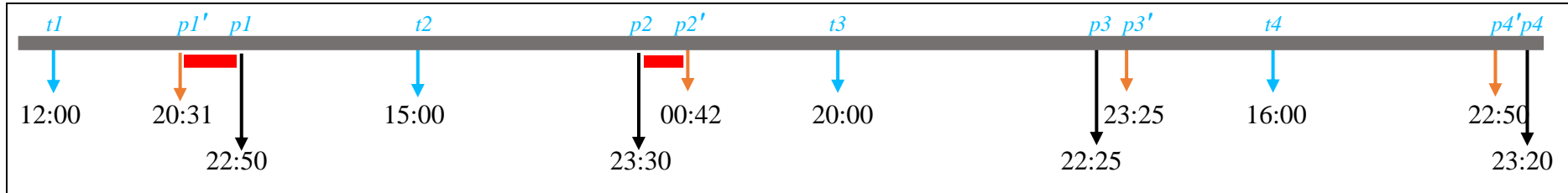
Şekil 7.10. Senaryo 1 için şarj etme zamanlarına ilişkin tahmin hataları

Şekil 7.10'a göre ikinci tahmin dışında tüm tahminlerin algoritma aşamasında kullanıldığı ve bu kullanılan tahminlerin büyük oranda doğru olduğu görülmektedir.

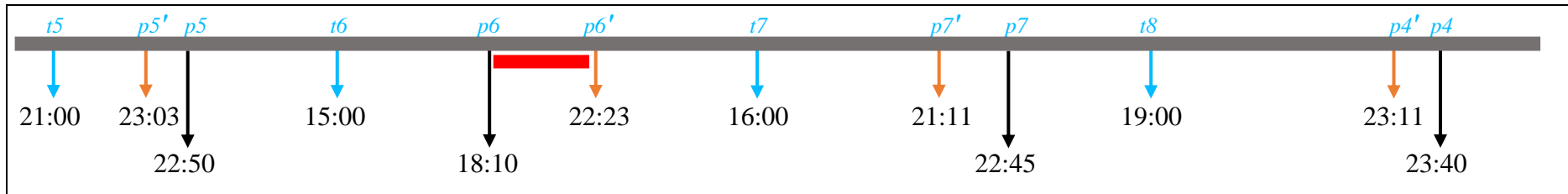
Şekil 7.11'de 2 numaralı senaryo için yapılan şarj etme zamanlarına ilişkin tahminler ve bu tahminlerin hataları gösterilmektedir.



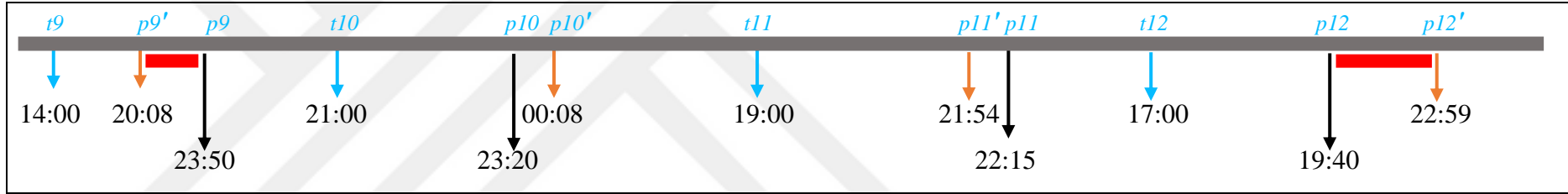
Şekil 7.11. (a) Senaryo 2 için örnek şarj etme zamanları



Şekil 7.11. (devam) (b) Tahmini şarj etme zamanları



Şekil 7.11. (devam) (b) Tahmini şarj etme zamanları



Şekil 7.11. (devam) (b) Tahmini şarj etme zamanları

Bu senaryoda kullanıcının, telefonunu gün içinde farklı zamanlarda düzensiz olarak şarj ettiği varsayılmıştır. Kullanıcının son 10 şarj etme zamanları 22:45, 14:50, 23:30, 22:30, 13:00, 23:50, 22:45, 23:10, 15:40, 23:15 olarak belirlenmiştir. Yapılan tahminlerin nasıl hesaplandığı aşağıdaki adımlarda açıklanmaktadır.

1. Adım

$$t1 = 12:00$$

$$P = [22:45, 14:50, 23:30, 22:30, 13:00, 23:55, 22:40, 23:10, 15:40, 23:15]$$

$$P(\text{dk.}) = [645, 170, 690, 630, 60, 715, 640, 670, 220, 675]$$

$$P(\text{Ort.}) = 511, s = 240$$

$$p1' (\text{dk.}) = 511 \text{ dk.} \quad p1' = 20:31$$

Şekil 7.12. İkinci senaryoya ilişkin 1. adım işlemleri

Şekil 7.12'deki işlemler sonucu rastgele seçilen $t1 = 12:00$ anında, sonraki şarj etme zamanı tahmin edilmiştir. Daha sonra, $P(\text{dk.})$ değerlerinin ortalaması 511 ve standart sapması 240 olarak hesaplanmıştır. Son olarak $t1$ zamanına 511 dakika eklenerek bir sonraki şarj etme zamanı olan $p1'$ değeri 20:31 olarak belirlenmiştir. s değeri 60 (1 saat) ve üzeri olduğu için yapılan tahmin karar verme aşamalarında kullanılmayacaktır.

2. Adım

$$t2 = 15:00, p1 = 22:50$$

$$P = [14:50, 23:30, 22:30, 13:00, 23:55, 22:40, 23:10, 15:40, 23:15, 22:50]$$

$$P(\text{dk.}) = [510, 450, 635, 460, 490, 40, 495, 470]$$

$$P(\text{Ort.}) = 444, s = 161$$

Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	20:31	22:50	-139

$$p2' (\text{dk.}) = 443 + 139 = 582 \text{ dk.} \quad p2' = 00:42$$

Şekil 7.13. İkinci senaryoya ilişkin 2. adım işlemleri

Şekil 7.13'teki işlemler sonucu rastgele seçilen $t2 = 15:00$ anında, sonraki şarj etme zamanı tahmin edilmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p1$ değerinin 22:50 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişteki şarj etme zamanlarından $p1$ dâhil son 10 değer dikkate alınmıştır. $P(\text{dk.})$ değerleri hesaplanırken $t2$ zamanından sonraki değerler dikkate alınmıştır. $p2'$ 'nin tahmini aşamasında geçmiş tahminlerin dakika olarak hata ortalamaları -139 olduğu için bu değer $t2$ değerine eklenerek $t2'$ değeri 00:42 olarak tahmin edilmiştir. Bu tahmin aşamasında

hem standart sapma değeri hem de geçmiş hata ortalama değerleri çok yüksek olduğu için $t2'$ tahmini de karar aşamalarında kullanılmayacaktır.

3. Adım			
$t3 = 20:00, p2 = 23:10$			
$P = [23:30, 22:30, 13:00, 23:55, 22:40, 23:10, 15:40, 23:15, 22:50, 23:00]$			
$P(\text{dk.}) = [210, 150, 235, 160, 190, 195, 170, 180]$			
$P(\text{Ort.}) = 186, s = 25$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	20:31	22:50	-139
$e2$	00:42	23:00	+102
Aritmetik ortalama			-19
$p3' (\text{dk.}) = 186+19 = 205 \text{ dk.}$		$p3' = 23:25$	

Şekil 7.14. İkinci senaryoya ilişkin 3. adım işlemleri

Şekil 7.14'teki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 186 ve s değeri 25 olarak bulunmuştur. Geçmiş tahmin hatalarının aritmetik ortalaması ise -19 olarak hesaplanmıştır. Bu tahmin adımında hem geçmiş şarj etme zamanlarının standart sapması hem de geçmiş tahmin hatalarının aritmetik ortalaması çok fazla olmadığı için bu tahmin karar aşamalarında kullanılmıştır.

4. Adım			
$t4 = 16:00, p3 = 22:25$			
$P = [22:30, 13:00, 23:55, 22:40, 23:10, 15:40, 23:15, 22:50, 23:00, 22:25]$			
$P(\text{dk.}) = [390, 475, 400, 430, 435, 410, 420, 385]$			
$P(\text{Ort.}) = 418, s = 27$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e1$	20:31	22:50	-139
$e2$	00:42	23:00	+102
$e3$	23:25	22:25	+60
Aritmetik ortalama			+8
$p4' (\text{dk.}) = 418-8 = 410 \text{ dk.}$		$p4' = 22:50$	

Şekil 7.15. İkinci senaryoya ilişkin 4. adım işlemleri

Şekil 7.15'teki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 418 ve s değeri 27 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p3$ değerinin 22:25 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son üç tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise 8 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p4'$ değeri 22:50 olarak hesaplanmıştır.

5. Adım

$$t5 = 21:00, p4 = 23:20$$

$$P = [13:00, 23:55, 22:40, 23:10, 15:40, 23:15, 22:50, 23:00, 22:25, 23:20]$$

$$P(\text{dk.}) = [175, 100, 130, 135, 110, 120, 85, 140]$$

$$P(\text{Ort.}) = 124, s = 25$$

Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
<i>e1</i>	20:31	22:50	-139
<i>e2</i>	00:42	23:00	+102
<i>e3</i>	23:25	22:25	+60
<i>e4</i>	22:50	23:20	-30
Aritmetik ortalama			+1

$$p5'(\text{dk.}) = 124 - 1 = 123 \text{ dk.}$$

$$p5' = 23:03$$

Şekil 7.16. İkinci senaryoya ilişkin 5. adım işlemleri

Şekil 7.16'daki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 124 ve s değeri 25 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p4$ değerinin 23:20 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son dört tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise 1 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p5'$ değeri 23:03 olarak hesaplanmıştır.

6. Adım

$$t5 = 11:00, p5 = 23:10$$

$$P = [23:55, 22:40, 23:10, 15:40, 23:15, 22:50, 23:00, 22:25, 23:20, 23:10]$$

$$P(\text{dk.}) = [775, 700, 730, 280, 735, 710, 720, 685, 740, 730]$$

$$P(\text{Ort.}) = 680, s = 135$$

Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
<i>e1</i>	20:31	22:50	-139
<i>e2</i>	00:42	23:00	+102
<i>e3</i>	23:25	22:25	+60
<i>e4</i>	22:50	23:20	-30
<i>e5</i>	23:03	23:10	-7
Aritmetik ortalama			-3

$$p6'(\text{dk.}) = 680 + 3 = 683 \text{ dk.}$$

$$p6' = 22:23$$

Şekil 7.17. İkinci senaryoya ilişkin 6. adım işlemleri

Şekil 7.17'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 680 ve s değeri 135 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p5$ değerinin 23:10 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son beş tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise -3 olarak hesaplanmıştır. Sonuç

olarak $p6'$ değeri 22:23 olarak hesaplanmıştır. Geçmiş şarj etme zamanlarının standart sapma değeri çok fazla olduğu için yapılan bu tahmin karar aşamasında kullanılmayacaktır.

7. Adım			
$t7 = 16:00, p6 = 18:10$			
$P = [22:40, 23:10, 15:40, 23:15, 22:50, 23:00, 22:25, 23:20, 23:10, 18:10]$			
$P(\text{dk.}) = [400, 430, 435, 410, 420, 385, 440, 430, 130]$			
$P(\text{Ort.}) = 386, s = 92$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e2$	00:42	23:00	+102
$e3$	23:25	22:25	+60
$e4$	22:50	23:20	-30
$e5$	23:03	23:10	-7
$e6$	22:23	18:10	+253
Aritmetik ortalama			+75
$p7'(\text{dk.}) = 386-75 = 311 \text{ dk.}$		$p7' = 21:11$	

Şekil 7.18. İkinci senaryoya ilişkin 7. adım işlemleri

Şekil 7.18'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 386 ve s değeri 92 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p6$ değerinin 18:10 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son beş tahmin hatası dikkate alındığı için, bu aşamada $e1$ dikkate alınmamıştır ve tahmin hatalarının aritmetik ortalaması ise 75 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p7'$ değeri 21:11 olarak hesaplanmıştır. Geçmiş şarj etme zamanlarının standart sapma değeri ve tahmin hatalarının aritmetik ortalaması çok fazla olduğu için yapılan bu tahmin karar aşamasında kullanılmayacaktır.

8. Adım			
$t8 = 19:00, p7 = 22:45$			
$P = [23:10, 15:40, 23:15, 22:50, 23:00, 22:25, 23:20, 23:10, 18:10, 22:45]$			
$P(\text{dk.}) = [250, 255, 230, 240, 205, 260, 250, 225]$			
$P(\text{Ort.}) = 239, s = 17$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e3$	23:25	22:25	+60
$e4$	22:50	23:20	-30
$e5$	23:03	23:10	-7
$e6$	22:23	18:10	+253
$e7$	21:11	22:45	-94
Aritmetik ortalama			-17
$p8'(\text{dk.}) = 239+17 = 256 \text{ dk.}$		$p8' = 23:11$	

Şekil 7.19. İkinci senaryoya ilişkin 8. adım işlemleri

Şekil 7.19'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 239 ve s değeri 17 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p7$ değerinin 22:45 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan tahmin hataları belirlenirken gün içinde $t8$ zamanından sonra gerçekleşen şarj etme zamanlarına ilişkin tahminler dikkate alınmaktadır. Bu durumda $e6$ satırı dikkate alınmamıştır ve tahmin hatalarının aritmetik ortalaması ise -17 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p8'$ değeri 23:11 olarak hesaplanmıştır.

9. Adım			
$t9 = 14:00, p8 = 23:40$			
$P = [15:40, 23:15, 22:50, 23:00, 22:25, 23:20, 23:10, 18:10, 22:45, 23:40]$			
$P(\text{dk.}) = [100, 555, 530, 540, 505, 560, 550, 250, 525, 580]$			
$P(\text{Ort.}) = 469, s = 152$			
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
$e4$	22:50	23:20	-30
$e5$	23:03	23:10	-7
$e6$	22:23	18:10	+253
$e7$	21:11	22:45	-94
$e8$	23:11	23:40	-29
Aritmetik ortalama			-19
$p9' (\text{dk.}) = 469+19 = 488 \text{ dk.}$		$p9' = 20:08$	

Şekil 7.20. İkinci senaryoya ilişkin 9. adım işlemleri

Şekil 7.20'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 469 ve s değeri 152 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p8$ değerinin 23:40 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son beş tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise -19 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p9'$ değeri 20:08 olarak hesaplanmıştır. Geçmiş şarj etme zamanlarının standart sapma değeri çok fazla olduğu için yapılan bu tahmin karar aşamasında kullanılmayacaktır.

Şekil 21'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 116 ve s değeri 28 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p9$ değerinin 22:00 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son beş tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise -60 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p10'$ değeri 00:08 olarak hesaplanmıştır.

10. Adım

$$t10 = 21:00, p9 = 22:00$$

$$P = [23:15, 22:50, 23:00, 22:25, 23:20, 23:10, 18:10, 22:45, 23:40, 22:00]$$

$$P(\text{dk.}) = [135, 110, 120, 85, 140, 130, 105, 160, 60]$$

$$P(\text{Ort.}) = 116, s = 28$$

Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
<i>e5</i>	23:03	23:10	-7
<i>e6</i>	22:23	18:10	+253
<i>e7</i>	21:11	22:45	-94
<i>e8</i>	23:11	23:40	-29
<i>e9</i>	20:08	22:00	-112
Aritmetik ortalama			-60

$$p10' (\text{dk.}) = 128+60 = 188 \text{ dk.} \quad p10' = 00:08$$

Şekil 7.21. İkinci senaryoya ilişkin 10. adım işlemleri

11. Adım

$$t11 = 19:00, p10 = 23:20$$

$$P = [22:50, 23:00, 22:25, 23:20, 23:10, 18:10, 22:45, 23:40, 22:00, 23:20]$$

$$P(\text{dk.}) = [230, 240, 205, 260, 250, 225, 280, 180, 260]$$

$$P(\text{Ort.}) = 236, s = 29$$

Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
<i>e6</i>	22:23	18:10	+253
<i>e7</i>	21:11	22:45	-94
<i>e8</i>	23:11	23:40	-29
<i>e9</i>	20:08	22:00	-112
<i>e10</i>	00:08	23:20	+48
Aritmetik ortalama			-46

$$p11' (\text{dk.}) = 128+46 = 174 \text{ dk.} \quad p11' = 21:54$$

Şekil 7.22. İkinci senaryoya ilişkin 11. adım işlemleri

Şekil 7.22'deki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 236 ve s değeri 29 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p10$ değerinin 23:20 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan tahmin hataları belirlenirken gün içinde $t11$ zamanından sonra gerçekleşen şarj etme zamanlarına ilişkin tahminler dikkate alınmaktadır. Bu durumda *e6* satırı dikkate alınmamıştır ve tahmin hatalarının aritmetik ortalaması ise -47 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p11'$ değeri 21:54 olarak hesaplanmıştır.

12. Adım
 $t12 = 17:00, p11 = 22:15$
 $P = [23:00, 22:25, 23:20, 23:10, 18:10, 22:45, 23:40, 22:00, 23:20, 22:15]$
 $P(\text{dk.}) = [420, 385, 440, 430, 70, 405, 460, 360, 440, 375]$
 $P(\text{Ort.}) = 378, s = 107$

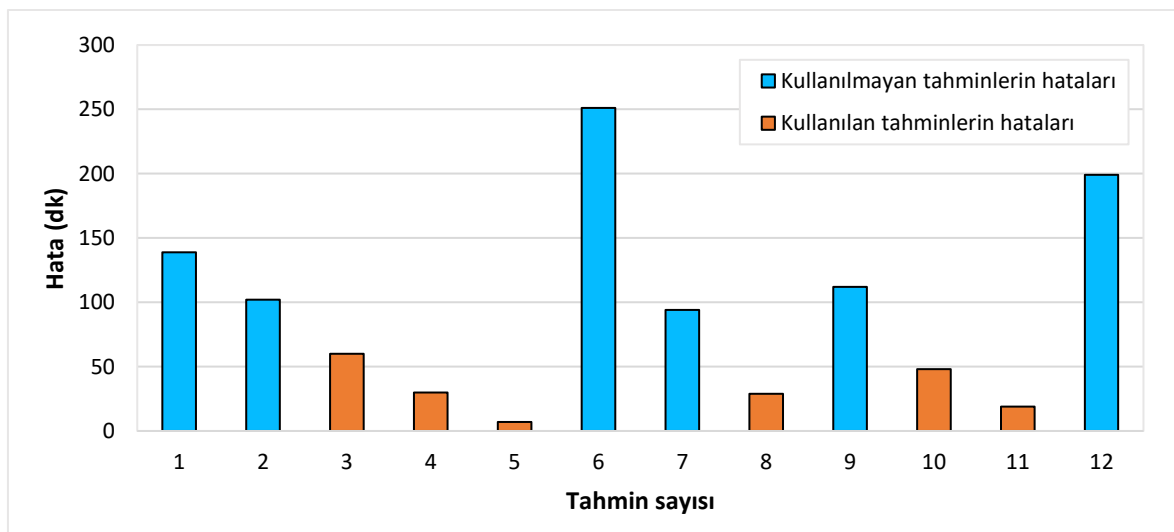
Hata	Tahmin	Gerçekleşen	Fark
<i>e7</i>	21:11	22:45	-94
<i>e8</i>	23:11	23:40	-29
<i>e9</i>	20:08	22:00	-112
<i>e10</i>	00:08	23:20	+48
<i>e11</i>	21:54	22:15	-19
Aritmetik ortalama			-41

 $p12'(\text{dk.}) = 378 + 41 = 419 \text{ dk.} \quad p12' = 22:59$

Şekil 7.23. İkinci senaryoya ilişkin 12. adım işlemleri

Şekil 7.23'teki işlemler sonucu $P(\text{Ort.})$ değeri 378 ve değeri s 107 olarak belirlenmiştir. Bir önceki adımda hesaplanan $p11$ değerinin 22:15 olarak gerçekleştiği varsayılmıştır. Geçmişte yapılan son beş tahmin hatasının aritmetik ortalaması ise -19 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak $p12'$ değeri 22:59 olarak hesaplanmıştır. Geçmiş şarj etme zamanlarının standart sapma değeri çok fazla olduğu için yapılan bu tahmin karar aşamasında kullanılmayacaktır.

Şekil 7.24'te bu senaryoda kullanılan ve kullanılmayan tahmin hataları dakika olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.24. Senaryo 2 için şarj etme zamanlarına ilişkin tahmin hataları

Şekil 7.24'te yapılan tahminlerin yarıya yakınının karar aşamalarında kullanılmadığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak şarj zamanlarının düzensizliği gösterilebilir. Buna rağmen belirli zaman aralıklarında tespit edilen düzenli şarj etme zamanları sayesinde doğru tahminler yapılabilmektedir.

Bu bölümde mobil telefonun tahmini şarj etme zamanı elde edilmiştir. Sonraki bölümlerde, tahmin edilen şarj etme zamanına kadar geçen sürede hangi iş türlerinin kaç kez çalıştırılacağı tahmin edilecektir ve daha sonra bu işlerin enerji maliyetleri hesaplanacaktır.

7.1.1 Şarj edilme zamanına kadar çalıştırılacak işlerin tahmini

Çalışma kapsamında kullanıcıların günlük hayatta kullandıkları uygulamalar tespit edilmiş ve bu uygulamalar buluta transfer aşamalarında kullanılacak olan 4 iş türü ile eşleştirilmiştir. Kullanıcı bir uygulamayı çalıştırdığında arka tarafta ilgili uygulamanın eşleştirildiği iş türü çalıştırılmaktadır. Uygulamaların iş türleri ile eşleştirilmesi hakkında ayrıntılı "6.4. Uygulama Eşleştirme" bölümünde verilmiştir.

Bu bölümde, kullanıcının geçmişteki uygulama çalıştırma alışkanlıklarından faydalanılarak gelecekteki bir zaman aralığında çalıştıracağı uygulamalar tahmin edilmektedir. Bunun için Poisson dağılımından faydalanılmıştır.

Poisson dağılımının çok geniş kullanım alanı bulunmaktadır. Mobil bulut bilişim alanında Islam ve Razzaque yaptıkları bir çalışmada Poisson dağılımından faydalanmışlardır [69]. Bu çalışmada bir deney uygulaması için hasta verilerinin bulut ortamına taşınması gerekmektedir. Araştırmacılar, bu aşamada hasta verilerinin Poisson dağılımına göre belirlenmesinin uygun olduğunu göstermişlerdir.

Şekil 7.25'te görüldüğü gibi, bir kullanıcı için her bir iş türünün $t0 - t1$ zaman aralığındaki çalıştırılma sayısına bağlı olarak, $t1 - t2$ zaman aralığındaki çalıştırılma sayıları Poisson dağılımı ile tahmin edilmektedir.

olamaz. Ancak 169,999 ile 170,001 aralığında bir değer olabilir ve bu aralıkta bile sonsuz sayıda değer bulunduğu için asla noktasal bir tahminde bulunulamaz [91,92]. En önemli sürekli olasılık dağılımı türü olarak normal olasılık dağılımı gösterilebilir.

Normal olasılık dağılımı

Günlük hayatta ve endüstride normal dağılım ile çok sık karşılaşmaktadır. Pratikte birçok durumda verilerin normal dağılım gösteren bir ana kütlede geldiği varsayılır. Bunun nedeni doğa ve insan davranışlarının genel olarak normal dağılıma uygun olmasıdır. Bu dağılım aynı zamanda Gauss olasılık dağılımı olarak da isimlendirilmektedir. İnsanların boy uzunlukları, sınav sonuçları, fabrikasyon paketlerin ağırlıkları bu dağılıma örnek olarak gösterilebilir [92,93].

Kesikli olasılık dağılımları

Rassal bir olayın meydana gelmesindeki dağılımlara ait olasılık oranlarının toplamı 1'e eşittir. Örneğin, bir para havaya atıldığında yazı ve tura gelme ihtimali 1/2 olduğundan; iki farklı ihtimaldeki dağılımlar kesikli dağılım olup arada değer alamazlar. Burada iki olasılık eşittir ve toplamları 1'dir. En yaygın kesikli olasılık dağılımları Bernoilli dağılımı, Binom dağılımı ve Poisson dağılımıdır [94,95].

Bernoilli dağılımı

En basit kesikli olasılık dağılımıdır. Tek denemede gerçekleşen iki sonuçlu (geçme/kalma, doğru yapma/yanlış yapma, atanma/atanamama vb.) olayların olasılığının hesaplanmasında kullanılır. Bu dağılımda, bir olayın olma olasılığı "p", olmama olasılığı "1-p" olarak belirlenir. Bu dağılıma örnek olarak, havaya atılan bir madeni paranın üst yüzüne yazı veya tura gelmesi, bir fabrikada üretilen bir ürünün hatalı veya sağlam olması durumları verilebilir [95,96].

Binom dağılımı

Aynı koşullarda birbirinden bağımsız yapılan Bernoilli denemelerinin "n" kez tekrarlandığı durumlarda kullanılır. Bu dağılıma örnek olarak, bir madeni paranın 5 kez havaya atılması

sonucu ön yüze hiç yazı gelmemesi, bir fabrikanın deposundan seçilen 10 üründen 2'sinin hatalı olması durumları verilebilir [95,97].

Poisson dağılımı

Kesikli olasılık dağılımlarından yaygın kullanılan bir tanesi de Poisson dağılımıdır. Belirli bir alan içerisinde rastgele dağılan veya zaman içerisinde rastgele gözlenen olayların, olasılıklarının hesaplanabilmesi için çok yaygın kullanılan bir modeldir [95].

Poisson dağılımı, zaman, alan, hacim gibi sürekli ortamlarda kesikli sonuçlar veren ve varsayımları sağlayan deneylerin modellenmesinde kullanılan bir dağılımdır. Örnek olarak aşağıdaki durumlar için Poisson dağılımından faydalanılabilmektedir [98,99];

- Bir telefon santraline belirli bir zaman aralığı içerisinde gelen telefon çağrılarının sayısının gözlenmesi
- Bir zaman aralığında belli bir İnternet sitesine gelen bağlantıların sayısının gözlenmesi
- Bir şehirde bir aylık süre içerisinde meydana gelen hırsızlık olaylarının sayısının gözlenmesi
- Belli bir zaman aralığında bir yoldan geçen arabaların sayısının gözlenmesi
- Belli bir zaman aralığında bir mağazaya gelen müşterilerin sayısının gözlenmesi
- Belli bir bölgede bulunan yaban hayvanlarının sayısının gözlenmesi
- Bir kitap içindeki baskı hatalarının sayısının gözlenmesi

Poisson sürecinin varsayımları

- Belirlenen zaman aralığında meydana gelen ortalama olay sayısı sabittir.
- Herhangi bir zaman diliminde bir olayın meydana gelmesi, bir önceki zaman diliminde meydana gelen olay sayısından bağımsızdır.
- Mümkün olabilecek en küçük zaman aralığında en fazla bir olay gerçekleşebilir.
- Ortaya çıkan olay sayısı ile zaman aralığının uzunluğu doğru orantılıdır.

Poisson eşitliği

Bir x rastgele değişkeni Poisson dağılımına sahipse, bu değişkenin olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibidir [100]:

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots \quad (7.1)$$

Eş. 7.1' de ortaya çıkma olasılığı araştırılan olay sayısı olan x değeri, $P(x)$ poisson eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte x ortaya çıkma olasılığı araştırılan olay sayısını, λ ise belirlenen zaman aralığında ortaya çıkan olay sayısını ifade etmektedir.

Farklı zaman aralıkları için Poisson eşitliği

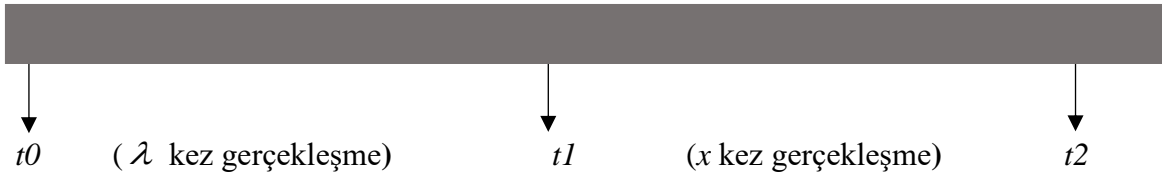
Poisson dağılımına uygun bir olay, $t1-t0$ süresinde λ kez gerçekleşmiş ise farklı bir $t2-t1$ süresinde x kez gerçekleşme olasılığı eşitliği Eş. 7.2 ve Eş. 7.3'te görülmektedir.

$$t = \frac{t1 - t0}{t2 - t1} \quad (7.2)$$

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda * t} (\lambda * t)^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots \quad (7.3)$$

Burada, x olayının gözlemlenmeye başlandığı zaman $t0$, tahmin yapılan anlık zaman $t1$ ve gelecekte olay sayısı araştırılan zaman ise $t2$ olarak belirlenmiştir.

Bu dağılım örneği için zaman aralıkları Şekil 7.26'da görülmektedir.

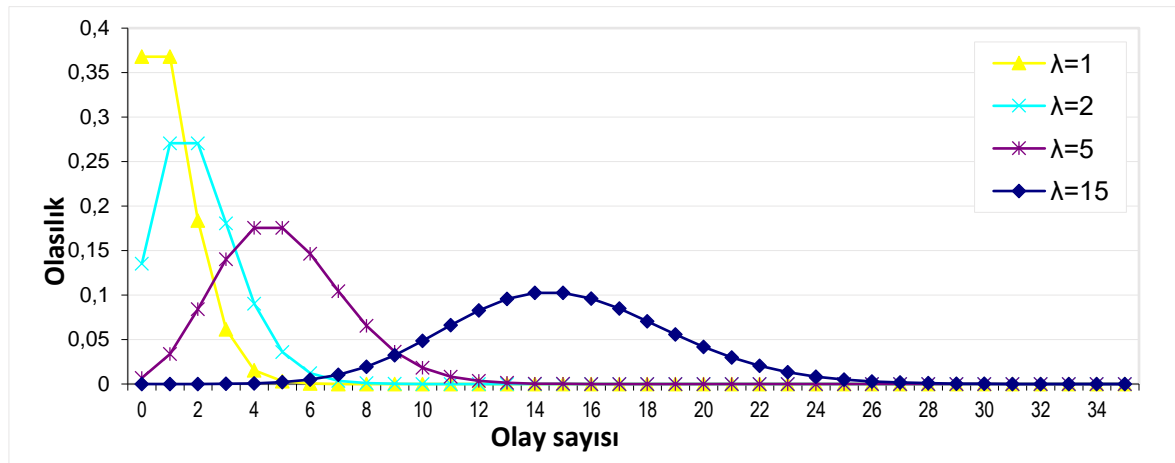


Şekil 7.26. Poisson dağılımı ile zaman aralığında tahmin

Geçmişte bir zaman aralığında meydana gelen olay sayısının, gelecekte farklı zaman aralıklarında gerçekleşme sayısına ilişkin Poisson eşitliği Eş. 7.3'te görülmektedir. Burada

geçmişteki zaman aralığı ile gelecekte gerçekleşme sayısı tahmin edilmek istenen zaman aralığının oranları hesaplanıp Eş. 7.1'de yerine konulmaktadır.

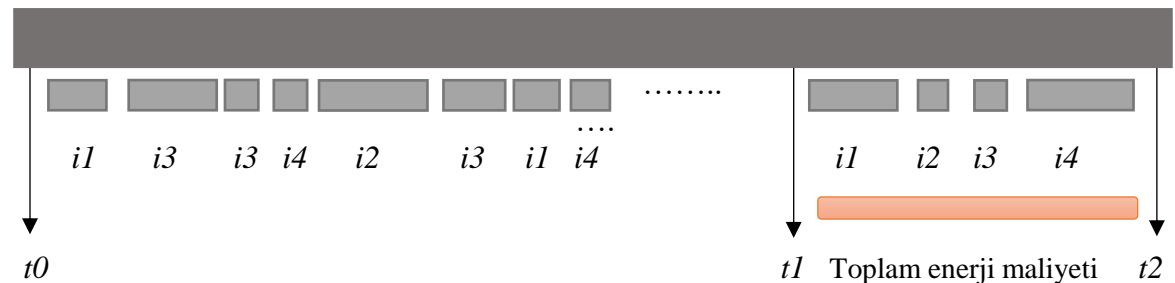
Şekil 7.27'de farklı λ değerleri için elde edilen Poisson dağılımı değerleri gösterilmektedir [99]. Şekilde görülen dağılımı oluşturulan olasılık oranları bir noktaya kadar sürekli artmakta ve daha sonra azalmaya başlamaktadır.



Şekil 7.27. Poisson dağılımı örnek grafikleri

7.1.4. Şarj edilme zamanına kadar çalıştırılacak işlerin enerji maliyeti

Şekil 7.28'de örnek olarak gösterilen $t1 - t2$ zaman aralığında $i1, i2, i3, i4$ işlerinin çalıştırılma sayıları, önceki bölümde $x1, x2, x3, x4$ olarak tahmin edilmişti. Bu bölümde ise $t1 - t2$ zaman aralığında çalıştırılacak olan bu işlerin toplam enerji maliyeti hesaplanacaktır.



Şekil 7.28. Poisson dağılımı ile belirlenen işlerin enerji maliyetleri için örnek

Mobil ve bulut ortamlarda bir işin çalıştırılması için harcanacak enerji maliyetinin hesaplanmasına ilerleyen bölümlerde yer verilmiştir. Bir p işinin mobil ortamda çalıştırılmasının tahmini enerji maliyeti $TEM_{m,p}$ olarak ifade edilmektedir. Bu bölümde 4

adet işin, mobil ortamda çalıştırılması durumunda ihtiyaç duyulacak enerji maliyeti ile bu işlerin çalıştırılma sayıları çarpımları toplanarak toplam enerji maliyeti hesaplanabilecektir. Toplam enerji maliyeti hesaplama eşitliği Eş. 7.4'te görülmektedir.

$$TEM = x1 * TEM_{m,i1} + x2 * TEM_{m,i2} + x3 * TEM_{m,i3} + x4 * TEM_{m,i4} \quad (7.4)$$

Eş. 7.4'te her bir iş için belirlenen çalışma sayısı ile bu işin mobil ortamda çalıştırılması için gereken enerji maliyeti çarpılmakta ve elde edilen değerlerin toplanması sonucu ihtiyaç duyulacak enerji maliyeti elde edilmektedir.

7.1.5. Mobil cihazın iş çalıştırmak için sahip olduğu enerji miktarı

Önceki bölümlerde yapılan hesaplamalar sonucu mobil telefonun bir sonraki şarj edilme zamanı tahmin edilmişti. Bu bölümde ise, geçmişte anlık zaman ile mobil telefonun şarj edilme zamanı arasında çalıştırılan işlerin enerji maliyetleri hesaplanacaktır. Başka bir deyişle, bu iki zaman arasında mobil telefonun iş çalıştırmak için sahip olduğu toplam enerji miktarı elde edilecektir. Mobil telefonun aktif olduğu zamanlarda işletim sistemi, ekran ve telefon görüşmeleri gibi işlemler için de önemli miktarda enerji harcanmaktadır. Harcanan bu enerji değerlerinin ayrı ayrı ölçülmesi çok mümkün olmamakta ve bu değerler zaman içerisinde çok değişiklik göstermemektedir. Bunun için mobil telefonun sadece iş çalıştırmak için sahip olduğu enerjiyi dikkate almak daha doğru olacaktır.

Uygulama kapsamında çalıştırılan işlerin kayıtları veritabanında tutulmaktadır. Tablo yapısı ve örnek veriler “6.2.3 Uygulama veritabanı yapısı” bölümünde yer alan Çizelge 7.3'te görülmektedir. Çizelge 7.3'te yer alan geçmiş iş kayıtlarından faydalanarak, belirlenen iki zaman aralığında çalıştırılan işlerin ortalama tamamlanma süreleri ve ortalama harcanan güç değerleri elde edilecektir. Her bir iş için bu iki değer çarpılması sonucu ilgili işin çalıştırılması için harcanan ortalama enerji değeri elde edilecektir. Daha sonra belirlenen tüm işlerin enerji maliyetlerinin toplanması sonucu, mobil cihazın şarj edilme zamanına kadar iş çalıştırmak için sahip olduğu enerji miktarı tahmin edilmiş olacaktır.

Bu bölüme kadar yapılan işlemleri özetlemek gerekirse; ilk aşamada, mobil cihazın şarj edilme zamanı tahmin edilmiştir. Daha sonra, anlık zaman ile telefonun şarj edilme zamanı arasında kullanıcının çalıştıracığı işler tespit edilmiş ve bu işler için gerekli toplam enerji

maliyeti hesaplanmıştır. Son olarak da belirlenen iki zaman aralığında telefonun iş çalıştırmak için sahip olduğu enerji miktarı yaklaşık olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, çalıştırılacak işler için gerekli enerji miktarı ve sahip olunan enerji miktarı karar aşamalarında kullanılmak üzere elde edilmiştir.

7.2. Mobil ve Bulut Ortamları için Enerji Maliyeti Tahmini

Cuervo ve diğerleri yaptıkları çalışmada bir işin mobil ve bulut ortamlarda çalıştırılması için gereken enerji maliyeti tahminlerini, en küçük kareler yöntemi ve basit regresyon ile hesaplamıştır [101]. Geliştirilen profil toplama modülü tarafından elde edilen veriler kullanılarak yapılan enerji maliyeti tahminlerinin genelde doğru sonuçlar verdiği ve bu tahminlerin hata ortalamasının %8 olduğu belirtilmiştir.

Lim ve Lee, geçmiş iş performans bilgilerini kullanarak enerji maliyeti tahmini yapılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonunda araştırmacılar, bu tahmin hesaplamalarının “linear regresyon”, “decision table” ve “k-nearest neighbours” yöntemleri ile yapılabileceğini ifade etmiştir [67].

Joshua, tez çalışmasında bir işin geçmiş performans bilgilerini kullanarak, ilgili iş için bulut ve mobil ortamda tamamlanma süresi ve tüketilen güç değerlerine ilişkin tahminlerde bulunmuştur. Araştırmacı, bu tahminleri yaparken çoklu doğrusal regresyon yönteminden faydalanmıştır [102].

Khoda ve diğerleri, bir işin geçmiş kayıtlarını kullanarak, ilgili işin tamamlanma süresine ilişkin tahminlerde bulunmuştur. Araştırmacılar bu tahminleri yaparken istatistiksel regresyon yönteminden faydalanmıştır [4]. Deneysel sonuçlara göre, geliştirilen sistemin, yapılan tahminlerin doğruluğu bakımından benzer çalışmalardan daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

7.2.1. Regresyon analizi

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi elde edilmektedir.

Regresyonda, değişkenlerden biri bağımlı diğerleri bağımsız değişken olmalıdır. Bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerden etkilenmesi, bağımsız değişkenin ise bağımlı değişkenlerden etkilenmemesi gerekmektedir. Burada etkilenmek, matematiksel anlamda bu değişkenleri bir doğrusal denklemde kullandığımızda etki yapmasını ifade etmektedir [103,104].

Basit Doğrusal Regresyon Analizi

Regresyon analizi, bir bağımlı değişken ile bir bağımsız veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkilerin matematiksel eşitlik ile açıklanması sürecidir. Regresyon analizinde değişkenler arasındaki ilişki, doğrusal ise doğrusal regresyon, değil ise doğrusal olmayan regresyon olarak adlandırılmaktadır [103].

Basit doğrusal regresyon modeli eşitliği Eş 7.5'te verilmiştir.

$$y = b_0 + b_1x + e \quad (7.5)$$

Burada, x bağımsız değişken (açıklayıcı değişken), y bağımlı değişken (cevap = yanıt değişkeni), e gözlenemeyen hata terimi, b_0 ve b_1 ise denklem parametreleri olarak ifade edilmiştir. Verilen bir ikili veriler topluluğu için regresyon modeli Eş. 7.6'da verilmiştir.

$$y' = b_0 + b_1x \quad (7.6)$$

Modelin parametrelerinin tahmini için farklı yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem ise en küçük kareler yöntemidir. Bu yöntemin amacı, Eş.7.7'deki eşitlik ile hesaplanan $\sum e^2$ değerini minimum yapan b_0 ve b_1 değerlerinin bulunmasıdır.

$$e = (y - y') \quad (7.7)$$

Burada y gözlenen değer, y' ise tahmin edilen değer olarak ifade edilmiştir. En küçük kareler yöntemi ile b_0 ve b_1 değerlerinin hesaplanması Eş. 7.8 ve Eş. 7.9'da sunulmuştur.

$$b_0 = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (7.8)$$

$$b_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (7.9)$$

$$y' = b_0 + b_1x \quad (7.10)$$

Burada x bağımsız değişken, y bağımlı değişken, n ise veri sayısını ifade etmektedir. En küçük kareler yöntemi kullanılarak b_0 ve b_1 bulunduktan sonra, Eş. 7.10'daki eşitlik ile regresyon tahmini yapılabilir [103,105]. Bu eşitlikte, bağımsız değişken değeri olarak herhangi bir x değeri b_0 ile çarpılmakta ve elde edilen değer ile b_1 değeri toplanmaktadır. Eşitlik sonucunda bağımlı değişken olan y' değeri hesaplanabilmektedir.

7.2.2. Regresyon analizi ile enerji maliyeti ve tamamlanma süresi tahmini

Bu tez çalışmasında da bir işin geçmiş performans bilgileri kullanılarak, basit doğrusal regresyon analizi ile tahmini güç ve tamamlanma süreleri elde edilmiştir.

Mobil cihaz üzerinde anlık güç ölçümü için kullanılan PT uygulaması, güç değerlerini miliwatt (mW) birimi ile vermektedir. Bir işin enerji maliyeti hesaplanırken PT değeri, watt birimine çevrildikten sonra saniye cinsinden elde edilen süre ile çarpılarak joule (J) olarak enerji değeri elde edilmektedir.

Çizelge 7.1'de enerji maliyeti ve tamamlanma süresi hesaplama işlemlerinde kullanılan semboller görülmektedir.

Çizelge 7.1. Enerji maliyeti ve tamamlanma süresi hesaplama işlemlerinde kullanılan semboller ve açıklamaları

Sembol	Birim	Açıklama
$TEM_{m,p}$	J	p işi için mobil ortam tahmini enerji maliyeti
$TEM_{b,p}$	J	p işi için bulut ortamın tahmini enerji maliyeti
$T_{m,p}$	s	p işi için mobil ortamda tahmini tamamlanma süresi
$T_{b,p}$	s	p işi için bulut ortamında tahmini tamamlanma süresi
$P_{m,p}$	mW	p işinin çalıştırılması sırasında mobil ortamda harcanacak tahmini güç (mW)
$P_{b,p}$	mW	p işinin çalıştırılması sırasında bulut ortamında harcanacak tahmini güç
bt	ID değeri	Mobil cihazın anlık İnternet bağlantı türü
\underline{B}	bps	Mobil cihazın anlık İnternet bant genişliği değeri

Bir p işinin, bulut ortamda bt bağlantı türü ile çalıştırılması durumunda tahmini enerji maliyetinin hesaplanması için, geçmişte bulut ortamda bt bağlantı türü ile çalıştırılmış tüm p işi kayıtlarından faydalanılmaktadır. Belirlenen n adet kayıt içerisinde, tamamlanma süresi değerleri $\{T_1, T_2, \dots, T_n\} \in T$ olarak, harcanan güç değerleri $\{P_1, P_2, \dots, P_n\} \in P$ olarak ve İnternet bant genişliği değerleri $\{B_1, B_2, \dots, B_n\} \in B$ olarak elde edilmektedir.

B ve T değerleri kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile p işi için bulut ortamda tahmini tamamlanma süresi $T_{b,p}$ elde edilmektedir. İlgili hesaplamalar Eş. 7.11, Eş. 7.12 ve Eş. 7.13'te gösterilmektedir.

$$b_0 = \frac{(\sum T)(\sum B^2) - (\sum B)(\sum BT)}{n(\sum B^2) - (\sum B)^2} \quad (7.11)$$

$$b_1 = \frac{n(\sum BT) - (\sum B)(\sum T)}{n(\sum B^2) - (\sum B)^2} \quad (7.12)$$

$$T_{b,p} = b_0 + b_1 \underline{B} \quad (7.13)$$

B ve P değerleri kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile p işi için bulut ortamında harcanacak güç tahmini $P_{b,p}$ elde edilmektedir. İlgili hesaplamalar Eş. 7.14, Eş. 7.15 ve Eş. 7.16'da sunulmuştur.

$$b_0 = \frac{(\sum P)(\sum B^2) - (\sum B)(\sum BP)}{n(\sum B^2) - (\sum B)^2} \quad (7.14)$$

$$b_1 = \frac{n(\sum BP) - (\sum B)(\sum P)}{n(\sum B^2) - (\sum B)^2} \quad (7.15)$$

$$P_{b,p} = b_0 + b_1 B \quad (7.16)$$

$T_{b,p}$ ve $P_{b,p}$ değerleri elde edildikten sonra, bu değerler yardımı ile p işinin bulut ortamında çalıştırılması durumunda oluşacak tahmini enerji maliyeti $TEM_{b,p}$ hesaplanmaktadır. Benzer çalışmalarda da tahmini enerji maliyeti, süre değeri T ile güç değeri P kullanılarak Eş. 7.17'deki gibi hesaplanmıştır [6,7,9].

$$TEM_{b,p} = T_{b,p} * P_{b,p} \quad (7.17)$$

Bir p işi için mobil ortamda çalıştırılması durumunda harcanacak enerji maliyetinin hesaplanması için geçmişte mobil ortamda çalıştırılmış tüm p işi kayıtlarından faydalanılmaktadır. Belirlenen n adet kayıt içerisinde tamamlanma süresi değerleri $\{T_1, T_2, \dots, T_n\} \in T$ olarak, harcanan güç değerleri $\{P_1, P_2, \dots, P_n\} \in P$ olarak elde edilmiştir. T değerleri ortalaması ile $T_{m,p}$, P değerleri ortalaması ile de $P_{m,p}$ elde edilmektedir.

$T_{m,p}$ ve $P_{m,p}$ değerleri elde edildikten sonra, bu değerler yardımı ile p işinin mobil ortamda çalıştırılması durumunda oluşacak tahmini enerji maliyeti $TEM_{m,p}$ Eş. 7.18'de görüldüğü gibi hesaplanmaktadır.

$$TEM_{m,p} = T_{m,p} * P_{m,p} \quad (7.18)$$

7.3. Karar Algoritması

Önceki bölümlerde elde edilen bilgiler, bu bölümde geliştirilen karar algoritmasında kullanılmaktadır. Algoritma sonucunda bir işin mobil ortamda çalıştırılması ya da bulut ortamına aktarılmasına karar verilmektedir. Mobil telefonun bir sonraki şarj edilme zamanı tahmin edilebilmiş ise karar zamanı ile şarj edilme zamanı arasında çalıştırılması muhtemel işler için gerekli enerji miktarı E_M olarak ifade edilmiştir. Bir sonraki şarj etme zamanına kadar mobil telefonun iş çalıştırmak için sahip olduğu enerji miktarı ise E_S olarak belirlenmiştir. Ayrıca mobil telefonun bataryasının şarj edilme durumu B_{durum} olarak ifade edilmiştir.

Algoritmada kullanılmak üzere her bir p işi için aşağıdaki bilgiler elde edilmektedir;

- $T_{m,p} = p$ işinin mobil ortamda tahmini tamamlanma süresi
- $T_{b,p} = p$ işinin bulut ortamında tahmini tamamlanma süresi
- $TEM_{m,p} = p$ işinin mobil ortamda çalıştırılması durumunda gerekli enerji maliyeti
- $TEM_{b,p} = p$ işinin bulut ortamında çalıştırılması durumunda gerekli enerji maliyeti

Mobil cihazın pil seviyesinin kritik seviyede olması durumunda algoritmada kullanılacak ağırlık oranları Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Kritik pil seviyesi için ağırlık oranları

Kriter	Sembol	Ağırlık oranı
Enerji	E_Y	0,8
Performans (süre)	P_Y	0,2

Çizelge 7.2’de kritik pil seviyesi için enerji katsayısı ve performans katsayısı değerleri görülmektedir. Mobil cihazın pil seviyesinin kritik olduğu durumlarda bu değerler sayesinde enerji öncelikli hesaplamalar yapılabilmektedir. Normal pil seviyesi için belirlenen ağırlık oranları ise Çizelge 7.3’te gösterilmektedir.

Çizelge 7.3. Normal pil seviyesi için ağırlık oranları

Kriter	Sembol	Ağırlık oranı
Enerji	E_N	0,5
Performans (süre)	P_N	0,5

Çizelge 7.3'te normal pil seviyesi için enerji katsayısı ve performans katsayısı değerleri görülmektedir. Pil seviyesinin kritik olduğu durumlarda bu değerler sayesinde enerji öncelikli hesaplamalar yapılabilmektedir. Mobil cihazın pil seviyesinin normal olduğu durumlarda bu değerler kullanılmaktadır.

Şekil 7.29'da karar algoritmasının pseudo kodu bulunmaktadır. Algoritma çalıştırılmadan önce yukarıda ifade edilen bilgilerin hesaplanması gerekmektedir. Bu bilgilerin doğruluğu algoritmanın doğru kararlar verebilmesi için oldukça önemlidir. Geçmiş iş kayıtları arasından bulut ortamda çalıştırılan bir iş kaydı bulunamadığı durumlarda ilgili işin hem mobil hem de bulut ortamda çalıştırılması sağlanmaktadır. Bu durum, daha çok uygulamanın ilk çalışmasında karşılaşılan bir durum olacaktır ve bu sayede farklı durumlar için karşılaştırma verileri elde edilerek, algoritmanın ilerleyen zamanlarda daha doğru kararlar vermesi sağlanacaktır.

$$B_{durum} = \begin{cases} 0, \text{şarj edilmiyor} \\ 1, \text{şarj ediliyor} \end{cases}$$

```

1.  if ( $E_m < E_s$  or  $B_{durum} = 1$ )
2.       $mobil\_malijeti = \left( E_N * \frac{TEM_{m,p}}{TEM_{b,p}} + P_N * \frac{T_{m,p}}{T_{b,p}} \right)$ 
3.       $bulut\_malijeti = \left( E_N * \frac{TEM_{b,p}}{TEM_{m,p}} + P_N * \frac{T_{b,p}}{T_{m,p}} \right)$ 
4.  else
5.       $mobil\_malijeti = \left( E_Y * \frac{TEM_{m,p}}{TEM_{b,p}} + P_Y * \frac{T_{m,p}}{T_{b,p}} \right)$ 
6.       $bulut\_malijeti = \left( E_Y * \frac{TEM_{b,p}}{TEM_{m,p}} + P_Y * \frac{T_{b,p}}{T_{m,p}} \right)$ 
7.  end if
8.
9.  if ( $bulut\_malijeti < mobil\_malijeti$ ) then
10.      $p$  işini bulut ortamına aktar
11. else
12.      $p$  işini mobil ortamda çalıştır
13. end if

```

Şekil 7.29. Karar algoritmasının pseudo kodu

Burada, E_M çalıştırılması tahmin edilen işler için gerekli enerji miktarını, E_S mobil telefonun iş çalıştırmak için sahip olduğu enerji miktarını, B_{durum} ise mobil telefonun bataryasının şarj edilme durumu ifade etmektedir.

Algoritmanın ilk aşamasında, bir işin mobil ya da bulut ortamda çalıştırılması durumunda ortaya çıkacak maliyet hesaplanmaktadır. Bu aşamada, E_M ve E_S değerleri ile mobil telefonun şarj ediliyor olma durumları dikkate alınmaktadır. Başka bir deyişle, bir sonraki şarj etme zamanına kadar mobil telefonun gerekli işleri çalıştırmak için yeterli enerjiye sahip olduğu anlaşılırsa ya da mobil telefonun bataryası prize takılı ise mobil ve bulut maliyet değerlerinin hesaplanması sırasında normal pil seviyesi için belirlenen ağırlık değerleri kullanılacaktır. Aksi durumda kritik pil seviyesi için belirlenen ağırlık değerleri kullanılacaktır. Böylece enerji öncelikli bir karar verilmesi ve enerji tasarrufu sağlanması planlanmaktadır. Belirlenen ağırlık oranları ile ortamların harcanan enerji ve süre maliyetleri oranlarının çarpılması sonucu, mobil ve bulut ortamları için maliyet değerleri elde edilmektedir. Daha sonra elde edilen mobil ve bulut ortam maliyetleri karşılaştırılmaktadır. Bulut ortam maliyeti mobil ortam maliyetinden düşük ise ilgili iş bulut ortamına aktarılmaktadır, aksi durumda ise iş mobil ortamda çalıştırılmaktadır.

8. DENEYSEL SONUÇLAR

Geliştirilen sistemin uygulanması iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, mobil cihaz kullanıcıları 15 gün boyunca buluta iş aktarım modülü olmayan mobil uygulamayı kullanmıştır. İkinci aşamada, aynı kullanıcılar 15 gün boyunca bu kez buluta iş aktarım imkânı sunan mobil bulut uygulamasını kullanmıştır. Uygulama süresinin bitiminde mobil uygulama verilerinin, bulut ortamdaki merkezi veritabanına aktarılması sağlanmıştır. Bu aktarma işlemi, İnternet üzerinden web servisleri aracılığıyla sağlanmıştır.

Çalışmaya katılacak mobil cihaz kullanıcıları maksimum çeşitlilik örnekleme ile belirlenmiştir. Maksimum çeşitlilik örnekleme ile görece olarak küçük bir örneklem oluşturulmakta ve bu örnekleme çalışılan probleme taraf olabilecek bireylerin çeşitliliği maksimum derecede yansıtılmaktadır. Buradaki amaç, genelleme yapmak için çeşitliliği sağlamak değildir; tam tersine çeşitlilik gösteren durumlar arasında ortak olguların ve farklılıkların olup olmadığını bulmaya çalışmak ve çeşitliliğe göre problemin farklı boyutlarını ortaya koymaktır [106,107].

Creswell, nitel araştırmaların genellikle katılımcılardan elde edilen veriler ile derinlemesine ve ayrıntılı bilgi edinmeyi gerektirdiğini ve bu yüzden örneklem boyutunun genellikle küçük (3 ile 25 arasında) herhangi bir sayı olabileceğini ifade etmiştir [108]. Johnson ve Christensen, örneklem boyutunun 6-12 katılımcıdan oluşabileceğini belirtmiştir [109]. Morgan ise bu sayının 6-10 olmasını tavsiye etmektedir [110].

Gerçek uygulama ortamı için katılımcılar belirlenirken, maksimum çeşitliliği sağlamak amacıyla farklı bağlam bilgilerine ve farklı teknik özelliklere sahip mobil cihaz kullanıcıları tercih edilmiştir. Belirtilen özelliklere sahip 7 adet mobil cihaz kullanıcılarına erişilmiş ve geliştirilen mobil uygulama bu kullanıcıların mobil cihazlarına kurulmuştur. Mobil telefon kullanıcılarının sahip oldukları mobil telefonların marka ve modelleri Çizelge 8.1’de listelenmiştir.

Çizelge 8.1. Kullanıcıların mobil telefon modelleri

Kullanıcı	Mobil telefon modeli
Kullanıcı 1	Samsung Galaxy A8
Kullanıcı 2	General Mobile Discovery 2
Kullanıcı 3	Samsung Note 4
Kullanıcı 4	Samsung Galaxy S6
Kullanıcı 5	LG G4
Kullanıcı 6	General Mobile 5 plus
Kullanıcı 7	LG G4

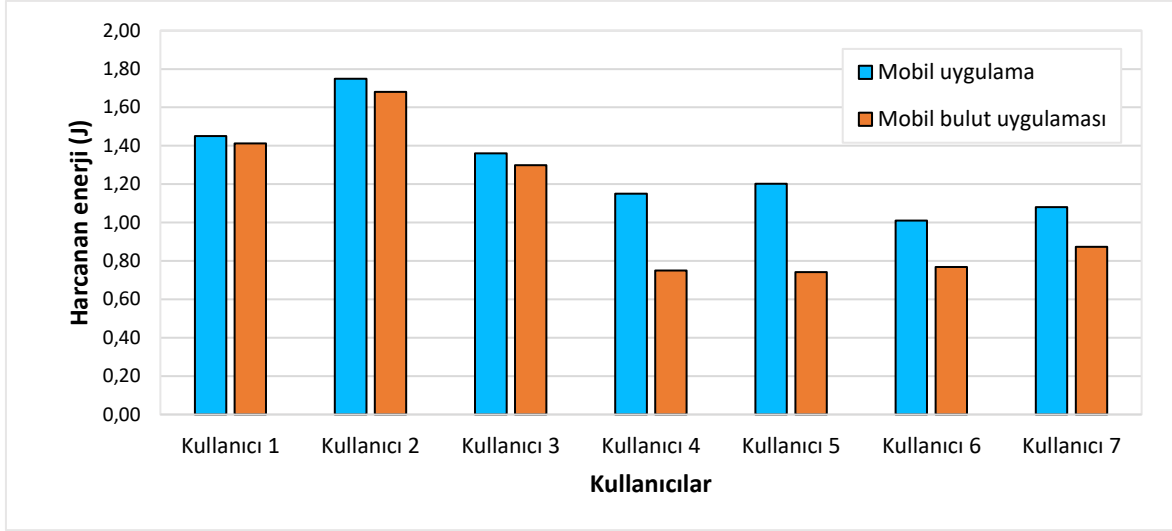
Mobil uygulamanın ".apk" uzantılı kurulum dosyası, mobil telefon kullanıcılarına İnternet üzerinden sunulmuştur. Uygulamanın kurulumu ve çalışma prensibi hakkında kullanıcılara bilgi verilmiştir. Belirlenen mobil telefonlara kurulan mobil uygulama, kullanıcı etkileşimi olmaksızın arka planda çalışmaktadır. Uygulama esnasında ve uygulama süresinin sonunda mobil uygulama verileri web servisi aracılığıyla bulut ortamındaki veritabanına aktarılmaktadır.

Bu bölümde, bulut veritabanına kaydedilen mobil uygulama verileri incelenmiştir. Değerlendirme aşamalarında, işlerin tamamlanma süreleri ve çalıştırılması için harcanan enerji değerleri dikkate alınmıştır. Benzer çalışmalarda da değerlendirilme aşamalarında süre ve enerji değerleri ayrı ayrı ele alınmıştır [4,11,62,111,112].

8.1. Mobil Uygulama ve Mobil Bulut Uygulamalarının Karşılaştırılması

Uygulamanın ilk aşamasında kullanılan uygulama "mobil uygulama", ikinci aşamada kullanılan ve buluta iş aktarma imkânı sunan uygulama ise "mobil bulut uygulaması" olarak adlandırılmıştır.

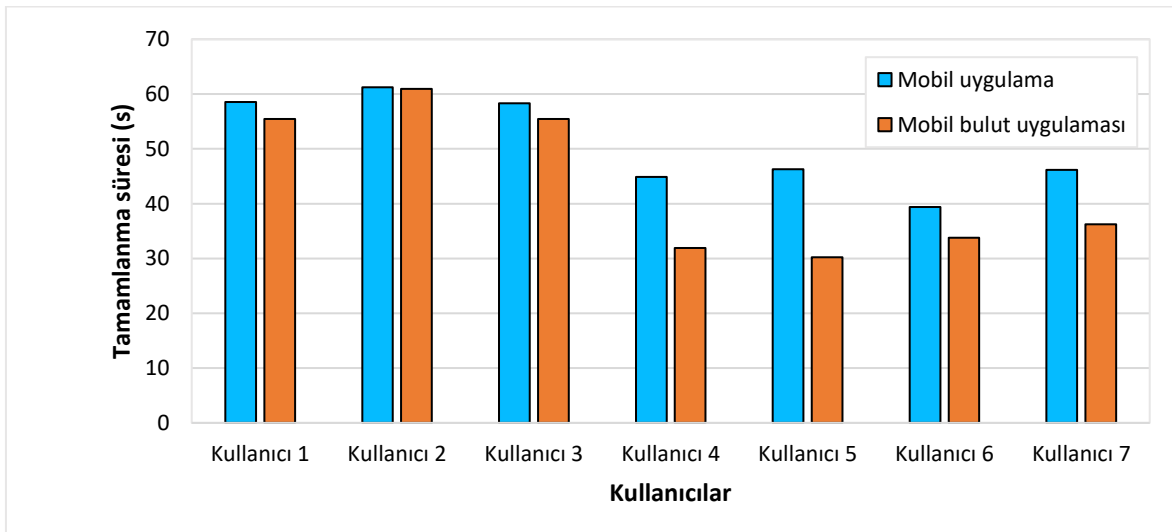
Şekil 8.1'de mobil uygulama ve mobil bulut uygulaması, harcanan ortalama enerji değerleri bakımından kullanıcı bazında karşılaştırılmıştır.



Şekil 8.1. Kullanıcı bazında mobil uygulama ve mobil bulut uygulamalarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.1 incelendiğinde, tüm kullanıcılar için mobil bulut uygulaması ile mobil uygulamaya oranla daha az enerji harcadığı söylenebilir. Tüketilen enerji farklarına bakıldığında, bu farkın 1, 2 ve 3 numaralı kullanıcılar için daha az, 4 ve 5 numaralı kullanıcılar için daha fazla olduğu görülmektedir.

Şekil 8.2’de mobil uygulama ve mobil bulut uygulaması, çalıştırılan işlerin ortalama tamamlanma süreleri bakımından kullanıcı bazında karşılaştırılmıştır.



Şekil 8.2. Kullanıcı bazında mobil uygulama ve mobil bulut uygulamalarının çalıştırılan işlerin tamamlanma süreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.2 incelendiğinde tüm kullanıcılar için mobil bulut uygulamasının, mobil uygulamaya oranla daha kısa iş tamamlama sürelerine sahip olduğu görülmektedir.

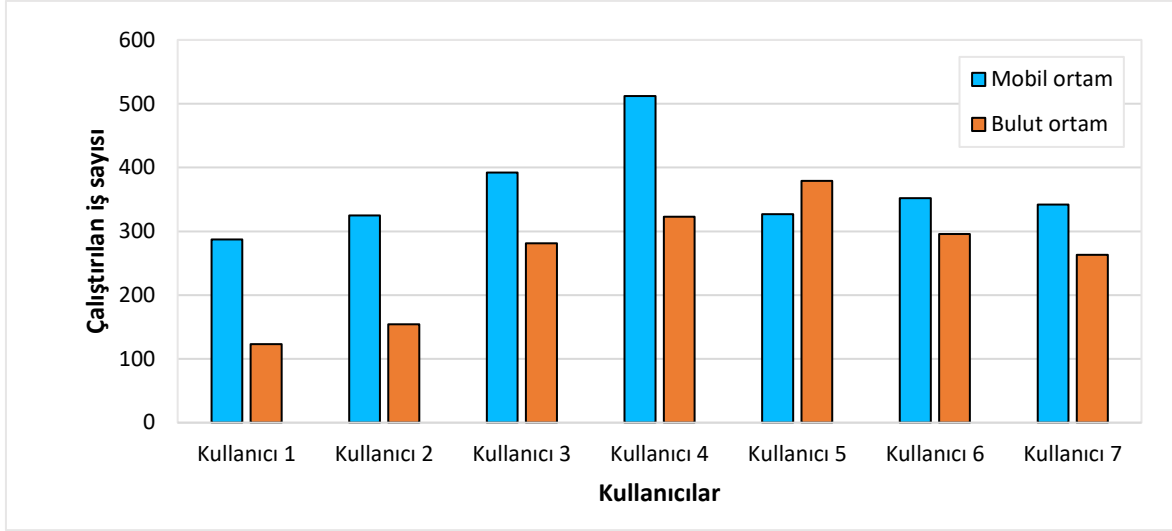
Şekil 8.1 ve Şekil 8.2'deki verilere bakarak kullanıcı bazında bir değerlendirme yapılırsa, mobil bulut uygulamasının tüketilen enerji ve iş tamamlama süreleri bakımından tüm kullanıcılar için daha iyi performans sağladığı söylenebilir. Bu performans değerlerinin, 4 ve 5 numaralı kullanıcılar için daha yüksek, 1, 2 ve 3 numaralı kullanıcılar için daha düşük olduğu görülmektedir.

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi bir işin çalıştırılması için harcanan enerji değeri, ilgili işin çalıştırılması sırasında ölçülen ortalama güç değeri ve tamamlanma süresinin çarpılması ile hesaplanmaktadır. Şekil 8.1 ve Şekil 8.2'deki grafiklerin genel olarak birbirine benzer olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, mobil uygulama ve mobil bulut uygulamasında işlerin çalıştırılması sırasında kullanıcı bazında ölçülen güç değerlerinin, işlerin tamamlanma sürelerine benzer oranlarda değişmesi gösterilebilir. Genel tabloda farklı olarak, 2 numaralı kullanıcı için mobil bulut uygulamasından elde edilen tamamlanma süresi değerinin, mobil uygulamadaki tamamlanma süresi değerinden yüksek olmasına rağmen, mobil bulut uygulaması ile daha düşük enerji harcandığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak, 2 numaralı kullanıcının mobil bulut uygulaması ile işlerini daha uzun sürede tamamlamasına rağmen, bu işlerin çalıştırılması sırasında ölçülen güç değerlerinin diğer kullanıcılara oranla daha az olması gösterilebilir.

8.2. Mobil Ortam ve Bulut Ortamın Karşılaştırılması

Bu bölümde, uygulamanın ikinci 15 günlük bölümünde kullanılan mobil bulut uygulamasından elde edilen veriler, mobil ortam ve bulut ortam bazında karşılaştırılmıştır.

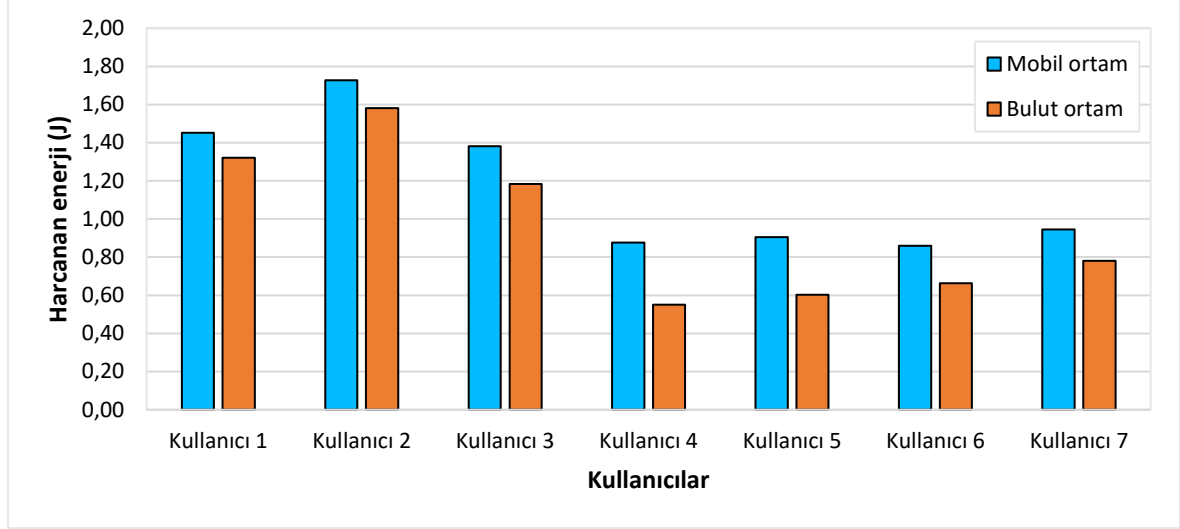
Şekil 8.3'te kullanıcı bazında mobil ve bulut ortamlarında çalıştırılan iş sayıları görülmektedir.



Şekil 8.3. Kullanıcı bazında mobil ortam ve bulut ortamlarında çalıştırılan işlerin sayısı

Şekil 8.3'te görüldüğü gibi kullanıcıların toplam iş çalıştırma sayıları birbirinden farklıdır. Bunun nedeni ise uygulama kapsamında belirlenen işlerin, kullanıcıların günlük mobil uygulama kullanım alışkanlıklarına göre çalıştırılmasıdır. Buna göre, 4 numaralı kullanıcının diğer kullanıcılara oranla gün içinde daha fazla, 1 ve 2 numaralı kullanıcıların ise daha az mobil uygulama kullandığı söylenebilir. Kullanıcıların bulut ortamına aktardıkları işlerin oranı da değişkenlik göstermektedir. 5 numaralı kullanıcının bulut ortamında çalıştırdığı işler mobil ortamdakilerden daha fazla iken, 1 ve 2 numaralı kullanıcıların buluta aktarılan işlerinin mobildekilere oranı çok daha düşüktür. Bu verilere bakarak, diğer kullanıcılara oranla 5 numaralı kullanıcının bulut ortamından daha çok faydalandığı, 1 ve 2 numaralı kullanıcıların ise daha az faydalandığı görülmektedir.

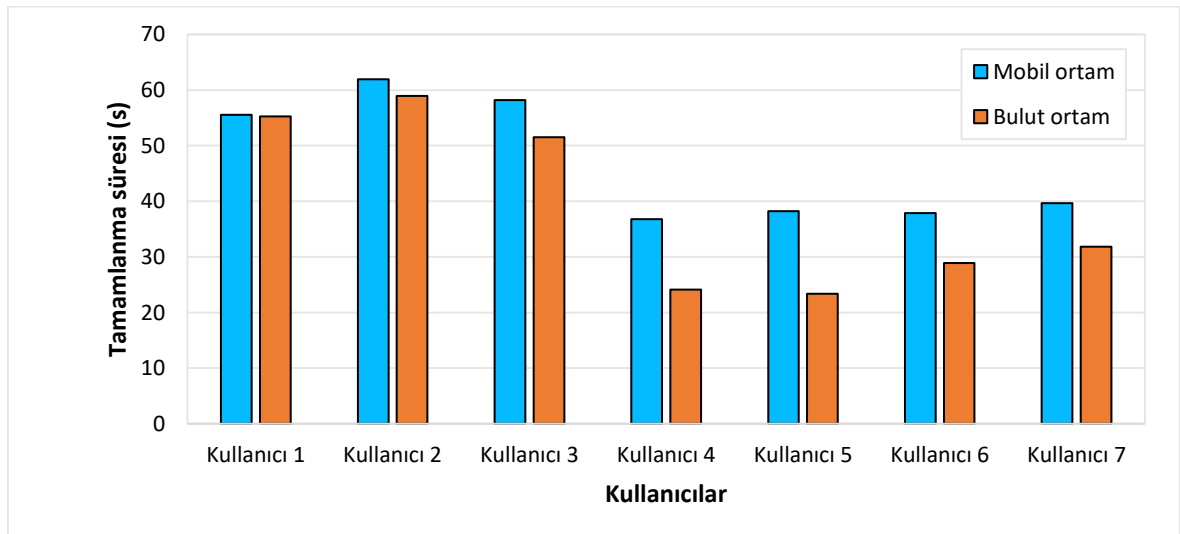
Şekil 8.4'te kullanıcı bazında mobil ve bulut ortamlarında harcanan ortalama enerji değerleri görülmektedir.



Şekil 8.4. Kullanıcı bazında mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.4'te her kullanıcı için bulut ortamda harcanan ortalama enerjinin, mobil ortamda harcanan ortalama enerjiden daha az olduğu görülmektedir. 4 ve 5 numaralı kullanıcılar için işlerin buluta aktarılması sayesinde, yaklaşık %50 oranında enerji tasarrufu sağlandığı söylenebilir.

Şekil 8.5'te kullanıcı bazında mobil ve bulut ortamlarında çalıştırılan işlerin ortalama tamamlanma süreleri karşılaştırılmıştır.



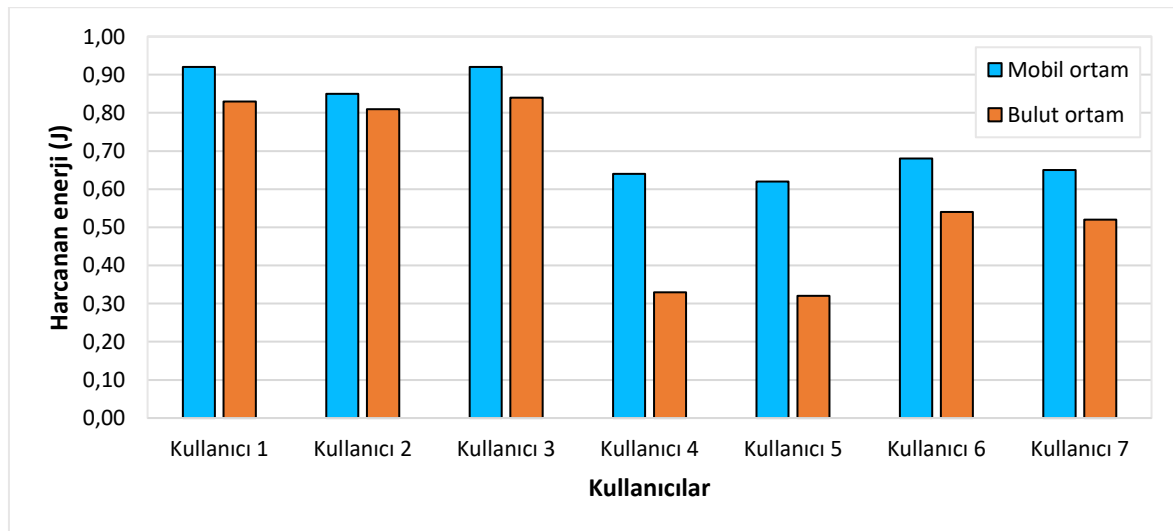
Şekil 8.5. Kullanıcı bazında mobil ve bulut ortamlarının işlerin tamamlanma süreleri bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.5'teki tamamlanma süresi değerleri, Şekil 8.4'te yer alan harcanan enerji değerlerine büyük benzerlik göstermektedir. Burada da 4 ve 5 numaralı kullanıcıların, diğer kullanıcılara oranla bulut ortamında daha kısa iş tamamlama sürelerine sahip oldukları görülmektedir.

Şekil 8.4 ve Şekil 8.5'e bakıldığında 1, 2 ve 3 numaralı kullanıcılar için her iki ortamda da harcanan enerji miktarları ve iş tamamlanma sürelerinin diğer kullanıcılara oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, bu kullanıcıların sahip oldukları mobil cihazların teknik özelliklerinin diğer kullanıcılara oranla daha kısıtlı olması nedeniyle çalıştırma sürelerinin uzaması, dolayısıyla harcanan enerji miktarlarının da yükselmesi gösterilebilir. Ayrıca, 1 ve 2 numaralı kullanıcılar için bulut ortamı mobil ortamla kıyaslandığında, tamamlanma süresine oranla harcanan enerji bakımından daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Bunun nedeni olarak, bu kullanıcılar için bulut ortamda iş çalıştırılması sırasında ölçülen güç değerlerinin, mobil ortamda ölçülen değerlerden daha düşük olması gösterilebilir.

8.3. İş Türü Bazında Mobil ve Bulut Ortamlarının Karşılaştırılması

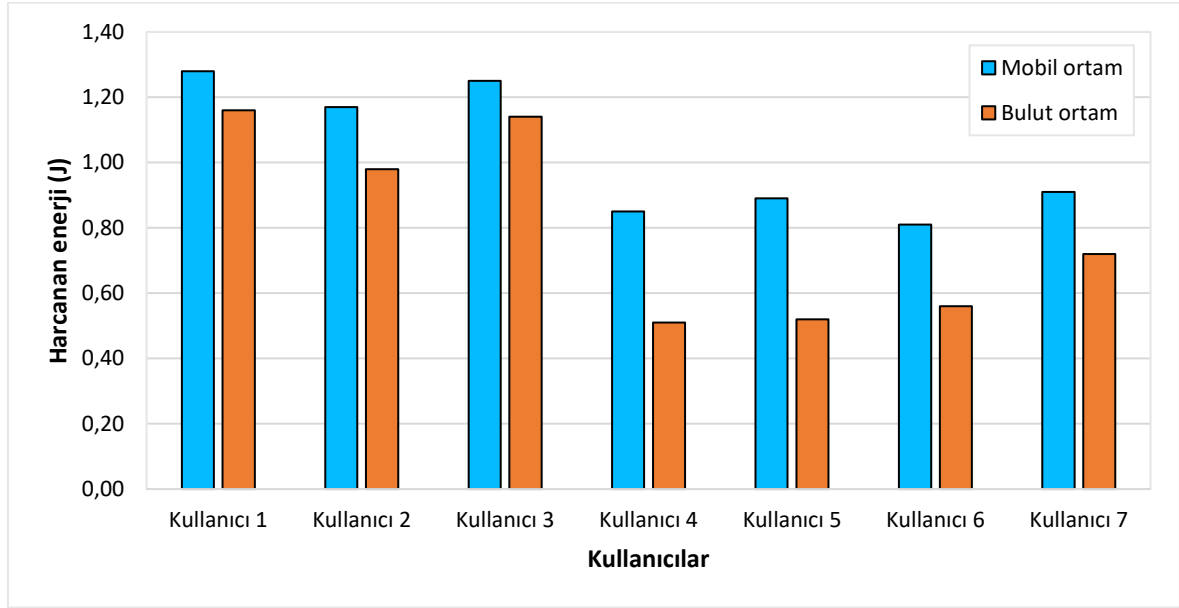
Şekil 8.6'da sekiz vezir işi için mobil ve bulut ortamlarında harcanan ortalama enerji değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.6. Sekiz vezir işi için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.6 incelendiğinde 1, 2, 3 numaralı kullanıcılar için bulut ortamının mobil ortama oranla küçük oranlarda enerji tasarrufu sağladığı anlaşılmaktadır. 4 ve 5 numaralı kullanıcılar için ise bulut ortamının sağladığı enerji tasarrufunun çok daha fazla olduğu söylenebilir.

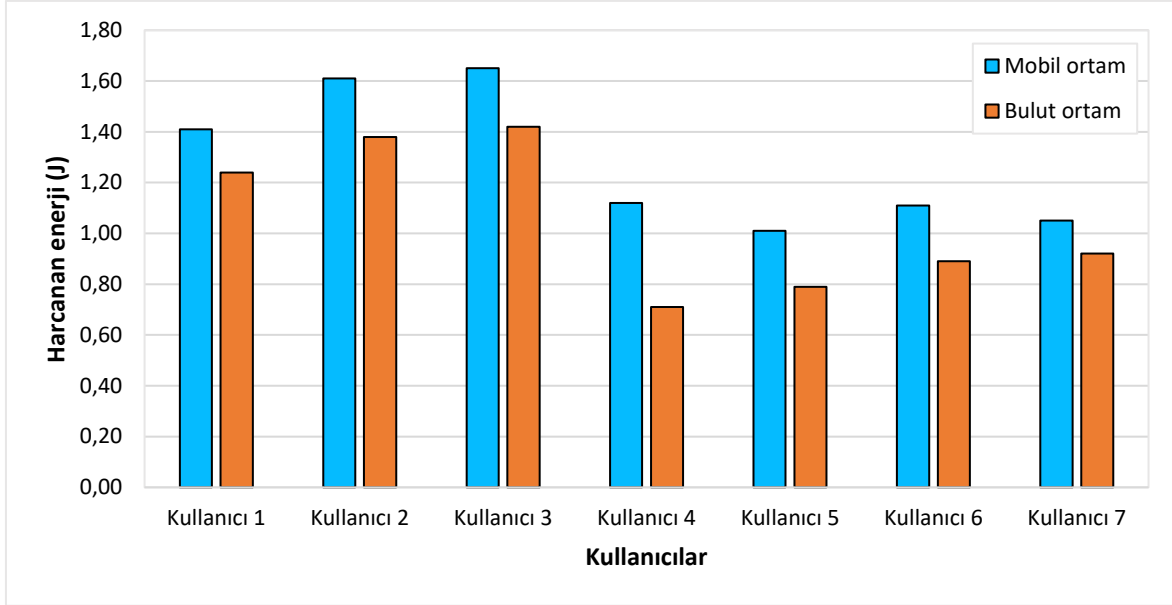
Şekil 8.7’de karakter sayısı bulma işi için mobil ve bulut ortamlarında harcanan ortalama enerji değerleri görülmektedir.



Şekil 8.7. Karakter sayısı bulma işi için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.7’deki veriler incelendiğinde tüm kullanıcılar için bulut ortamının mobil ortama kıyasla farklı oranlarda enerji tasarrufu sağladığı görülmektedir.

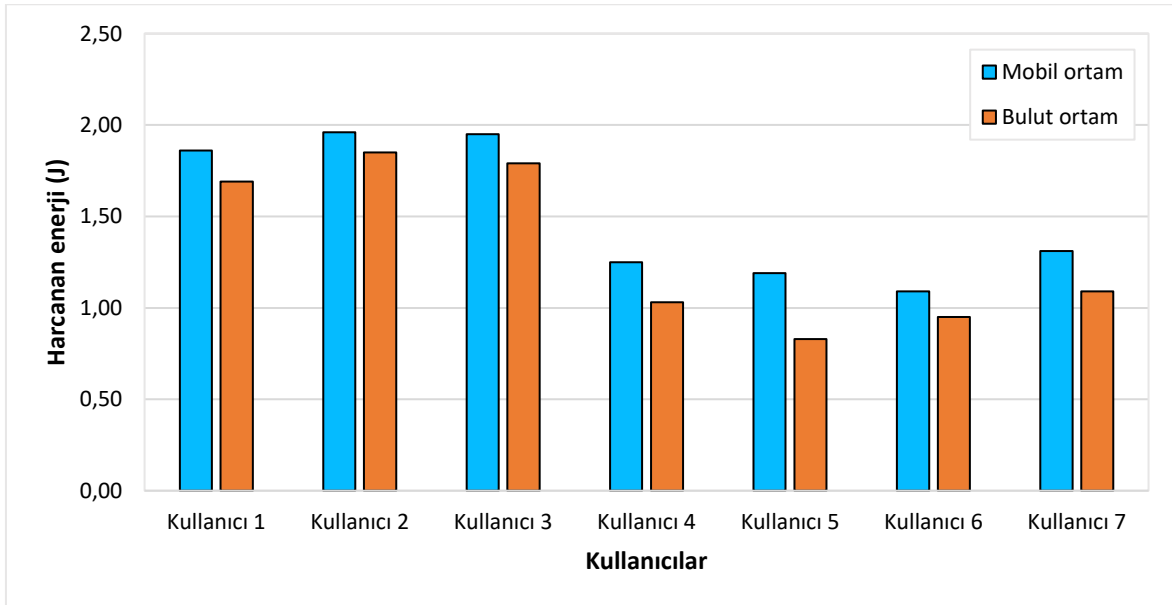
Şekil 8.8’de OCR işi için mobil ve bulut ortamlarında harcanan ortalama enerji değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.8. OCR için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması

OCR işi için elde edilen enerji tüketim verileri, karakter sayısı bulma işi için elde edilen enerji verilere büyük oranda benzerlik göstermektedir.

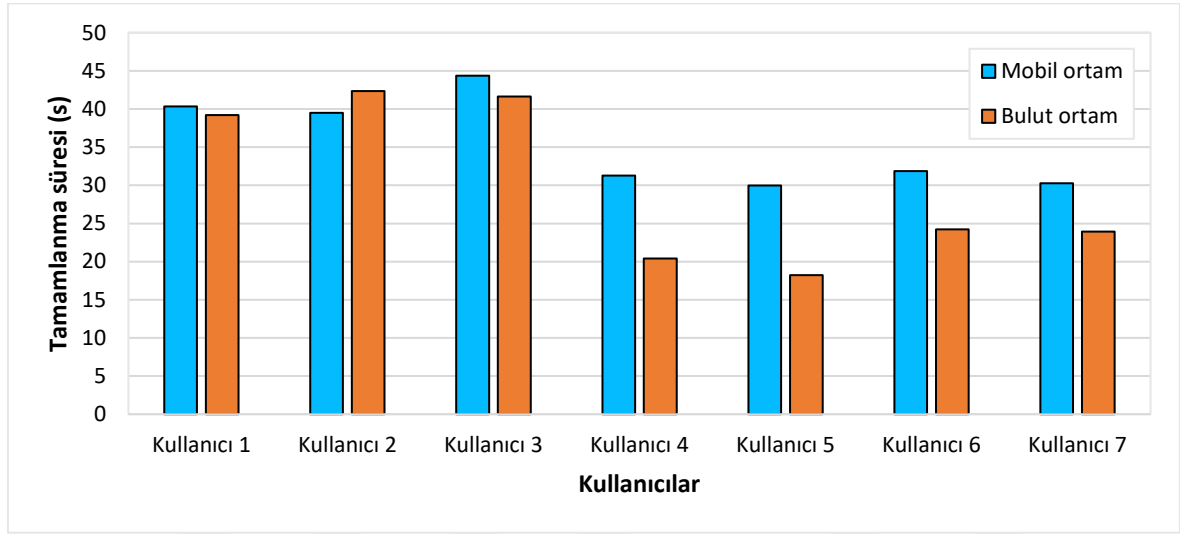
Şekil 8.9'da yüz algılama işi için mobil ve bulut ortamlarında harcanan ortalama enerji değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.9. Yüz algılama işi için mobil ve bulut ortamlarının harcanan enerji bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.9 incelendiğinde, bu iş türü için harcanan ortalama enerji değerlerinin diğer iş türlerine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak bu iş türünün diğer iş türlerine oranla daha karmaşık olması gösterilebilir.

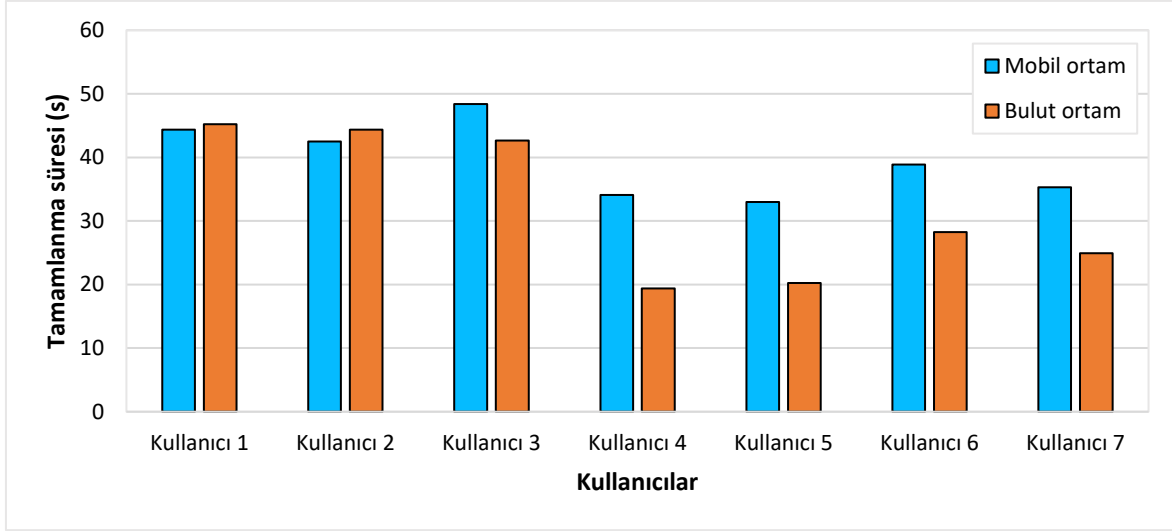
Şekil 8.10'da sekiz vezir işinin mobil ve bulut ortamlarındaki ortalama tamamlanma süreleri görülmektedir.



Şekil 8.10. Sekiz vezir işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.10 incelendiğinde genel durumdan farklı olarak, 2 numaralı kullanıcı için bulut ortamının mobil ortama oranla daha kötü bir performans ortaya koyduğu görülmektedir. Diğer kullanıcılar için ise bulut ortamında elde edilen tamamlanma sürelerinin daha kısa olduğu belirlenmiştir.

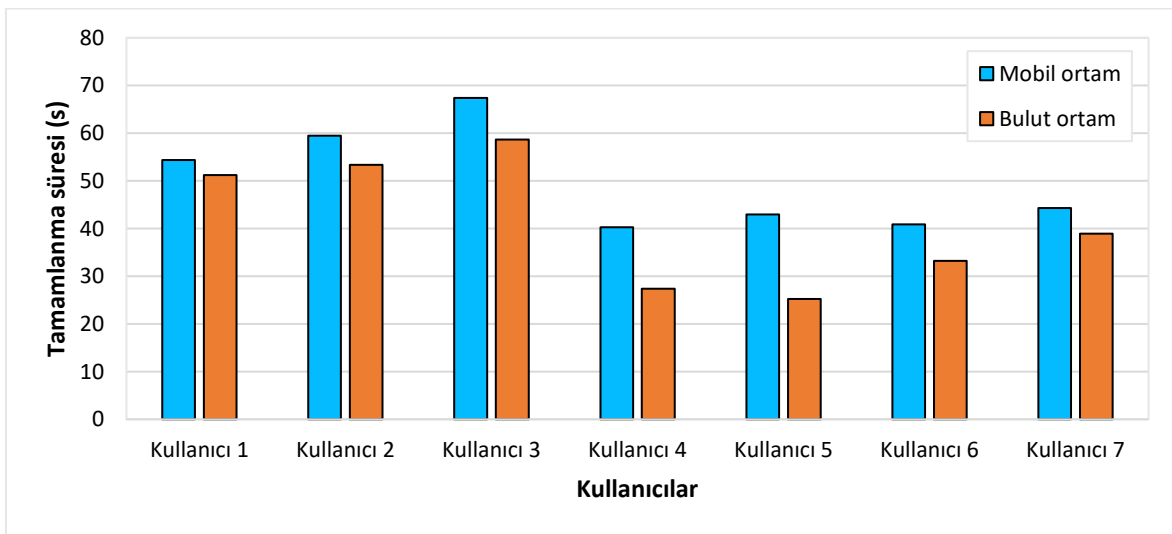
Şekil 8.11'de karakter sayısı bulma işinin mobil ve bulut ortamlarındaki ortalama tamamlanma süreleri görülmektedir.



Şekil 8.11. Karakter sayısı bulma işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.11 incelendiğinde, 1 ve 2 numaralı kullanıcılar için bulut ortamının mobil ortama oranla tamamlanma süresi bakımından daha kötü bir performans ortaya koyduğu söylenebilir. Diğer kullanıcılar için genel duruma benzer şekilde bulut ortamının farklı oranlarda daha iyi performans sağladığı görülmektedir.

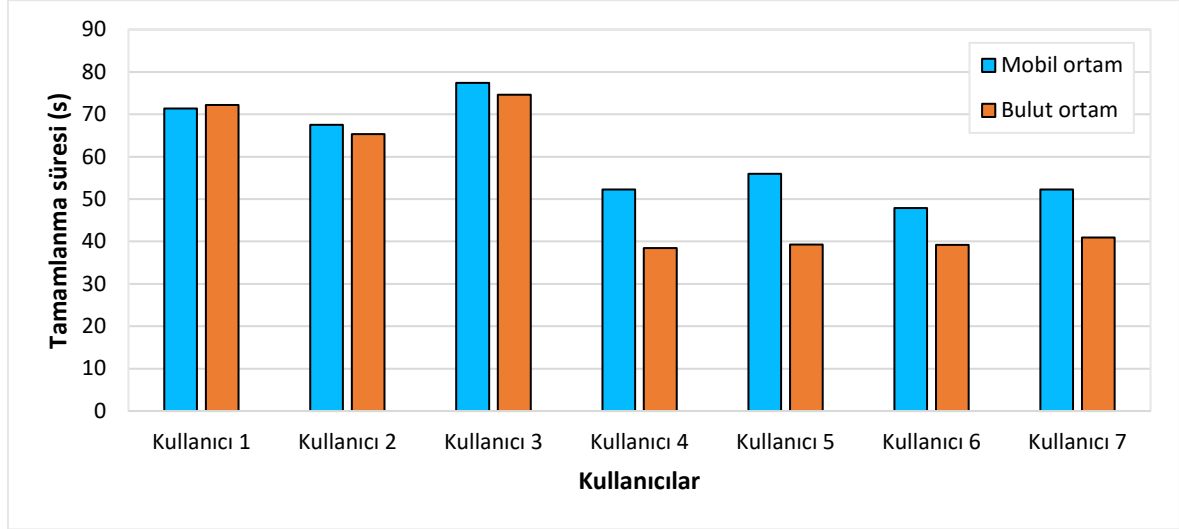
Şekil 8.12’de OCR işinin mobil ve bulut ortamlarındaki ortalama tamamlanma süreleri görülmektedir.



Şekil 8.12. OCR işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması

Şekil 8.12'deki veriler incelendiğinde tüm kullanıcılar için genel duruma benzer şekilde bulut ortamının farklı oranlarda daha iyi performans sağladığı görülmektedir.

Şekil 8.13'te yüz algılama işinin mobil ve bulut ortamlarındaki ortalama tamamlanma süreleri görülmektedir.



Şekil 8.13. Yüz algılama işi için mobil ve bulut ortamlarının tamamlanma süresi bakımından karşılaştırılması

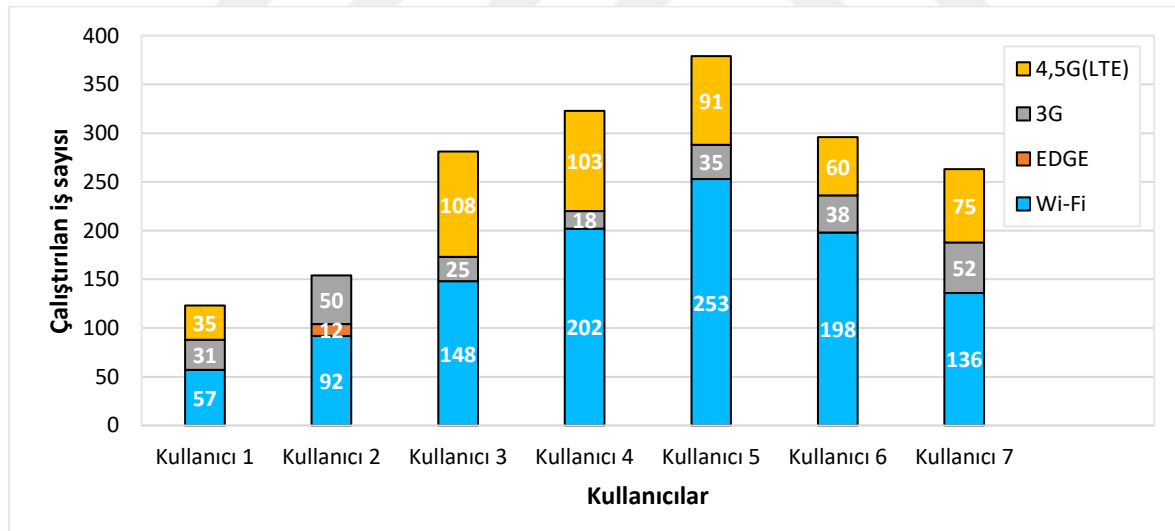
Şekil 8.13 incelendiğinde, 1 numaralı kullanıcı için bulut ortamının mobil ortama oranla tamamlanma süresi bakımından daha kötü bir performans ortaya koyduğu söylenebilir. Diğer kullanıcılar için ise bulut ortamı sayesinde, daha kısa tamamlanma sürelerinin elde edildiği görülmektedir.

Enerji ve süre değerlerine ilişkin grafikler incelendiğinde diğer işlere oranla sekiz vezir bulmacası işinin, iki ortamda da daha az enerji harcanarak daha kısa süreler de tamamlandığı, yüz algılama işinin ise çok daha fazla enerji harcanarak daha uzun sürelerde tamamlandığı görülmüştür. OCR ve karakter sayısı bulma işlerinin ise bu iki iş ile kıyaslandığında ortalama değerlere sahip olduğu söylenebilir. Sekiz vezir bulmacasının mobil ortamda daha az enerji ile daha kısa sürelerde tamamlanabilmesinin sebebi olarak, bu işin diğer işlere oranla mobil cihaz kaynaklarına daha az ihtiyaç duyması gösterilebilir. Bu işin bulut ortamında daha düşük değerler ile çalıştırılabilmesinin sebebi olarak ise bu iş için buluta aktarılması gereken dosya boyutunun diğer işlere oranla çok daha küçük olması gösterilebilir.

Yüz algılama işinin mobil ortamda diğer işlere oranla daha fazla enerji harcanarak daha uzun zamanlarda tamamlanmasının sebebi olarak, bu işin mobil cihaz kaynaklarını diğer işlere oranla daha fazla kullanması gösterilebilir. Bu işin bulut ortamında daha fazla enerji ile daha uzun sürelerde tamamlanmasının nedeni olarak ise bu iş için buluta aktarılması gereken dosya boyutunun diğer işlere oranla daha büyük olması gösterilebilir. Kullanıcı bazında bir değerlendirme yapmak gerekirse, mobil ve bulut ortam değerlerinin iş türleri bazında genel olarak benzerlik gösterdiği söylenebilir. Genel durumdan farklı olarak, 1 ve 2 numaralı kullanıcılar için OCR işi dışında diğer işlerin bulutta tamamlanma sürelerinin mobildeki sürelerle çok yakın ya da daha uzun olduğu görülmektedir.

8.4. İnternet Bağlantı Türü Bazında Performans Değerlendirmesi

Bulutla iş aktarımı yapılırken Wi-Fi, EDGE, 3G ve 4,5G(LTE) İnternet bağlantı türleri kullanılmıştır. Şekil 8.14'te kullanıcı bazında bu bağlantı türleri ile buluta aktarılan iş sayıları grafik olarak verilmiştir.

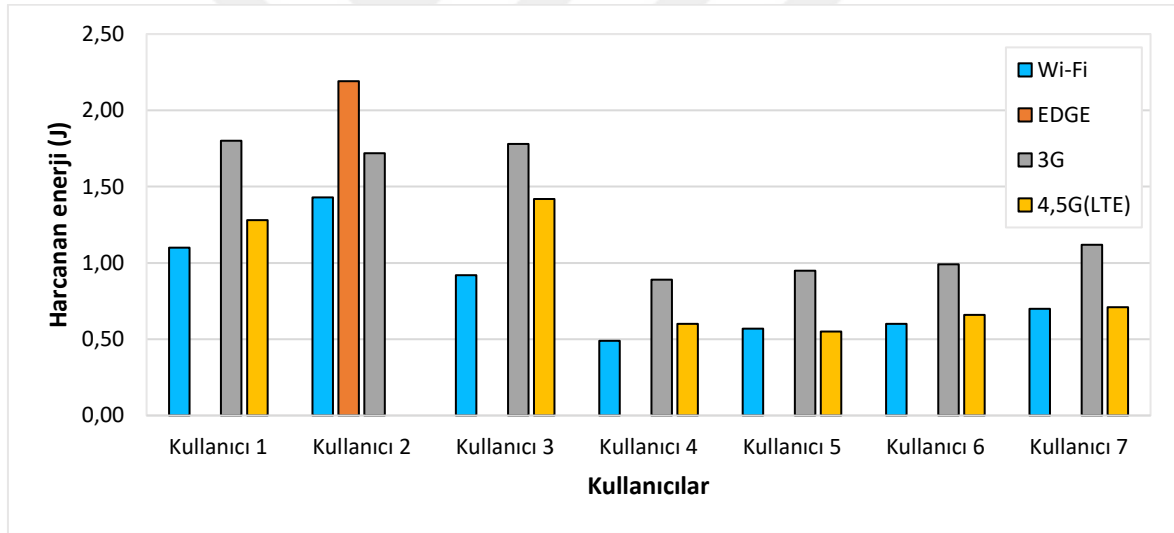


Şekil 8.14. Kullanıcı bazında bağlantı türleri ile çalıştırılan iş sayıları

Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi kullanıcılar tarafından çalıştırılan toplam iş sayıları ve bunların buluta aktarılma oranları farklılık gösterebilmektedir. Şekil 8.14'te 1 ve 2 numaralı kullanıcıların, diğer kullanıcılara oranla daha az işi bulut ortamında çalıştırdığı görülmektedir. Tüm kullanıcılar tarafından buluta iş aktarmak için çoğunlukla Wi-Fi bağlantı türü kullanıldığı anlaşılmaktadır. 1 numaralı kullanıcı için Wi-Fi kullanma oranı

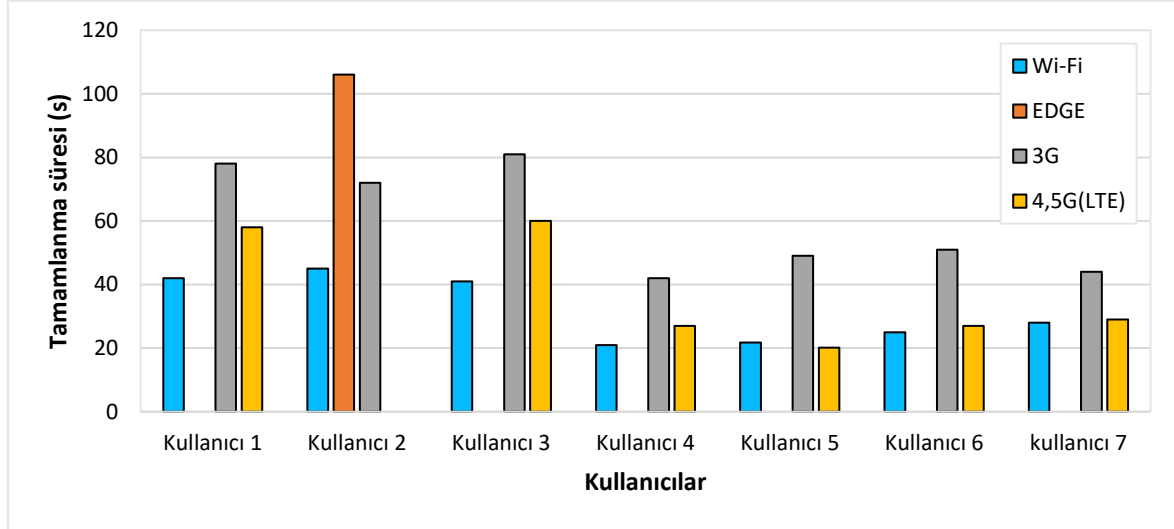
diğer kullanıcılara oranla daha düşüktür, diğer kullanıcılar için ise büyük oranda Wi-Fi bağlantı türünün tercih edildiği söylenebilir. 1 numaralı kullanıcının Wi-Fi ile çalıştırılan iş sayısının diğer kullanıcılara oranla daha az olmasının nedeni olarak, bu kullanıcının bulunduğu ortamlarda uygun Wi-Fi bağlantısına sahip olmaması gösterilebilir. Wi-Fi bağlantı türünden sonra en çok kullanılan bağlantı türünün 4,5G olduğu görülmektedir. 2 numaralı kullanıcının 4,5G bağlantı türü ile hiç iş çalıştırmadığı görülmektedir. Bunun nedeni, bu kullanıcının mobil cihazının 4,5G bağlantı türünü desteklememesidir. Ayrıca EDGE bağlantı türü ile buluta iş aktarımı yapan tek kullanıcının da 2 numaralı kullanıcı olduğu görülmektedir.

Şekil 8.15'te kullanıcı bazında her bir bağlantı türü ile harcanan ortalama enerji değerleri görülmektedir.



Şekil 8.15. Kullanıcı bazında bağlantı türleri ile harcanan ortalama enerji miktarları

Şekil 8.16'da kullanıcı bazında her bir bağlantı türü ile elde edilen ortalama tamamlanma süreleri görülmektedir.

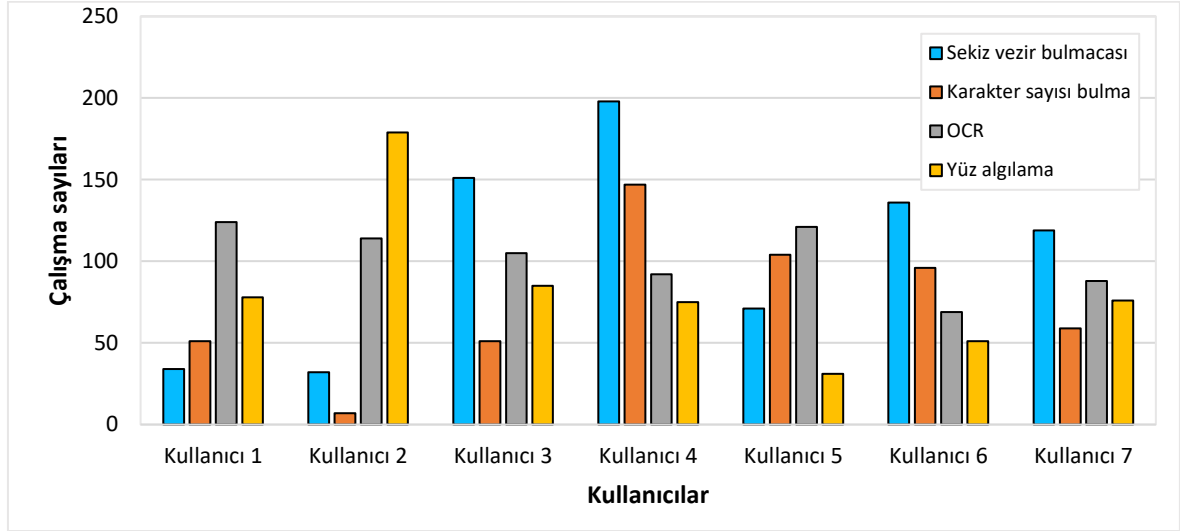


Şekil 8.16. Kullanıcı bazında bağlantı türleri ile ortalama tamamlanma süreleri

Şekil 8.15 ve Şekil 8.16 incelendiğinde, genel olarak Wi-Fi bağlantı türü ile çalıştırılan işlerin daha az enerji harcanarak ve daha kısa sürelerde tamamlandığı söylenebilir. Wi-Fi bağlantı türünden sonra harcanan enerji ve tamamlanma süresi bakımından en iyi performans sağlayan bağlantı türü olarak 4,5G gösterilebilir. Hatta 4,5G bağlantı türünün 5 ve 7 numaralı kullanıcılar için Wi-Fi bağlantısından daha iyi performans gösterdiği söylenebilir. Bunun nedeni olarak, bu kullanıcıların buldukları konumlarda uygun 4,5G bağlantısına sahip olunması gösterilebilir. Wi-Fi ve 4,5G bağlantı türlerine oranla 3G bağlantı türü ile çalıştırılan işlerin, daha fazla enerji ile daha uzun sürelerde tamamlandığı görülmektedir. Diğer kullanıcılardan farklı olarak, 2 numaralı kullanıcının 4,5G bağlantı türü kullanmadığı ve EDGE bağlantı türü kullandığı belirlenmiştir. Bu kullanıcının verileri incelendiğinde EDGE bağlantı türünün diğer bağlantı türlerine oranla daha kötü performans gösterdiği söylenebilir. Tamamlanma süreleri ve enerji maliyetleri incelendiğinde, 3G bağlantı türü ile çalıştırılan işlerin tamamlanma sürelerinin, Wi-Fi ve 4,5G bağlantı türü değerlerine kıyasla belirli bir oranda daha fazla olduğu, buna karşın harcanan enerji değerleri bakımından süre değerlerinde görülen oranlardan daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Bunun dışında genel tabloya benzer olarak, harcanan enerji ve tamamlanma sürelerine ilişkin verilerin birbirine büyük oranda benzerlik gösterdiği söylenebilir.

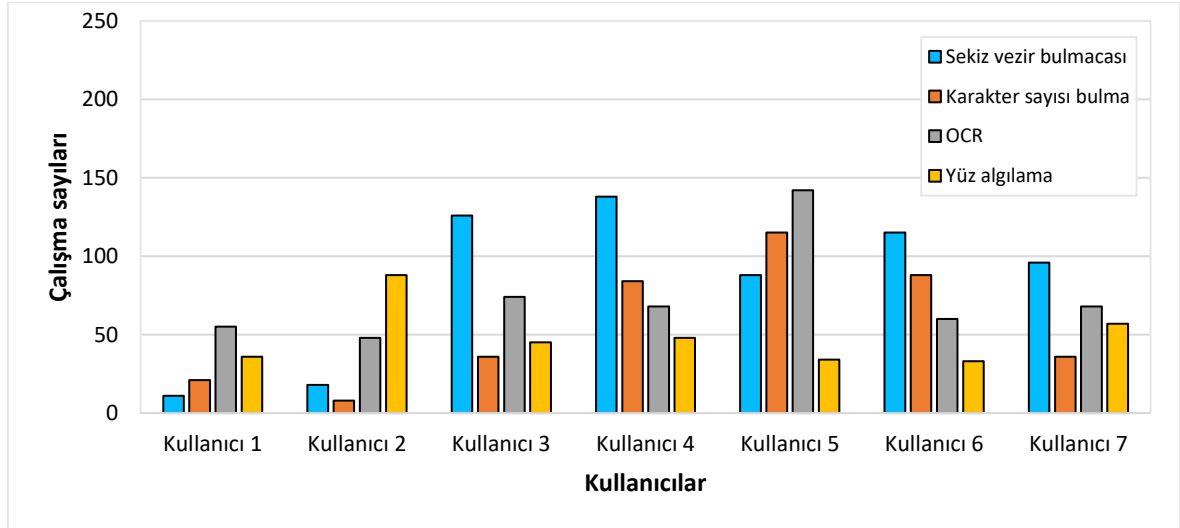
8.5. Kullanıcı Bazında İş Türlerinin Çalıştırılma Sayıları

Şekil 8.17’de mobil ortamda çalıştırılan iş sayıları kullanıcı bazında gösterilmektedir.



Şekil 8.17. Kullanıcı bazında mobil ortamda çalıştırılan iş türleri sayısı

Şekil 8.18’de bulut ortamda çalıştırılan iş sayıları kullanıcı bazında gösterilmektedir.



Şekil 8.18. Kullanıcı bazında bulut ortamında çalıştırılan iş türleri sayısı

Şekil 8.17 ve Şekil 8.18’de mobil ve bulut ortamlarında çalıştırılan iş sayıları kullanıcı bazında gösterilmektedir. Uygulama kapsamında, kullanıcıların günlük hayatta kullandıkları mobil uygulamalar ile buluta transfer edilmesi için belirlenen işlerin eşleştirilmesi önceki bölümlerde yapılmış ve Çizelge 6.7’de sunulmuştur. Sonuç olarak aşağıda yer alan

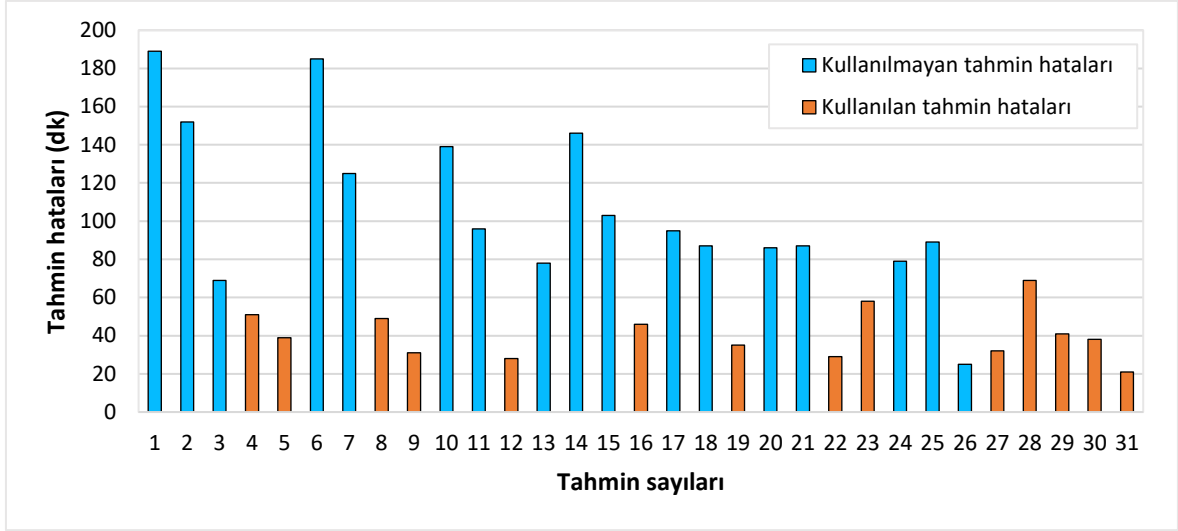
çalıştırılma sayıları, kullanıcıların mobil uygulama kullanım alışkanlıklarına göre oluşmuştur. Bu veriler ile kullanıcıların uygulama kullanım tercihleri hakkında değerlendirme yapılabilmektedir.

Şekillere göre 1 ve 2 numaralı kullanıcılar tarafından OCR ve yüz algılama işleri daha çok çalıştırılmıştır. Bu kullanıcılar için daha çok işlemci ve yüksek kalitede grafik ara yüzüne ihtiyaç duyan uygulamaları tercih ettikleri değerlendirilebilir. 2, 3, 6 ve 7 numaralı kullanıcıların sekiz kez bulmacası işini diğer işlere oranla daha fazla çalıştırdıkları görülmektedir. Bu kullanıcılar tarafından daha az işlem gücüne ve grafik ara yüzüne sahip uygulamaların daha çok tercih edildiği söylenebilir. 5 numaralı kullanıcının ise yüz algılama işi dışında diğer işleri benzer oranlarda çalıştırdığı görülmektedir. Bu kullanıcı için ise genelde çok fazla İnternet bağlantısına ve yüksek kalitede grafik ara yüzüne sahip uygulamaları tercih etmediği söylenebilir.

8.6. Mobil Cihazın Şarj Edilme Zamanı Tahminlerinin Değerlendirilmesi

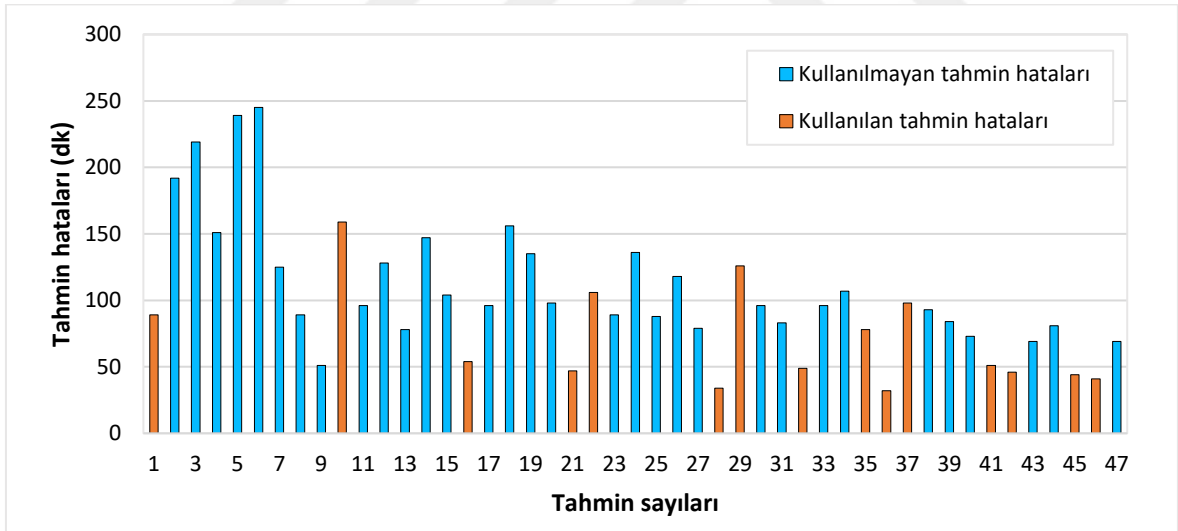
Bu bölümde kullanıcıların mobil cihazlarının şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları dakika olarak sunulmuştur. Mobil cihazın geçmiş şarj edilme zamanlarının çok geniş aralıklara yayıldığı durumlarda yapılacak tahminlerin çok doğru olmayacağı ve bu tahminlerin karar aşamalarında kullanılmayacağı daha önceki bölümlerde belirtilmiştir.

Şekil 8.19'da 1 numaralı kullanıcı için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları görülmektedir. 1 numaralı kullanıcının 15 günlük mobil bulut uygulamasını kullandığı dönemde mobil cihazını 31 kez şarj ettiği belirlenmiştir. Yapılan bu 31 tahminden 14 tanesi karar aşamalarında kullanılmıştır. Şekil 8.19 incelendiğinde ilk günlerde yapılan tahminlerin büyük oranda hatalı oldukları ama ilerleyen günlerdeki tahminlerin daha doğru olduğu söylenebilir. 3 - 4, 25 - 26 ve 28 - 29 numaralı tahminler incelendiğinde hata oranlarının benzer şekilde azaldığı görülmektedir. Buna karşın, karar aşamalarında kullanılmama durumları bakımından bir benzerlik görülmemektedir. Bunun nedeni olarak, bu tahmin çiflerinden önceki tahmin hatalarının aritmetik ortalamaları ve geçmiş şarj etme zamanlarına ait standart sapma değerlerinin farklı olmaları gösterilebilir.



Şekil 8.19. Kullanıcı 1 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları

Şekil 8.20’de 2 numaralı kullanıcı için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları görülmektedir.

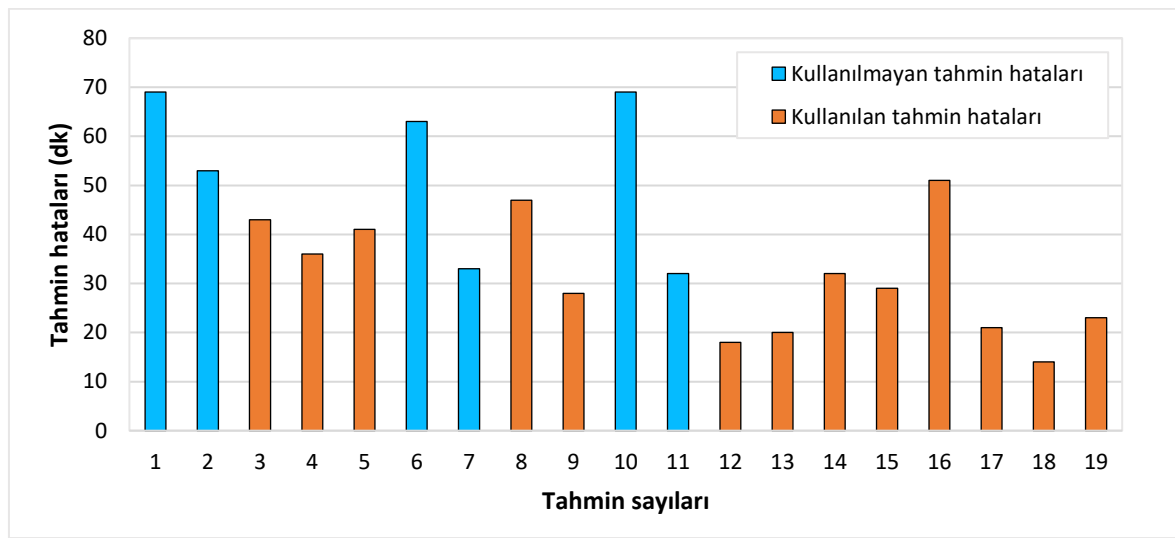


Şekil 8.20. Kullanıcı 2 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları

2 numaralı kullanıcının 15 günlük dönemde mobil telefonun 48 kez şarj ettiği belirlenmiştir. Yapılan tahminlerin genel olarak hatalı olduğu ve bu hataların ilk günlerde daha fazla olduğu söylenebilir. Bu yüzden yapılan 48 adet tahminden sadece 15 tanesi karar aşamalarında kullanılmıştır. Bu kullanıcı için mobil telefonunu düzenli şarj etme alışkanlığı olmadığı söylenebilir. Şekil 8.20’de 10 numaralı tahminin hata değeri yüksek olmasına rağmen bu

tahmin karar aşamalarında kullanılmıştır. 10 numaralı tahminden önceki tahminlerin hata değerlerinin giderek azalması nedeniyle 10 numaralı tahminin de hata değerinin küçük olacağı öngörülmüştür. Kullanıcı mobil telefonunu beklenmedik bir zamanda şarj ettiği için bu tahminin hata değeri yüksek olmuştur. Normal alışkanlıklar dışında şarj edilme zamanları sonucu bu tür hatalı tahminler ile karşılaşılmaktadır.

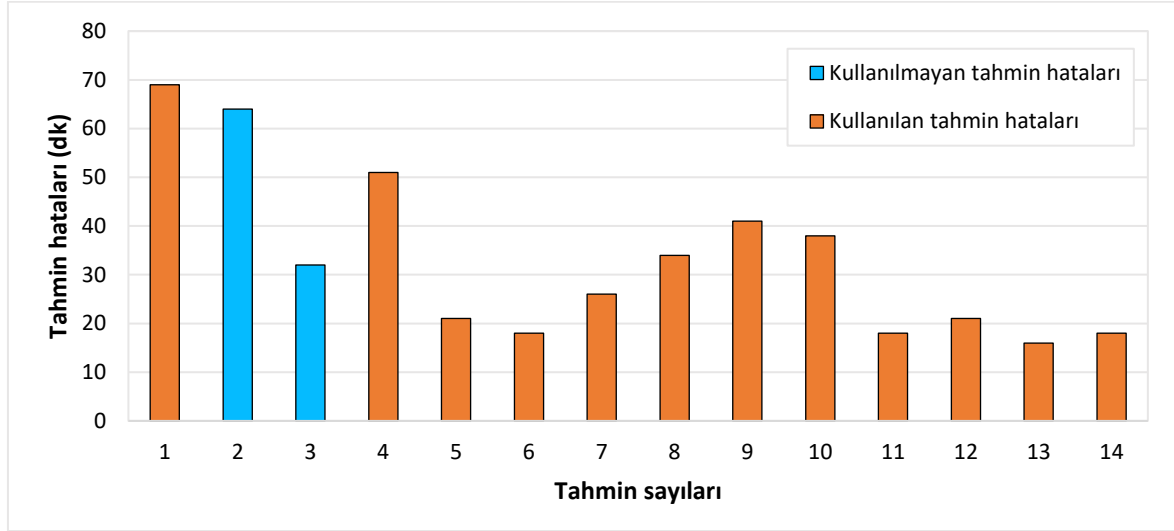
Şekil 8.21’de 3 numaralı kullanıcı için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları görülmektedir.



Şekil 8.21. Kullanıcı 3 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları

3 numaralı kullanıcının uygulama döneminde mobil telefonunu 19 kez şarj ettiği belirlenmiştir. Profil kayıtları incelendiğinde kullanıcının genelde mobil telefonunu günde bir kez, bazı günlerde ise birkaç kez şarj ettiği belirlenmiştir. Yapılan 19 adet tahminden 13 tanesi karar aşamalarında kullanılmıştır. Yapılan tahmin hatalarının genelde küçük olduğu ve bu hataların da zamanla azaldığı söylenebilir. Şekil 8.21’de 7 ve 11 numaralı tahminler incelendiğinde hata değerleri düşük olmasına karşın, karar aşamalarında kullanılmadıkları görülmektedir. Bunun nedeni olarak, bu tahminlerden önceki 6 ve 10 numaralı tahminlerin hata değerlerinin çok yüksek olması sonucu geçmiş hata ortalamaları ve şarj etme zamanlarına ait standart sapma değerlerinin yüksek olması gösterilebilir. 16 numaralı tahminin ise hata değeri yüksek olmasına karşın karar aşamalarında kullanıldığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak da 12, 13, 14 ve 15 numaralı tahminlerin hata değerlerinin düşük olması gösterilebilir.

Şekil 8.22’de 4 numaralı kullanıcı için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları görülmektedir.

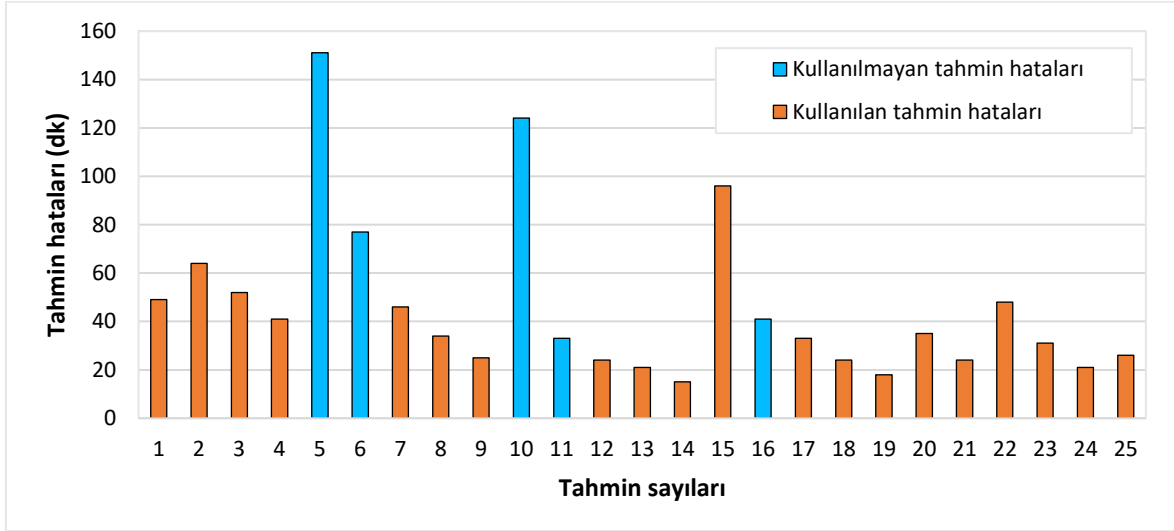


Şekil 8.22. Kullanıcı 4 için mobil telefonun şarj edilme zamanına ilişkin yapılan tahmin hataları

4 numaralı kullanıcının uygulama boyunca mobil cihazını günde bir kez belirli zamanlarda şarj ettiği belirlenmiştir. Kullanıcının düzenli şarj etme alışkanlığı sayesinde, yapılan tahminlerin genel olarak doğru olduğu ve karar aşamalarında kullanıldığı söylenebilir. Şekil 8.22’de 3 numaralı tahminin hata değeri küçük olmasına karşın, karar aşamalarında kullanılmadığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak, 1 ve 2 numaralı tahmin hatalarının çok yüksek olması gösterilebilir. 4, 8, 9 ve 10 numaralı tahminlerinin hata değeri 3 numaralı tahminin hata değerinden yüksek olmasına rağmen karar aşamalarında kullanılmıştır. Bunun nedeni olarak da, bu tahminlerden önceki tahminlerin hata değerlerinin düşük olması gösterilebilir.

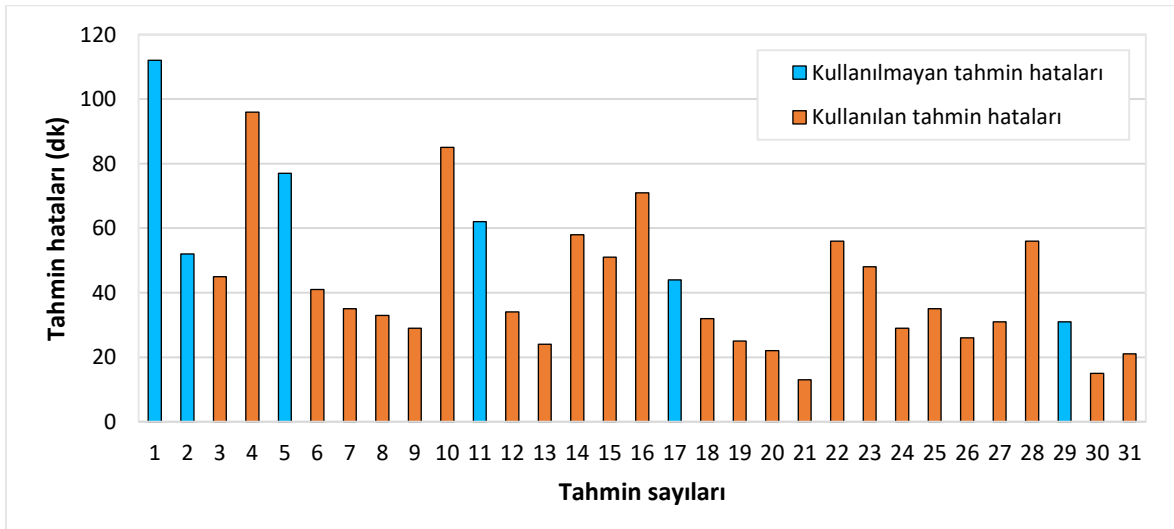
Şekil 8.23’te 5 numaralı kullanıcı için mobil telefonun şarj takılma zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları görülmektedir. 5 numaralı kullanıcının mobil telefonunu çoğu kez günde bir kez, bazı günlerde ise iki ya da üç kez şarj ettiği belirlenmiştir. Yapılan 25 tahminin 20 tanesi karar aşamalarında kullanılmıştır. Kullanılan bu 20 tahmininde genelde doğru olduğu söylenebilir. Şekil 8.23 incelendiğinde, hata değeri düşük olan 11 ve 16 numaralı tahminlerin karar aşamalarında kullanılmadığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak, 11 ve 16 numaralı tahminlerden önceki 10 ve 15 numaralı tahminlerin hata değerlerinin çok

yüksek olması gösterilebilir. 15 numaralı tahmin, hata değeri çok yüksek olmasına rağmen karar aşamalarında kullanılmıştır. Bunun nedeni olarak ise, bu tahminden önceki 12, 13 ve 14 numaralı tahminlerin hata değerlerinin çok düşük olması gösterilebilir.



Şekil 8.23. Kullanıcı 5 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları

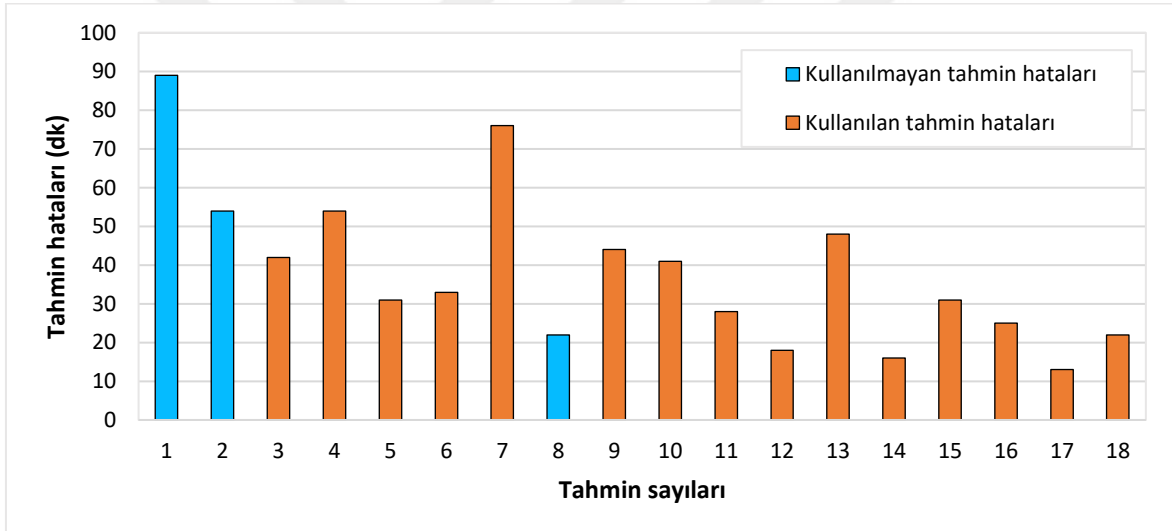
Şekil 8.24'te 6 numaralı kullanıcı için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları görülmektedir.



Şekil 8.24. Kullanıcı 6 için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları

6 numaralı kullanıcının uygulama boyunca mobil telefonunu 31 kez şarj ettiği belirlenmiştir. Bu tahminlerden 25 tanesi karar aşamalarında kullanılmıştır. Uygulamanın son günlerine doğru yapılan tahminlerin daha doğru olduğu görülmektedir. Şekil 8.24 incelendiğinde hata değeri yüksek olan 4, 10, 16, 22 ve 28 numaralı tahminlerin karar aşamalarında kullanıldığı görülmektedir. Bunun nedeni, bu tahminlerden önceki tahminlerin genelde düşük hata değerlerine sahip olmasıdır. Bu tahminlerin hesaplanması aşamalarında önceki tahmin değerlerine bakılarak bir tahminde bulunulmasına rağmen kullanıcının beklenmedik zamanlarda telefonunu şarj ettiği belirlenmiştir.

Şekil 8.25'te 7 numaralı kullanıcı için mobil telefonun şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları görülmektedir.



Şekil 8.25. Kullanıcı 7 için mobil telefonun şarj edilmesi zamanlarına ilişkin yapılan tahmin hataları

7 numaralı kullanıcının mobil telefonunu genelde günde bir kez belirli zamanlarda şarj ettiği belirlenmiştir. Birkaç tahmin dışında yapılan tahminlerin genelde çok doğru olduğu görülmektedir. Bu hatalı tahminlerin nedeni olarak ise kullanıcının bazı zamanlarda, genel alışkanlıkları dışında telefonunu şarj etmesi gösterilebilir. Şekil 8.25 incelendiğinde, hata değeri yüksek olan 7 numaralı tahminin karar aşamalarında kullanılması ve hata değeri düşük olan 8 numaralı tahminin karar aşamalarında kullanılmaması dikkat çekmektedir. 7 numaralı tahminden önceki tahminlerin hata değerlerinin düşük olması nedeniyle, bu tahminin karar aşamalarında kullanılmasına kararı verilmiş ama kullanıcı telefonunu beklenmedik bir zamanda şarj ettiği için yapılan tahmin hatalı olmuştur. 7 numaralı tahminin

hata değerinin çok yüksek olmasından dolayı geçmiş tahmin hatalarının ortalaması çok yüksek hesaplanmış ve 8 numaralı tahminin karar aşamalarında kullanılmaması kararı verilmiştir.

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde, 1 ve 2 numaralı kullanıcılar için mobil telefonlarını düzenli şarj etme alışkanlıkları olmadığı söylenebilir. Bu nedenle bu kullanıcılar için yapılan çok sayıda tahmin arasından çok azı buluta iş aktarılmasına ilişkin karar aşamalarında kullanılmıştır. şekillerde görüldüğü gibi bu kullanıcılar için yapılan tahmin hatalarının zamanla azaldığı görülmektedir. Bu tür şarj etme alışkanlığı olan kullanıcılar için daha uzun süreli çalışma zamanlarında elde edilen tahminlerin daha doğru olabileceği söylenebilir. 3, 4, 6, 7 numaralı kullanıcıların verileri incelendiğinde, bu kullanıcıların mobil cihazlarını günde bir veya iki kez şarj ettikleri belirlenmiştir. Bu kullanıcıların düzenli şarj etme alışkanlıkları olduğu için yapılan tahminlerin genel olarak başarılı olduğu ve karar aşamalarında kullanıldığı söylenebilir. 5 numaralı kullanıcının ise genelde düzenli bir şarj etme alışkanlığı olduğu ama az da olsa beklenmedik zamanlarda mobil telefonunu şarj ettiği belirlenmiştir. Bu beklenmedik zamanlar için yapılan tahmin hatalarının zamanla azaldığı ve uzun süreli kullanımlarda bu hataların daha da azalacağı söylenebilir.



9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında mobil bulut ortamları için bağlam duyarlı bir karar verme sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem gerçek ortamda uygulanmış ve elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Sistemin en önemli modülü olan karar verme modülü, kullanıcının bağlam bilgilerini kullanarak bir işin mobil ortamda çalıştırılmasına ya da bulut ortama aktarılmasına karar vermektedir. Karar algoritması tarafından verilecek kararlar açısından harcanan güç değeri oldukça önemlidir. Anlık güç tüketimi bilgisine erişmek için PT uygulaması, geliştirilen mobil uygulamaya entegre edilmiş ve kaynak kodu üzerinde güncellemeler yapılmıştır. Bu entegrasyon sayesinde, bir iş çalışmadan önce ve çalışması boyunca belirli zaman aralıkları ile anlık güç değerleri elde edilmiş ve bu değerler kullanılarak yapılan işlemler sonucunda bir işin çalıştırılması sırasında kullanılan ortalama güç değeri hesaplanmıştır. Böylece AsyncTask sınıfı kullanılarak çalışması zamana yayılan işler için harcanan ortalama güç değeri en doğru şekilde elde edilmiştir.

Karar aşamalarında enerji öncelikli hesaplamalar yapılabilmesi için mobil cihazın bir sonraki şarj edilme zamanı tahmin edilmiş ve o zamana kadar normal kullanım durumlarında mevcut pil seviyesinin yeterli olup olmayacağı belirlenmiştir. Bu bilgiye göre karar algoritmasında kullanılan ağırlık katsayıları değiştirilmiş ve gereken durumlarda enerji öncelikli kararlar verilmiştir.

Mobil cihazların şarj edilme zamanlarına ilişkin yapılan tahminler incelendiğinde telefonunu düzenli şarj etme alışkanlığı olan kullanıcılar için daha doğru tahminler yapıldığı görülmüştür. Düzenli bir şarj etme alışkanlığı olmayan kullanıcılar için ise ilk seferlerde yapılan tahminlerin hatalı olduğu ama zamanla bu hataların giderek azaldığı görülmüştür.

Sistemin gerçek ortam uygulaması iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada, 7 adet mobil cihaz kullanıcısı tarafından 15 gün boyunca buluta iş aktarma özelliği aktif olmayan mobil uygulama kullanılmıştır. İkinci aşamada, kullanıcılar bu kez 15 gün boyunca aynı mobil uygulamayı buluta iş aktarma özelliği ile kullanmışlardır. Uygulama süreci sonunda kullanıcı verileri merkezi bulut veritabanına aktarılmış ve ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Uygulama aşamalarından ilk dönemde kullanılan mobil uygulama ve ikinci aşamada kullanılan mobil bulut uygulamasının sonuçları karşılaştırıldığında, mobil bulut uygulamasının işlerin tamamlanma süresi ve harcanan enerji değerleri bakımından her kullanıcı için değişen oranlarda daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Kullanıcı bazında mobil ve bulut ortam performansları değerlendirildiğinde, bulut ortamı ile her kullanıcı için daha az enerji harcandığı ve daha kısa çalışma sürelerinin elde edildiği belirlenmiştir. Bazı kullanıcılar için buluta iş aktarılması sayesinde, harcanan enerji ve çalışma süreleri yaklaşık %50 oranında azalmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, mobil cihaz kaynaklarını daha fazla kullanma gereksinimi duyan işlerin mobil ortamda daha fazla enerji harcadığı ve daha uzun sürelerde tamamlandığı, bulut ortamı için ise buluta aktarılan dosya boyutunun harcanan enerji ve tamamlanma süresi bakımından belirleyici faktör olduğu görülmüştür.

Bu çalışmanın en önemli sonucu olarak, uygun şartların sağlanması durumunda mobil bulut bilişim imkânlarından faydalanmanın mümkün olabileceği gösterilebilir. Mobil uygulama geliştiricileri ve firmaları geliştirdikleri uygulamaların belirli iş parçaları için bulut ortamına aktarma imkânı sunmaları durumunda, hem müşterilerinin mobil cihazlarında pil tasarrufu sağlanması hem de geliştirilen uygulamaların daha yüksek performans ile çalışması mümkün olabilecektir.

Gelecek çalışmalarda, mobil cihazların şarj edilme zamanlarının tahmin edilmesi aşamalarında makine öğrenme algoritmalarından faydalanılabilir. Bu sayede mobil telefonunu düzensiz şarj eden kullanıcılar için yapılan tahmin hatalarının en aza indirilmesi mümkün olabilir. Bu çalışma kapsamında, buluta iş aktarılmasına ilişkin karar aşamalarındaki hesaplamalara bulut ortamının performansı ve kira masrafları dâhil edilmemiştir. Sonraki çalışmalarda, bulut ortamının ekonomik maliyeti ve performansı ile beraber mobil kullanıcıların faturalarına yansıyan İnternet kullanım bedellerinin de dikkate alınması faydalı olabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda veri gizliliği ve güvenliği konularına da yer verilebilir.

KAYNAKLAR

1. Khan, A. and Ahirwar K. (2002). Mobile cloud computing as a future of mobile multimedia database, *International Journal of Computer Science and Communication*, 2(1), 219–221.
2. Dinh, H. T., Lee, C., Niyato, D. and Wang, P. (2013). A survey of mobile cloud computing: Architecture, applications, and approaches. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 13(18), 1587-1611
3. Holden, W. (2010). Mobile cloud applications & services: monetising enterprise and consumer markets 2009 – 2014 report, Juniper Research.
4. Khoda, M. E., Razzaque, M. A., Almogren, A., M. Hassan, M., Alamri, A. and Alelaiwi, A. (2016). Efficient computation offloading decision in mobile cloud computing over 5g network. *Mobile Network Applications*, 21(5), 777–792.
5. Tao, Y., Zhang, Y. and Ji, Y. (2015). *Efficient computation offloading strategies for mobile cloud computing*. Paper presented at the 2015 IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Gwangju, Güney Kore.
6. Enzai, N. I. M. and Tang, M. (2014). *A taxonomy of computation offloading in mobile cloud computing*. Paper presented at the 2014 2nd IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering, Oxford, İngiltere.
7. Wu, H., Wang, Q. and Wolter, K. (2013). *Tradeoff between performance improvement and energy saving in mobile cloud offloading systems*. Paper presented at the 2013 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), Budapest, Macaristan.
8. Lin, T.Y., Lin, T. A., Hsu, C.H. and King, C.T. (2013). *Context-aware decision engine for mobile cloud offloading*. Paper presented at the 2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW), Shanghai, Çin.
9. Xia, F., Ding, F., Li, J., Kong, X., Yang, L. T. and Ma, J. (2014). Phone2Cloud: Exploiting computation offloading for energy saving on smartphones in mobile cloud computing. *Information Systems Frontiers*, 16(1), 95-111.
10. Pu, L., Xu, J., Jin, X. and Zhang, J. (2013). *SmartVirtCloud: Virtual cloud assisted application offloading execution at mobile devices' discretion*. Paper presented at the 2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Shanghai, Çin.
11. Kosta, S., Aucinas, A., Hui, P., Mortier, R. and Zhang, X. (2012). *ThinkAir: Dynamic resource allocation and parallel execution in the cloud for mobile code offloading*. Paper presented at the 2012 Proceedings IEEE INFOCOM, Florida, ABD, 945-953.

12. Chun, B.G., Ihm, S., Maniatis, P., Naik, M. and Patti, A. (2011). *CloneCloud: elastic execution between mobile device and cloud*. Paper presented at the Proceedings of the Sixth Conference on Computer Systems, New York, ABD, 301-314.
13. Su, W. T. and Ng, K. S. (2013). *Mobile cloud with smart offloading system*. Paper presented at the 2013 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC), Xi'an, Çin.
14. İnternet: AsyncTask. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fdeveloper.android.com%2Freference%2Fandroid%2Fos%2FAsyncTask.html&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
15. Mell, P. and Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. National Institute of Standards and Technology Special Pulication, 800.
16. İnternet: Rayport, J. F. and Heyward, A. (2009). *Envisioning the cloud: the next computing paradigm*. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdocplayer.net%2F10871028-Envisioning-the-cloud-the-next-computing-paradigm.html&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
17. Catteddu, D. (2010). Cloud computing: benefits, risks and recommendations for information security. *Web Application Security*, Springer, Berlin, Almanya, 17–17.
18. Ried, S., Kisker, H. and Matzke, P. (2010). The Evolution Of Cloud Computing Markets. *Forrester Research*.
19. Ramgovind, S., Eloff, M. M. and Smith, E. (1020). The management of security in Cloud computing. *2010 Information Security for South Africa*, Güney Afrika.
20. Bojanova I. and Samba, A. (2011). Analysis of cloud computing delivery architecture models. *2011 IEEE Workshops of International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, Biopolis, Singapur.
21. Dillon, T., Wu, C. and Chang, E. (2010). *Cloud computing: issues and challenges*. Paper presented at the 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Perth, Avusturalya.
22. Gartner, (2017). Gartner Says Worldwide Public Cloud Services Market to Grow 18 Percent in 2017, Stamford, ABD.
23. Brinda, M. and Heric, M. (2017). The Changing faces of cloud. *Bain and Company*, ABD.
24. The Software Alliance BSA, (2016). BSA Global Cloud Computing Scorecard, Washington, ABD.
25. TUBİSAD, (2015). Bilgi ve İletişim Teknolojileri 2014 Pazar Verileri, *İstanbul, Türkiye*.
26. TUBİSAD, (2016). Bilgi ve İletişim Teknolojileri 2015 Pazar Verileri, *İstanbul. Türkiye*.

27. TUBİSAD, (2017). Bilgi ve İletişim Teknolojileri 2016 Pazar Verileri, *İstanbul, Türkiye*.
28. Pursani M. and Ramteke, P. (2013). Mobile cloud computing. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 2(4), 1512-1517.
29. Leina, Z., Tiejun, P. and Guoqing, Y. (2010). *Research of mobile security solution for fourth party logistics*. Paper presented at the Sixth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, Beijing, Çin.
30. Zhao, W., Sun, Y. and Dai, L. (2010). *Improving computer basis teaching through mobile communication and cloud computing technology*. Paper presented at the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), Chengdu, Çin.
31. Doukas, C., Pliakas, T. and Maglogiannis, I. (2010). *Mobile healthcare information management utilizing Cloud Computing and Android OS*. Paper presented at the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Membership, Buenos Aires, Arjantin, 1037-1040.
32. Fernando, N., Loke, S. W. and Rahayu, W. (2013). Mobile cloud computing: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 29(1), 84–106.
33. Jakimoski, K. (2014). Analysis of the usability of m-commerce applications. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, 7(6), 13-20.
34. Jacob S. M. and Biju, I. (2008). Mobile technologies and its impact – an analysis in higher education context. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 2(1), 10-18.
35. Khan, A. H., Qadeer, M. A., Ansari, J. A. and Waheed, S. (2009). *4G as a Next Generation Wireless Network*. Paper presented at the 2009 International Conference on Future Computer and Communication, Kuala Lumpur, Malezya, 334–338.
36. Rayan, N. L. and Krishna, C. (2014). A Survey on Mobile Wireless Networks. *International Journal of Science & Engineering Research*, 5(1), 685-690.
37. Khare, V., Garg, S., Shukla, S. and Sharma, P. (2013). Comparative study of 1G, 2G, 3G and 4G, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(4), 55–63.
38. Georgiev, T., Georgieva, E. and Smrikarov, A. (2004). *M-learning-a new stage of e-learning*. Paper presented at the International Conference on Computer Systems and Technologies-CompSysTech, Rousse, Bulgaristan.
39. Gani, A., Li, X., Yang, L., Zakaria, O. and Anuar. N. (2009). Multi-bandwidth data path design for 5G wireless mobile internets. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 6(2), 159–168.

40. İnternet: Peter, K. Analysis and comparison of 1G , 2G , 3G ,4G and 5G telecom services. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fhubpages.com%2Ftechnology%2F3G-and-4G-Mobile-Services&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
41. Ohmori, S., Yamao, Y. and Nakajima, N. (2000). The future generations of mobile communications based on broadband access technologies. *IEEE Communications Magazine*, 38(12), 134–142.
42. He L. and Zhao, C. (2008). *4G Technology promote mobile learning for new development*. Paper presented at the 2008 International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, Wuhan, Çin.
43. Sharma, P. (2013). Evolution of mobile wireless communication networks-1g to 5g as well as future prospective of next generation communication network. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing (IJCSMC)*, 2(8), 47-53.
44. Abowd, G. D., Dey, A. K., Brown, P. J., Davies, N., Smith, M. and Steggles, P. (1999). *Towards a better understanding of context and context-awareness*. Paper presented at the Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, London, İngiltere, 304-307.
45. Schilit, B., Adams, N. and Want, R. (1994). *Context-aware computing applications*. Paper presented at the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Washington, ABD, 85-90.
46. Brown, M. G. (1996). *Supporting user mobility*. *Mobile Communications*, The International Federation for Information Processing (IFIP), Boston, ABD: Springer, 69–77.
47. Ryan, N., Pascoe, J. and Morse, D. (1999). *Enhanced reality fieldwork: the context aware archaeological assistant*. Paper presented at the Proceedings of the 25th Anniversary Conference, Washington, ABD, 269-274.
48. Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(1), 4-7.
49. Bilgili, M. İ. (2004). *Adaptif bağlam bilinçli mobil uygulama geliştirme*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara.
50. Soyer, O. (2010). *MoReCon: mobil yazılım uygulamaları için bağlam duyarlı ve servis tabanlı bir arakatman yazılımı*. Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
51. Kaya, H. H. (2010). *GPS kullanan web servis tabanlı uyarlanabilir mobil uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
52. Sinderen, M.J., Halteren, A. T., Wegdam, M., Meeuwissen, H. B. and Eertink, E. H. (2006). Supporting context-aware mobile applications: an infrastructure approach. *IEEE Communications Magazine*, 44(9), 96-104.

53. Gallego D. and Huecas, G. (2012). *An empirical case of a context-aware mobile recommender system in a banking environment*. Paper presented at the 2012 Third FTRA International Conference on Mobile, Ubiquitous, and Intelligent Computing, Vancouver, Kanada.
54. Ceran, O. (2013). *A context aware emergency management system using mobile computing*. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Enformatik Enstitüsü, Ankara.
55. Zhang, X., Yu, Z., Tian, J., Wang, Z. and Guo, B. (2012). *Context-aware mobile web browsing based on html5*. Paper presented at the Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing, Symposia and Workshops, ABD.
56. Sannino G. and Pietro, G. D. (2011). *A smart context-aware mobile monitoring system for heart patients*. Paper presented at the 2011 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine Workshops (BIBMW), Atlanta, ABD, 655-659.
57. Hong, J., Hwang, W.S., Kim, J.H. and Kim, S. W. (2014). *Context-aware music recommendation in mobile smart devices*. Paper presented at the Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing, New York, ABD, 1463-1468
58. İnternet: DRAMeXchange. *2011 MWC: booming popularity of smartphone helps to increase and flash demand*. Cipec.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.dramexchange.com%2FWeeklyResearch%2FPost%2F2%2F2615.html&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
59. Kumar, K., Liu, J., Lu, Y.H. and Bhargava, B. (2013). A survey of computation offloading for mobile systems. *Mobile Network and Applications*, 18(1), 129–140.
60. Zhou, B., Dastjerdi, A. V., Calheiros, R. N., Srirama, S. N. and Buyya, R. (2015). *A context sensitive offloading scheme for mobile cloud computing service*. Paper presented at the 2015 IEEE 8th International Conference on Cloud Computing. New York, ABD.
61. Kovachev, D. and Klamma, R. (2012). Framework for computation offloading in mobile cloud computing. *The International Journal of Interactive Multimedia Artificial Intelligence*, 1, 6-15.
62. Magurawalage, C. M., Yang, K., Hu, L. and Zhang, J. (2014). Energy-efficient and network-aware offloading algorithm for mobile cloud computing. *Computer Networks*, 74(2), 22-33.
63. Kaushik, G. and Bhardwaj, J. (2014). A computation offloading framework to optimize makespan in mobile cloud computing environment. *International Journal of Advance Computer Research*, 4(2), 442-449.
64. Ra, M. R. (2013). *Cloud-enabled mobile sensing systems*. Doktora Tezi, University of Southern California, ABD, 2013.

65. Jia, M., Cao, J. and Yang, L. (2014). *Heuristic offloading of concurrent tasks for computation-intensive applications in mobile cloud computing*. Paper presented at the 2014 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), Toronto, Kanada.
66. Eom, H., Juste, P. S., Figueiredo, R., Tickoo, O., Illikkal, R. and Iyer, R. (2013). *Machine learning-based runtime scheduler for mobile offloading framework*. Paper presented at the 2013 IEEE/ACM 6th International Conference on Utility and Cloud Computing, Dresden, Almanyana.
67. Lim, K. H. and Lee, B. D. (2014). *History-based dynamic estimation of energy consumption for mobile applications*. Paper presented at the 16th International Conference on Advanced Communication Technology, Pyeongchang, Güney Kore.
68. Rahimi, M. R., Venkatasubramanian, N. and Vasilakos, A. V. (2013). *MuSIC: mobility-aware optimal service allocation in mobile cloud computing*. Paper presented at the 2013 IEEE Sixth International Conference on Cloud Computing, Santa Clara, ABD.
69. Islam, M. M., Razzaque, M. A., Hassan, M. M., Ismail, W. N. and Song, B. (2017). Mobile Cloud-Based Big Healthcare Data Processing in Smart Cities. *IEEE Access*, 5, 11887–11899.
70. Oliveira, R. R. de, Schirmer, N. M. S., Machry, M. and Ferreto, T. C. (2017). *A transparent code offloading technique for Android devices*. Paper presented at the 2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Valencia, İspanya.
71. Hong, J. A., Seo, S., Kim, N. and Lee, B. D. (2013). *A study of secure data transmissions in mobile cloud computing from the energy consumption side*. Paper presented at the The International Conference on Information Networking 2013 (ICOIN), Bangkok, Tayland.
72. Duan, L.T., Guo, B., Shen, Y., Wang, Y. and Zhang, W.L. (2013). Energy analysis and prediction for applications on smartphones. *Journal of Systems Architecture*, 59(10), 1375–1382.
73. Li, J., Xiao, J., Azzouz, H., Hong, J. W. K. and Boutaba, R. (2014). *PowerGuide: accurate Wi-Fi power estimator for smartphones*. Paper presented at The 16th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium, Hsinchu, Tayvan.
74. Pinarer O. and Ozgovde, A. (2014). *Characterization of mobile applications according to their energy consumptions*. Paper presented at 2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Trabzon, Türkiye.
75. Bedregal, J. C. V., Gutierrez, E. G. C. and Arisaca M. R. E. (2013). *Optimizing energy consumption per application in mobile devices*. Paper presented at International Conference on Information Society (i-Society 2013), Toronto, Kanada.
76. Corral, L., Georgiev, A. B., Sillitti, A. and Succi, G. (2015). A study of energy-aware implementation techniques: Redistribution of computational jobs in mobile apps. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 7, 11-23.

77. İnternet: PowerTutor. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fziyang.eecs.umich.edu%2Fprojects%2Fpowertutor+&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
78. İnternet: NetworkOnMainThreadException. *Cipec*.URL:<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fdeveloper.android.com%2Freference%2Fandroid%2Fos%2FNetworkOnMainThreadException&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
79. İnternet: Turkcell Geleceği Yazanlar, Android 301 Eğitimi. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fgelecegiyazanlar.turkcell.com.tr%2Fkonu%2Fandroid%2Fegitim%2Fandroid-301%2Fasynctask&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
80. Dudeja, M. and Soni, K. (2014). Offloading schemes in mobile cloud. *International Journal of Computer Applications*, 96(8), 869-876.
81. İnternet: OpenCV. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fopencv.org+&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
82. Mori, S., Suen, C. Y. and Yamamoto, K. (1992). Historical review of OCR research and development. *Proceedings of the IEEE*, 80(7), 1029–1058.
83. İnternet: Tesseract. GitHub. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fgithub.com%2Ftesseract-ocr&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
84. İnternet: Eclipse. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Feclipse.org&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
85. İnternet: Android Studio and SDK. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fdeveloper.android.com%2Fstudio%2Findex.html&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
86. İnternet: SQLite. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.sqlite.org%2F+&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
87. Kakadia, D., Saripalli, P. and Varma, V. (2013). *MECCA: mobile, efficient cloud computing workload adoption framework using scheduler customization and workload migration decisions*. Paper presented at the Proceedings of the First International Workshop on Mobile Cloud Computing & Networking, New York, ABD, 41-46.
88. Mulligan, G. and Gracanin, D. (2009). *A comparison of soap and rest implementations of a service based interaction independence middleware framework*. Paper presented at the Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, ABD, 1423-1432.

89. Pandi, K. and Charaf, H. (2013). *Performance metrics based mobile resource management*. Paper presented at the IEEE International Conference on System Science and Engineering, Budapest, Macaristan, 329-333.
90. Nugroho, A. (2016). *Exploring privacy leakage from the resource usage patterns of mobile apps*. Yüksek Lisans Tezi, University Of Arkansas, ABD.
91. İnternet: Akca, M. Sürekli olasılık dağılımları. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fmustafaakca.com%2Fsurekli-olasilik-dagilimlari&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
92. İnternet: Wikipedia. Olasılık dağılımı. *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FOlas%C4%B1%C4%B1k_da%C4%9F%C4%B1m%C4%B1&date=2017-10-11, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
93. İnternet: Akca, M. Normal dağılım nedir?. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fmustafaakca.com%2Fnormal-dagilim-nedir&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
94. İnternet: Akca, M. Kesikli olasılık dağılımları. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fmustafaakca.com%2Fkesikli-olasilik-dagilimlari&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
95. İnternet: Şehirlioğlu, A. K. Kesikli şans değişkenlerinin olasılık dağılımları. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fkisi.deu.edu.tr%2F%2Fkema.l.sehirli%2Fist%25201%2520B%25C3%25B61%25206%2520kesikli%2520%25C5%259F%2520de%25C4%259F%25C5%259Fkenleri.pdf&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
96. İnternet: Wikipedia. Bernoulli dağılımı. *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FBernoulli_da%C4%9F%C4%B1m%C4%B1m%C4%B1&date=2017-10-11, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
97. İnternet: Wikipedia. Binom dağılımı. *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FBinom_da%C4%9F%C4%B1m%C4%B1+&date=2017-10-11, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
98. İnternet: Öztürk, F. Bazı kesikli dağılımlar, *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Facikders.ankara.edu.tr%2Fpluginfile.php%2F794%2Fmod_resource%2Fcontent%2F2%2FKesikli%2520Olas%25C4%25B1%25C4%25B1k%2520Da%25C4%259F%25C4%25B1%25C4%25B1mlar%25C4%25B1.pdf&date=2017-10-11, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
99. Yeşilova, A. (2003). *Biyolojik Çalışmalarda Elde Edilen Kategorik Verilere Karışık Poisson Regresyon Analizinin Uygulanması*. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2003.
100. Agresti, A. (1997). *Categorical Data Analysis*. New Jersey, Canada: John and Wiley & Sons, Incorporation.

101. Cuervo, E., Balasubramanian, A., Cho, D., Wolman, A., Saroiu, S., Chandra, R. and Bahl, P. (2010). *MAUI: Making Smartphones Last Longer with Code Offload*. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, New York, ABD, 49-62.
102. Joshua, O. (2015). A framework for energy-efficient mobile cloud offloading. Yüksek Lisans Tezi, University Of Tartu Faculty of Mathematics and Computer Science, Tartu.
103. Yıldız, N., Akbulut, Ö. ve Bircan, H. (1999). İstatistiğe giriş. Erzurum: Aktif Yayınevi.
104. İnternet: Şehirlioğlu, A. K. Regresyon Analizi Bölüm 1-2. *Cipeç*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdebis.deu.edu.tr%2Fuserweb%2F%2Fkemal.sehirli%2Fdosyalar%2Fregresyon1-2.pdf&date=2017-10-11>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2017.
105. Yavuz, S. (2009). Hataları ardışık bağımlı (otokorelasyonlu) olan regresyon modellerinin tahmin edilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(3), 123-140.
106. Erdoğan, İ. (1998). *Araştırma Dizaynı ve İstatistik Yöntemleri(2)*. Ankara: Emel Matbaası.
107. Yıldırım A. ve Şimsek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri(10)*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
108. Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches*. California: SAGE Publications.
109. Johnson, B. and Christensen, L. (2008). *Educational research: quantitative, qualitative, and mixed approaches*. California: SAGE Publications.
110. Morgan, D. (1997). *Focus groups as qualitative research*. California: SAGE Publications.
111. Zhou, B., Dastjerdi, A. V., Calheiros, R. N., Srirama, S. N. and Buyya, R. (2015). mCloud: A context-aware offloading framework for heterogeneous mobile cloud. *IEEE Transactions on Services Computing*, 99, 1–14.
112. Kovachev D. and Klamma, R. (2012). Framework for Computation Offloading in Mobile Cloud Computing. *The International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 7(1), 6–15.
113. Flores, H. and Srirama, S. (2013). *Adaptive code offloading for mobile cloud applications: exploiting fuzzy sets and evidence-based learning*. Paper presented at the Proceeding of the fourth ACM workshop on Mobile cloud computing and services, Taipei, Tayvan, 9-16.

114. Yang, S., Kwon, Y., Cho, Y., Yi, H., Kwon, D., Youn, J. and Paek, Y. (2013). *Fast dynamic execution offloading for efficient mobile cloud computing*. Paper presented at the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom), San Diego, ABD, 20-28.
115. Lin, Y., Chu, E. and Lai, Y. (2015). Time-and-Energy-Aware Computation Offloading in Handheld Devices to Coprocessors and Clouds. *IEEE Systems Journal*, 9(2), 393-405.
116. Elgazzar, K., Martin, P. and Hassanein, G. (2016). Cloud-assisted computation offloading to support mobile services. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 4(3), 279-292.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TANRIVERDİ, Mustafa
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 31.08.1984 Beypazarı
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 202 2204
 E-posta : mustafatanriverdi@gazi.edu.tr



Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Doktora	Gazi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri	2011
Lisans	Gazi Üniversitesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Öğretmenliği	2006
Lise	Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu Lisesi	2002

İş Deneyimi, Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2006 - devam ediyor	Gazi Üniversitesi	Uzman

Akademik Yayınlar

Çakmak, E. K., Tanrıverdi, M. (2013). Development Of A Mobile Learning Application To Support E-Learning And Analyze Its Effects. *International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT)*, 3(5), 1-11.

Tanrıverdi, M., Akcayol., M. A. (2015). Context-Aware Decision Making System For Mobile Cloud Offloading. *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)*, 7(6), 69-85.

Çakmak, E. K., Tanrıverdi, M. (2010). E-öğrenmeye Destek amaçlı Mobil Öğrenme Sisteminin Geliştirilmesi. *International Educational Technology Conference (IETC)*, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

Projeler

Araştırmacı, E-öğrenmeye Destek amaçlı Mobil Öğrenme Sisteminin Geliştirilmesi ve Etkilerinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, BAP, 2010-2012. (Proje Yöneticisi: Doç. Dr. Ebru KILIÇ ÇAKMAK - Gazi Üniversitesi).





GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR.