



**ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİNDE
ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE
COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ
ENTEGRASYONU**

Yüksek Lisans Tezi

Fulya DEMİRCİOĞLU

Eskişehir 2019

**ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE
COĞRAFI BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ENTEGRASYONU**

Fulya DEMİRCİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hakan UYGUÇGİL**

**Eskişehir
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mayıs 2019**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Fulya DEMİRCİOĞLU'nun "Altyapı Bilgi Sistemlerinde Artırılmış Gerçeklik ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Entegrasyonu" başlıklı tezi 24/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı)

: Dr. Öğr. Üyesi Hakan UYGUÇGİL

Üye

: Doç.Dr. Saye Nihan ÇABUK

Üye

: Prof.Dr. Şükran ŞAHİN

Enstitü Müdürü

ÖZET

ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE COĞRAFI BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ENTEGRASYONU

Fulya DEMİRCİOĞLU

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mayıs 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hakan UYGUÇGİL

Günümüzde, altyapı ağının yönetimi için mekânsal verilere verimli bir şekilde erişebilecek ve bunları kullanabilecek yazılım ve donanım tabanlı çözümlere yönelik artan bir talep bulunmaktadır. Son yıllarda, bilişim alanındaki en dikkat çekici konulardan birisi olan artırılmış gerçeklik kavramı ilk olarak “Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği” teorisinde ifade edilmiştir. Teoriye göre, gerçeklik kavramı, gerçek dünyada herhangi bir elektronik ekran olmadan doğrudan görüntülenen gerçek nesneleri içeren ortam olarak tanımlanmaktadır. Öte yandan, sanallık kavramı, gerçeklikle olan ilişkinin tamamen ortadan kaldırıldığı ve tamamen sanal nesnelerin sadece bilgisayar simülasyonlarında karşılaştığı ortam olarak açıklanmaktadır. Tanımların ışığında; artırılmış gerçeklik, gerçek dünyaya sanal nesneler eklenerek gerçeklik ve sanallığın birlikte algılanabileceği bir ortam olarak ifade edilebilir. Mekânsal teknoloji, şebeke ağı yönetimi için kaçınılmaz ve etkili bir araçtır. Uzun yıllardır, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknolojisi doğal gaz, enerji, su, kanalizasyon vb. hizmetleri veren kurumlarda kendini kanıtlamıştır. Ancak karar destek aracı olarak, bazı durumlarda altyapı yönetimi için yetersizdir. Karar verme ve rehberlik için gerekli mekânsal verilere erişimin yetersiz olması, özellikle saha operasyonlarında yanlış kararlara ve ciddi bir zaman kaybına yol açmaktadır. Problemi çözmek için, yüksek lisans tezinde, mekânsal teknolojiler ve artırılmış gerçeklik içeren bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Böylece, geliştirilen uygulama ile doğal gaz altyapısı yönetiminin saha uygulamalarında verimliliği artıran bir platform kurulmuştur. Çalışmada, Eskişehir’de belirli bir bölgedeki doğal gaz altyapısı verileri, artırılmış gerçeklik kullanılarak gerçek konumlarında üç boyutlu olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak, doğal gaz altyapısının mekânsal verilerinin saha operasyonlarında daha verimli kullanılması, artırılmış gerçeklik entegrasyonu ile sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Artırılmış Gerçeklik, CBS, Doğal Gaz Altyapı Yönetimi

ABSTRACT

INTEGRATION OF AUGMENTED REALITY AND GEOSPATIAL TECHNOLOGY IN NATURAL GAS INFRASTRUCTURE MANAGEMENT

Fulya DEMİRCİOĞLU

Department of Remote Sensing and Geographical Information Systems

Graduate School of Eskişehir Technical University, May, 2019

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hakan UYGUÇGİL

Today, there is a growing demand for software and hardware-based solutions that can efficiently access and use the spatial data for management of infrastructure network. In recent years, the concept of augmented reality, one of the most remarkable subjects in the field of informatics, was first expressed in the theory of “Reality-Virtuality Continuum”. According to the theory, the concept of reality is defined as the environment containing the real objects, which are directly displayed in the real world without any electronic display. On the other hand, the concept of virtuality is explained as the environment in which the relationship with reality is completely eliminated, and completely virtual objects encountered only in computer simulations. In the light of definitions; augmented reality can be expressed as an environment where reality and virtuality can be perceived together by adding virtual objects into the real world. Geospatial technology is an inevitable and effective tool for utility network management. For many years, GIS (Geographical Information Systems) technology has proven itself in the institutions, performing served natural gas, power, water, sewer, etc. Nevertheless as a means of decision support, GIS is inadequate for infrastructure management in some cases. Inadequate access to spatial data required for decision-making and guidance, especially in field operations, leads to wrong decisions and a serious loss of time. In order to solve the problem, a mobile application integrating geospatial technologies and augmented reality was developed within the master thesis, which integrates geospatial technologies and augmented reality. Thus, a platform was established with developed application, that increases efficiency in the field applications of the natural gas infrastructure management. In the study, natural gas infrastructure data, in a particular area in Eskişehir, were displayed in 3D in their actual position using augmented reality. As a result, more efficient use of the spatial data of natural gas infrastructure in field operations has been achieved through augmented reality integration.

Keywords: Augmented Reality, GIS, Natural Gas Infrastructure Management

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında desteğini benden esirgemediği, değerli bilgilerini benimle paylaştığı, ilgisi ve yapıcı eleştirileri ile çalışmama yön verdiği için öncelikle tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hakan UYGUÇGİL'e,

Çalışma hayatım ile birlikte tezimi yürütebilmemde büyük destekleri olan, hem iş hayatımda hem de akademik kariyerimde her zaman yanımda olduklarını hissettiğim değerli yöneticilerim Mustafa CEYHAN'a, Engin ATAMAN'a ve Bülent CANTÜRK'e,

Çalışmamın uygulama kısmında emeği olan, teknik sorularımı ilgi ve alaka ile cevaplayarak bana zaman ayıran BAŞARSOFT A.Ş. çalışanları Alper DEĞİRMENCİ'ye, Berk SÖNMEZ'e ve Taha TÜRK'e,

Manevi desteği ile her zaman yanımda olan, tez hazırlık sürecim boyunca beni hep yüreklendiren, çıkmaza düştüğüm zamanlarda bana yol gösteren sevgili eşim İlkay AKAN'a,

Hayatımın her döneminde olduğu gibi tez çalışmalarım sırasında da hep arkamda olduklarını bildiğim, bugünlere gelmemde büyük pay sahibi aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Fulya DEMİRCİOĞLU

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Fulya DEMİRCİOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTÜTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Kısıtlılıkları.....	3
1.3. Literatür Özeti	4
2. KURAMSAL TEMELLER	15
2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	15
2.1.1. Coğrafi bilgi sistemleri ve otomatik haritalama/hizmet yönetimi ilişkisi.....	16
2.1.2. Topoloji ve ağ yapısı kavramları	18
2.1.3. Kurumsal coğrafi bilgi sistemleri	20
2.1.4. Konum tabanlı hizmetler ve mobil coğrafi bilgi sistemleri.....	22
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Görselleştirme Kavramı ve Gelişimi.....	24
2.2.1. Altyapı bilgi sistemlerinde coğrafi görselleştirme.....	25
2.2.1.1. Altyapı bilgi sistemi kavramı	25
2.2.1.2. Altyapı bilgi sistemi ve üç boyutlu görselleştirme.....	26

2.3. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Temel Kavramları	28
2.3.1. Artırılmış gerçeklik kavramı	28
2.3.2. Sanal gerçeklik kavramı.....	29
2.3.3. Karma gerçeklik kavramı	30
2.3.4. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin tarihsel gelişimi	32
2.3.5. Artırılmış gerçeklik teknolojisi.....	36
2.3.6. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin altyapısı.....	39
2.3.6.1. Donanım altyapısı.....	39
2.3.6.2. Yazılım altyapısı.....	39
2.3.6.3. Yazılım ve donanım altyapısındaki gelişmeler.....	40
2.3.7. Sanal ve artırılmış gerçeklik uygulama alanları.....	42
2.3.8. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında konumsal bilginin yeri.....	49
2.3.9. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında konumsal bilginin izlenmesi.....	51
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	53
3.1. Çalışma Alanı ve Konumu	53
3.2. Materyal.....	55
3.2.1 Veriler	55
3.2.1.1 ESGAZ altyapı bilgi sistemleri	56
3.2.2 Yazılım ve donanım	59
3.3. Yöntem.....	61
3.3.1. Veri düzenleme ve dönüşüm işlemleri	63
3.3.1.1. Veri yapısının düzenlenmesi.....	63
3.3.1.2. Veri formatının düzenlenmesi	65
3.3.2. Verilerin artırılmış gerçeklik ortamına aktarılması.....	67
3.3.3. Mobil artırılmış gerçeklik uygulaması.....	69
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKÇA.....	79

ÖZGEÇMİŞ

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. AM/FM ve CBS teknolojilerinin karşılaştırılması.....	17
Tablo 3.1. Veriler.	56



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Topolojik elemanlar	18
Şekil 2.2. Alan ve ağ topolojisi bileşenleri	19
Şekil 2.3. Bir Ulusal CBS'nin temel bileşenleri-sistem yaklaşımı.	21
Şekil 2.4. LBS'nin diğer teknolojiler ile ilişkisi	22
Şekil 2.5. Bir kazı sahasında üst üste görüntülenen üç boyutlu altyapı tesisi modeli.	27
Şekil 2.6. İki boyutlu verilerin uygun formattaki üç boyutlu modele dönüştürülmesi.	28
Şekil 2.7. Altyapı verilerinin üç boyutlu görselleştirilmesi.	28
Şekil 2.8. Gerçeklik-sanallık sürekliliği diyagramı.	31
Şekil 2.9. Sensorama	33
Şekil 2.10. The Sword of Damocles	33
Şekil 2.11. Videoplace	34
Şekil 2.12. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin temel kategorileri	35
Şekil 2.13. Optik temelli bir artırılmış gerçeklik sisteminin kavramsal diyagramı	37
Şekil 2.14. Video temelli bir artırılmış gerçeklik sisteminin kavramsal diyagramı	37
Şekil 2.15. Konum tabanlı artırılmış gerçeklik uygulaması	38
Şekil 2.16. Resim tabanlı artırılmış gerçeklik uygulaması	38
Şekil 2.17. Google Glass	41
Şekil 2.18. HoloLens	41
Şekil 2.19. Magic Leap One	42
Şekil 2.20. Üç boyutlu kitap oluşturan yazılım örneği, ZooBurst.	43
Şekil 2.21. BARS prototipine ait bir görünüm	44
Şekil 2.22. Archeoguide ile yapılan bir uygulama	44
Şekil 2.23. Turistlere yer ve mesafe gösteren artırılmış gerçeklik uygulamaları.	45
Şekil 2.24. ERC AR Heart uygulaması	46

Şekil 2.25. Bakım ve onarım çalışmalarında artırılmış gerçeklik uygulaması.	47
Şekil 2.26. IKEA'nın artırılmış gerçeklik mobil uygulaması.	47
Şekil 2.27. İnşaat projesi artırılmış gerçeklik uygulaması.	48
Şekil 2.28. Arthur uygulaması.	48
Şekil 2.29. Dönme eksenleri.	51
Şekil 3.1. Çalışma alanı ve konumu	54
Şekil 3.2. ESABİS sistem mimarisi.	58
Şekil 3.3. Örnek proje mimari diyagramı	60
Şekil 3.4. Yöntem akış şeması	61
Şekil 3.5. Yazılımdaki çalışma prensibi	62
Şekil 3.6. Manşon objesinin nokta veri yapısına dönüştürülmesi işlemi.	64
Şekil 3.7. Bağlantı elemanlarının tek bir tabloda birleştirilmesi işlemi	64
Şekil 3.8. Koordinat sisteminin değiştirilmesi.	65
Şekil 3.9. Verilerin Oracle veritabanına aktarılması	66
Şekil 3.10. Verilerin WKT formatına dönüştürülmesi	67
Şekil 3.11. Verilerin csv olarak dışarı aktarılması.	67
Şekil 3.12. Yazılım geliştirme ortamına aktarılan doğal gaz hatları	68
Şekil 3.13. Yazılım geliştirme ortamına aktarılan doğal gaz bağlantı elemanları.	68
Şekil 3.14. Sunucu üzerinden veri okuyan bir artırılmış gerçeklik projesi yapısı.	69
Şekil 3.15. Transform matrisinin uygulanması	70
Şekil 3.16. Uygulama butonlarının oluşturulması	71
Şekil 3.17. Nesnelerin çap ve tiplerine göre renklendirilmesi.	72
Şekil 3.18. Nesnelerin öznitelik bilgilerinin görüntülenmesi	73
Şekil 4.1. Geliştirilen uygulama ve araçlarına ait ekran görüntüsü.	76
Şekil 4.2. Geliştirilen pilot uygulama ekran görüntüsü	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AM	: Automated Mapping (Otomatik Haritalama)
AR	: Agumented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
BARS	: Battlefield Augmented Reality System
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	: Computer Aided Engineering (Bilgisayar Destekli Mühendislik Yazılımı)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DOF	: Degree of Freedom (Serbestlik Derecesi)
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESABİS	: ESGAZ Altyapı Bilgi Sistemleri
ESGAZ	: Eskişehir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş.
FM	: Facility Management (Hizmet Yönetimi)
GIS	: Geographical Information Systems
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
IMU	: Inertial Measurement Unit (Atalet Ölçüm Birimi)
LBS	: Location Based Services (Konum Tabanlı Hizmetler)
MR	: Mixed Reality (Karma Gerçeklik)
OGC	: Open Geospatial Consortium
POI	: Point Of Interest
RTK	: Real Time Kinematik (Gerçek Zamanlı Kinematik)
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition (Sevkiyat Kontrol Merkezi)
SDK	: Software Development Kit
TRMUA	: Toms River Municipal Utilities Authority

VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
WKT	: Well-Known Text
XML	: Extensible Markup Language (Genişletilebilir İşaretleme Dili)
3D	: Three Dimensional (Üç boyutlu)



1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji imkânları ile birlikte konumsal bilginin toplanması, depolanması, analiz edilmesi ve sunulması aşamalarında birçok farklı sistem ile entegre bir şekilde çalışılabilmekte, yürütülen faaliyetlerde verimliliğin artırılması sağlanarak iş gücü kayıplarının önüne geçilebilmektedir. Bu konuda coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojisinin sahip olduğu mekânsal analiz yetenekleri sayesinde, bilgi sistemi kavramından çok depolanan bilginin konumsal özelliklerinin de göz önüne alındığı karar destek mekanizması işlevi gören sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle 4. Endüstri Devrimi etkisiyle ortaya çıkan; bulut bilişim, büyük veri, yapay zekâ, nesnelerin interneti, sanal gerçeklik (virtual reality, VR), artırılmış gerçeklik (agumented reality, AR), karma gerçeklik (mixed reality, MR) gibi teknolojilerde yaşanan hızlı gelişim, birçok alanda olduğu gibi CBS teknolojileri ile gerçekleştirilecek olan entegrasyonlar sayesinde, konumsal bilginin daha etkin modellenmesi ile karar verme ve problem çözme süreçlerinin daha hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayabilecektir. Son yıllarda konum bilgisinin birçok platformda paylaşılabılır olması, mobil cihazlarda geliştirilen sensör teknolojilerindeki ilerlemeler ve bu sensörler ile bağlantılı sistemlerin geliştirilmesi beraberinde sıklıkla duymaya başladığımız “akıllılık” kavramının yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bu gelişmelerin ışığında kentlerin yönetiminde kullanılan mevcut teknolojilerin gelişmekte olan yeni teknolojiler ile entegre edilmesi, kentlerin artan nüfus ve ihtiyaçlarına karşılık yapılacak bölgesel analizlerin ve alınacak kararların daha etkili olarak yürütülmesine olanak sağlayacaktır. Bu sistemlerin en başında mekânsal yapay zekâ, sanal/artırılmış ve karma gerçeklik gibi teknoloji çözümleri gelmektedir. Akıllı şehir kavramının bir parçası olan altyapı (doğal gaz, elektrik, içme suyu, kanalizasyon şebekeleri vb.) süreçlerinde de bu teknolojilerin kullanılmaya başlanması ile birlikte altyapı şebekelerinin yerinde yönetimi, karşılaşılan problemlere ya da iyileştirme taleplerine daha hızlı müdahale yapılabilmesi ve daha etkin karar verilmesi sağlanacaktır.

Bu yüksek lisans tezinde son yıllarda birçok farklı alanda karşılaşılmaya başlanan ve özellikle mobil cihazlardaki sensör teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde, dış mekân kullanımı sağlayan sanal/artırılmış ve karma gerçeklik kavramları üzerinde durulmuştur. Bu teknolojiler, üç boyutlu olan gerçek dünya verilerini sıkışmış olduğu iki boyutlu ekranlardan çıkararak, insanların cihazlar ile olan etkileşimini artırmayı hedeflemektedir. Böylelikle, insanların bilgiyi öğrenme ve kullanma süreçlerinde yeni ve benzersiz bir deneyimin ortaya çıkması sağlanmıştır. Bu teknolojilerdeki gelişmeler ışığında, Eskişehir

ili doğal gaz dağıtım şebekesi içerisinde pilot bölge olarak seçilmiş olan bir sokağa ait konumsal verilerinin üç boyutlu olarak mobil bir uygulama üzerinde görüntülenmesi kapsamında yapılan çalışmalar ele alınmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Doğal gaz altyapı şebeke yönetimi süreçlerinde mevcut durumda CBS olanakları ile toplanan, depolanan ve sunulan bilginin gelişmekte olan yeni teknolojiler ile entegre edilmesi amaçlanmıştır. Altyapı çalışmalarında sahada karar verme ve yönlendirme için gerekli olan verilere erişimin yetersizliği yanlış kararlar verilmesine ve ciddi zaman kayıplarına sebep olabilmektedir. Bu eksikliği gidermek adına sahada çalışan personelin gerçek zamanlı olarak altyapı şebekesi verilerine artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak üç boyutlu gösteriminin mobil cihazlar üzerinden erişiminin sağlanması çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Eskişehir ili sınırları içerisinde pilot bölge çalışmasının gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Günümüzde altyapı verileri ile yürütülen saha çalışmalarında mekânsal verilerden etkin bir şekilde faydalanılması için, masaüstü uygulamalardan mobil cihazlara geçiş yapılması ile ilgili kullanıcı talepleri gün geçerek artmaktadır. Çalışmada son yıllarda mobil donanımların sensör özellikleri bakımından gelişmesi ile birlikte, bu taleplerin sanal, artırılmış ve karma gerçeklik teknolojileri ile karşılanması için pilot bir bölge çalışması ele alınmıştır.

Son yıllarda mobil teknolojilerin oldukça hızlı bir şekilde gelişmesi ile pek çok alanda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan artırılmış gerçeklik uygulamalarının gelecekte daha etkin bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir. Günümüzde artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanılarak yapılan çok çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; eğitim, reklam ve pazarlama, arkeoloji, askeri uygulamalar, sağlık, bakım ve montaj alanlarında yapılan uygulamalardır. Özellikle eğitim alanında hem akademik hem de ticari düzeyde yapılan birçok çalışma ve uygulama bulunmaktadır. Bu bakımdan eğitim alanında yapılan çalışmaları reklam ve pazarlama faaliyeti alanlarında yapılan uygulamalar takip etmektedir. Bu uygulamalar genellikle mobil telefonlar ve tabletler üzerinde çalışmaktadır. Son yıllarda ise giyilebilir cihazlar üzerinde artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanıldığı gözlükler, başa takılabilen cihazlar piyasaya sürülmüştür. Tüm bu gelişmeler ışığında gelecek çalışmalar için odaklanılması gereken en önemli

noktalardan birisi konum bazlı artırılmış gerçeklik teknolojisi ile zenginleştirilmiş görüntüye sahip cihazların son kullanıcıya sunulabilmesidir. Çünkü artırılmış gerçeklik uygulamalarının uygulandığı alana en önemli katkısı gerçeklik algısının anlaşılmasındaki etkinliğin artırılmasıdır. Bu yönüyle bakıldığında, konum bilgisine sahip olan altyapı verilerinin (doğal gaz, elektrik, içme suyu, kanalizasyon şebekeleri vb.) yönetilmesi ve işletilmesi süreçlerinde artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanılması oldukça olumlu sonuçlar ortaya koyacaktır. Bunlardan en önemlisi, saha çalışmalarında yaşanabilecek olası hat hasarlarının önüne geçilmesi için, kazı çalışmaları esnasında artırılmış gerçeklik teknolojisine sahip giyilebilir cihazların tasarlanması ve saha personelleri tarafından bu cihazların aktif bir şekilde kullanılması ile yeraltındaki şebekeye ait bir hattının nerede bulunduğunun üç boyutlu olarak görüntülenmesi ve saha personelinin etkinliğinin artırılmasıdır.

Bu yüksek lisans tezinde belirlenen amaç ve izlenecek yöntem doğrultusunda elde edilecek konum bazlı artırılmış gerçeklik uygulaması ile, mevcut durumda CBS ile depolanan altyapı şebekesine ait verilerin artırılmış gerçeklik teknolojisi ile entegre edilmesi sağlanacaktır. Mekânsal verinin artırılmış gerçeklik teknolojisi ile üç boyutlu görselleştirilmesinin sağlanması için coğrafi bilgi sistemlerinde depolanan pilot bir veri ile yapılacak geliştirmeler bu çalışmanın en önemli konusunu oluşturmaktadır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Kısıtlılıkları

Çalışmanın coğrafi kapsamı, Eskişehir ili ile sınırlıdır. Çalışmada Eskişehir ilinde seçilen bir sokak üzerindeki doğal gaz şebekesi verileri artırılmış gerçeklik teknolojisi ile görselleştirilmiştir. Çalışmanın konu kapsamı ise, CBS’de üç boyutlu görselleştirme alanında artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak mobil bir uygulama tasarımının yapılmasıdır.

Son yıllarda sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik teknolojileri alanında hızla devam ederek geliştirilen yazılımlar ve bu yazılımların son kullanıcı tarafından kullanabileceği donanımlar olsa da, günümüzde bu teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması konusunda halen birtakım kısıtlılıklar bulunmaktadır. Bunların en başında mevcut durumda kullanılmakta olan her mobil cihazın üzerinde artırılmış gerçeklik teknolojisi ile görselleştirme yapılamaması konusu gelmektedir. Buradaki en önemli etken, mobil cihazların sahip olduğu kamera özellikleridir. Temelde bu özellikler sensör

teknolojisi olarak adlandırılan ve cihazın konumu ile birlikte yön ve mesafe hareketlerini de tespit eden teknolojilerdir. Bu nedenle artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak geliştirilen bir mobil uygulamanın her cihaza uyumlu bir şekilde çalışmayacağı konusuna dikkat edilmelidir. Bu nedenle özellikle konum bazlı artırılmış gerçeklik uygulamalarında mutlaka donanımsal özelliklerinde belirli kriterler içerisinde olması beklenmelidir. Bununla birlikte, insan ve cihaz etkileşiminin artırılmasını hedefleyen bu teknolojilerden daha fazla ve etkin bir şekilde faydalanılabilmesi için giyilebilir cihazlar ile entegre sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ancak halen bu konudaki geliştirmeler devam ettiğinden ve pahalı çözümler olduğundan kullanımı yaygınlaşmamıştır.

Bu yüksek lisans tezinde artırılmış gerçeklik ve konumsal bilginin entegrasyonu kapsamında tasarlanan ve geliştirilen mobil uygulamada karşılaşılan en büyük kısıtlılıklardan bir diğeri ise bu konuda yapılmış olan önceki çalışmaların yetersiz kalmış olmasıdır. Literatürde taranan kaynaklar göz önünde alındığında, sanal ve artırılmış gerçeklik alanında yapılan uygulamaların daha çok eğitim, reklam ve pazarlama, mimari ve inşaat gibi alanlarda olduğu ve bu uygulamalarda kullanılan teknolojinin de daha çok konum tabanlı uygulamalar değil işaretçi tabanlı sistemler olduğu fark edilmiştir. Özellikle altyapı şebekesine ait verilerin üç boyutlu görselleştirilmesi kapsamında artırılmış gerçeklik teknolojilerinden faydalanılması ve mobil cihazlar üzerinden görüntülenmesi konusunda yurtdışı çalışmalara rastlanılmış ancak bu çalışmalar ile ilgili detaylı yöntem basamaklarını içeren kaynaklara erişilememiştir.

1.3. Literatür Özeti

Schall, Schmalstieg ve Junghanns (2010) tarafından yapılan çalışmada; altyapı tesislerinin üç boyutlu ve gerçek zamanlı olarak elde taşınabilir cihazlarda görüntülenmesini sağlayan Vidente adındaki projenin kapsamı, özellikleri, hangi amaçlarla kullanılabileceği gibi bilgilere yer verilmiştir. Bu amaçla, bilgisayar grafikleri, artırılmış gerçeklik, CBS ve uydu navigasyon sistemleri gibi disiplinler arası teknolojiler ele alınmıştır. Çalışmada, su dağıtım sektöründeki işletmelerin mevcut durumda sahip oldukları ve günlük operasyonlarını yönettikleri konumsal veritabanlarının, Vidente sistemi ile tasarlanması hedeflenmiştir. Yazarların tespit etmiş oldukları en büyük eksiklik masaüstü CBS ile yönetilen verilerin saha personelleri tarafından kullanılamamasıdır. Bu

eksikliğin giderilebilmesi için saha personellerinin elde taşıyabileceği ve yerel altyapı tesislerin üç boyutlu görselleştirildiği bir sistem önerilmiştir. Bu sistem, altyapı hizmeti sunan şirketler için yeni nesil mobil CBS'ye odaklanmaktadır. Çalışmada, Vidente'nin su altyapısının tüm yaşam döngüsünde saha işgücü verimini arttırarak, geleneksel planlama, işletme, bakım, yerinde denetim, hata yönetimi ve karar alma konularına yeni bir bakış açısı getireceği öngörülmüştür. Vidente'nin temelinde, kayıt edilmiş üç boyutlu yeraltı modellerin gerçek zamanlı olarak mobil cihazlarda artırılmış gerçeklik teknolojilerinden faydalanılarak üç boyutlu olarak görselleştirilmesi bulunmaktadır. Çalışmada geliştirilmiş olan Vidente uygulaması GML şeması (VidenteGML), veri sunucusundan yayınlanan altyapı verilerinin coğrafi referansının kodlanması için kullanılmıştır. Mevcut uygulama içerisinde boru hatlarının gösteriminde alan ve ilgilenilen nesneler kullanıcı tarafından etkileşimli olarak seçilmektedir. Çalışmanın gelecek araştırmalarında bu sürecin otomasyon derecesinin artırılması hedeflenmektedir.

Schall vd., (2009) tarafından yapılan çalışmada; kamu hizmet şirketlerinin saha çalışanlarına altyapı tesislerinin bakımı, planlanması veya araştırılması gibi saha işlerine yardımcı olması için artırılmış gerçeklik sistemi sunulmuştur. Çalışma, mobil artırılmış gerçeklik uygulamaları için mekânsal etkileşim ve görselleştirme teknikleri ile yeni bir mobil cihaz tasarımı kullanılmasını ele almaktadır. Ayrıca çalışmanın en önemli bölümlerinden birisi de çeşitli kullanıcı grupları ile prototip uygulamasının sahada kullanımı ile ilgili yapılan deneylerdir. Çalışmada, altyapı şirketi saha personelinin çalışmaları için uygun bir görselleştirme yapılarak, kullanıcı ara yüzü geliştirilmiştir. Bunun için öncelikle mekânsal veriler masaüstü CBS platformundan çıkarılarak, üç boyutlu görselleştirmeye uygun mobil bir platforma aktarılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler artırılmış gerçeklik tarayıcısında mevcut hale getirildiğinde, üç boyutlu sunumun kullanışlı hale getirilmesi için; kazı aracı, etiketleme aracı, filtreleme aracı, anlık görüntü aracı gibi etkileşim araçları geliştirilmiştir. Sistemin çalışmasını sağlayacak olan donanımın, pille çalışması, birkaç saat çalışmaya izin veren bir platforma sahip olması, yeterli bilgi işlem yeteneklerini sağlaması, aşırı yorulmadan uzun süre tutulabilmesi ve yüksek rahatlıkla rutin işlemler gerçekleştirmeye izin verecek ergonomik bir forma sahip olması gibi özellikleri içermesi önerilmiştir. Çalışma kapsamında, cihazın kullanımı ile ilgili yapılan deney sonuçlarına ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir.

Behzadan ve Kamat (2009) tarafından yapılan çalışmada; altyapı kazı çalışmaları sırasında karşılaşılabilecek hataların ve risklerin neden olduğu çok ciddi maddi ve manevi

kayıpların ortadan kaldırılması, altyapı envanterlerinin korunması için saha çalışanlarının görsel algılarının artırılması amacıyla görselleştirme ve izleme teknolojilerinin uygulanabilirliği incelenmiştir. Çalışmada, özellikle mevcut kazı çalışmalarında kazının yapılacağı alandaki altyapı verilerinin cadde-sokak üzerinde yapılan manuel işaretleme ile gösterilmesi sonucu oluşabilecek kazaların ortadan kaldırılması üzerinde durularak, bu konuda artırılmış gerçeklik ve küresel konumlandırma sisteminin (GPS) entegrasyonu ile sağlanacak avantajlar ortaya konulmuştur. Çalışmada tasarlanan artırılmış gerçeklik sistemi, tipik bir kazı işlemi, yol yapım veya bakım projeleri sırasında altyapı hasarlarının önlenmesi için her türlü iş ekipmanına (ekskavatör, dozer, greyder vb.) entegre edilebilmektedir. Çalışmada uygulanan sistem mimarisi genel olarak iki önemli bilgi kaynağından faydalanmaktadır. Bunlar altyapı şirketlerinden elde edilen altyapı verileri ve gerçek dünya verileridir. Gerçek dünya verileri, kazı alanının canlı video akışlarından ve kazı ekipmanlarının konumundan oluşmaktadır. Çalışmada, altyapı şirketlerinden elde edilen veriler artırılmış gerçeklik sisteminde kullanılmak üzere modellenmiştir. Daha sonra bu verileri içeren ve artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanan cihaz hem inşaat aracına hem de saha personelinin başına monte edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Çalışma içerisinde tasarlanan uygulamanın daha doğru bilgi üretme ve kullanımının daha kolay hale gelebilmesini sağlayacak geliştirmeler öngörülmüştür. Bu geliştirmelerden birisi; GPS ile sağlanan konum verilerinin daha hassas olarak elde edilmesi için gerçek zamanlı kinematik (RTK) sistemlerin kullanılması, bir diğeri ise ekipman üzerinde bulunan artırılmış gerçeklik ekranındaki bilgilerin görsel veya sesli uyarı sistemleri ile yönlendirilerek, operatörün kazı alanındaki algısının artırılmasıdır.

Stylianidis vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada; yeraltı tesislerinin coğrafi verilerini verimli bir şekilde ele alabilen hem yazılım hem de donanım tabanlı çözümler için sürekli artan talepler sonucunda ortaya konulmuş olan, LARA isimli projenin iki vaka çalışmasında test edilmesi ve sonuçların paylaşılması yer almaktadır. LARA; su, gaz ve elektrik gibi mevcut yeraltı şebekesinin üç boyutlu modellenmesi, izlenmesi ve yönetilmesi için mobil bir platformda artırılmış gerçeklik ve CBS teknolojilerini koordine eden bir projedir. Çalışmada, geliştirilen LARA prototipinin uygulama tekniklerini ve yöntemlerini göstermek ve değerlendirmek, ileriye dönük çalışmaların ve geliştirmelerin yapılabilmesi için geri bildirimleri toplamak hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda prototip uygulamasının laboratuvar koşullarında test işlemi tamamlanmıştır. Araştırmacılar, 2016 yılının ikinci döneminde gerçek dünya koşullarında testlerin

yapılacağını belirtmişlerdir. İlk prototip testleri başarı ile sonuçlanmıştır. Projenin bundan sonraki aşamalarında; altyapı verilerinin etkin bir şekilde görüntülenmesi, yönetimi ve izlenmesi süreçlerinde iş modellerinin tanımlanması ve su, gaz ve elektrik dağıtım şirketlerinde kullanımının sağlanması hedeflenmektedir.

Behzadan, Dong ve Kamat (2015) tarafından yapılan çalışmada; artırılmış gerçeklik teknolojisindeki kritik problemler gözden geçirilmiş ve bu teknolojinin kullanılmasını engelleyen temel zorluklar teknik yaklaşımlar ile birlikte incelenmiştir. Çalışmada, altyapı uygulamalarında artırılmış gerçeklik araçlarının kullanımının; ergonomi, sağlamlılık, güç sınırlamaları ve olumsuz hava koşulları gibi zorluklarda da karşı karşıya kaldığını ancak bu çalışmanın direkt olarak kapsamı içinde olmadığı belirtilmiştir. Çalışmada ele alınan zorluklar, artırılmış gerçeklik verileri ile gerçek dünya verilerinin birbirine göre konumlarının doğru bir şekilde yapılabilmesi ile ilgilidir. Bu amaçla artırılmış gerçeklik uygulamaları konumlandırma işleminde, bir kullanıcının gözlerinin görüş hacmini dünya koordinat sisteminde konumlandırmak, sanal nesnelerin dünya koordinat sistemine yerleştirilmesi, görüntüleme hacminin şeklinin belirlenmesi gibi teknik zorluklar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın teknik detaylarının anlatıldığı bölümde farklı araştırmacıların artırılmış gerçeklik teknolojisinde yapmış oldukları çalışmaların konumlandırma ve görselleştirme konularındaki çalışmaları aktarılmıştır. Çalışmanın bir diğer bölümünde ise; artırılmış gerçeklik teknolojisi ile geliştirilen farklı uygulama örneklerine yer verilerek, bu uygulamaların tasarım ve saha çalışmalarındaki kullanımı konularına yer verilmiştir. Bununla birlikte, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları karşılaştırılarak, artırılmış gerçekliğin geleneksel öğrenme yeteneklerini geliştireceği üzerinde durulmuştur. Çalışmada son olarak gelecekteki artırılmış gerçeklik araştırmalarında yapılabilecek, kullanıcı konforu, yakalanan görüntü ve sensör ölçümlerini senkronize etmek, ortam gürültüsünü filtrelemek, görüntü işleme tekniklerini geliştirmek, artırılmış gerçeklik ara yüzüne daha fazla etkileşim özelliği eklemek (kullanıcının sisteme gerçek zamanlı olarak veri girişi ve güncelleme yeteneğinin kazandırılması, vb.) gibi konulara yer verilmiştir.

Höllerer vd., (2001) tarafından yapılan çalışmada; mobil kullanıcıların artırılmış gerçeklik teknolojisinden maksimum düzeyde faydalanabilmelerini sağlayan görüntüleme ve ara yüz tasarım teknikleri konusuna odaklanılmış ve bu süreçte yer alan adımların bazılarını yer verilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, bilgi filtreleme araçlarına, kullanıcı ara yüz bileşen tasarımlarına ve görüntüleme yönetimlerine odaklanılmıştır.

Bilgi filtreleme konusunda; kullanıcıya sunulacak en alakalı bilginin seçimine, kullanıcı ara yüz tasarımı; mevcut bilgilerin kaynaklarına ve bilgilerin taşınması gereken uygun formatlarına, görüntüleme yönetiminde; görüntülenecek nesnelerin ve özelliklerinin üst üste çakışmasını engelleyen ve böylelikle nesnelerin uygun bir şekilde uygulamaya yerleştirilmesini sağlayan tekniklere yer verilmiştir. Çalışmada geliştirilen uygulamada, bu üç mekanizma ayrı parça olarak uygulanmış ve test edilmiştir. Çalışmanın gelecek uygulamalarında test edilen bu üç ayrı modülün farklı teknikler ile daha da geliştirilmesi ve tek bir sistem üzerinde entegre edilmesi planlanmaktadır. Bununla birlikte, modelin yararlığını doğrulamak için kullanıcı çalışmaları ve deneyleri yapılması da hedeflenmektedir.

Meehan (2017) "NJ Utility on Forefront With New Mixed Reality Application" isimli yazısında; New Jersey'in Toms River şehrindeki Toms River Municipal Utilities Authority (TRMUA) isimli kamu biriminin, belki de dünyada ilk olarak altyapı ile ilgili saha çalışmalarında artırılmış gerçeklik uygulamalarını kullandıklarını aktarmaktadır. TRMUA, bu sistemin en temelinde ticari olarak sahip oldukları üç farklı teknolojiye dayanmaktadır. Bunlar; CBS tabanlı altyapı bilgi sistemleri, bulut bilgi işlem servisleri ve artırılmış gerçeklik teknolojisi içeren akıllı gözlüklerdir. TRMUA, altyapı ile ilgili saha süreçlerini yönetmek üzere, bu üç farklı teknolojiyi birleştirerek personellerinin kullanımına sunmaktadır. Saha personellerinin kullanmış oldukları mobil cihaz, kullanıcının bulunduğu alandaki yeraltı su borularını, gerçek dünya verileri ile birlikte bir arada göstererek karma bir gerçekliğin içerisinde bulunmayı sağlamaktadır. Görüntülenen borular içerdikleri bilgilere göre renk kodlu ve ölçekli bir şekilde gösterilmektedir. Kullanıcılar, hafif hareketlerle veya sesli komutlar ile ilgili bilgileri gösteren ekranları görüntüleyebilmektedir. Bununla birlikte saha kullanıcısı ofis kullanıcısı ile uygulama üzerinden haberleşebilmektedir. Örneğin; saha kullanıcısı kazı çalışması ya da bakım onarım gibi faaliyetlerini yürüteceği alanı tam olarak tespit edemez ise, ofis kullanıcısı ilgili alanı bir daire içerisine aldığı anda saha kullanıcısı bunu gerçek zamanlı olarak görüntüleyebilmektedir. Bu uygulama ile eskiden telefon ya da ofisten yürütülen süreçlerin daha hızlı ve kolay bir şekilde çözüme kavuşturulmasına olanak sağlamıştır. Uygulamanın gelecek çalışmalarında; saha kullanıcısının konumunu elektronik olarak işaretlemesi ve bu alanla ilgili olarak kaydetmek istediği herhangi bir bilgiyi sesli mesaj olarak kayıt edebilmesi çalışmaları hedeflenmektedir.

Orlandi, Sevegnani ve Conci (2015) tarafından yapılan çalışmada; İtalya’da elektrik dağıtımını sağlayan kamu hizmeti birimindeki personellerin iş akışı verimliliğinin artırılması amacıyla ortaya çıkan artırılmış gerçeklik uygulamasının kullanım örneği sunulmuştur. Verilen örnek; saha personellerinin artırılmış gerçeklik teknolojisi sunan giyilebilir bir mobil cihaz ile elektrik sayaçlarının bakım işlemlerini yapmasını içermektedir. Çalışmada, artırılmış gerçekliğin uygulama alanları hakkında genel bilgilerin verilmesinin ardından, örnek olarak seçilen uygulamanın test edilmesi ve deneysel sonuçların paylaşılarak değerlendirilmesi bölümleri yer almaktadır. Çalışmada, giyilebilir mobil bir cihazın elektrik sayaçları üzerinde yapılan bakım işlemlerinde artırılmış gerçeklik teknolojinin nasıl uygulanabileceği ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Çalışmanın gelecek hedeflerinde ise, saha personellerinin daha hızlı ve etkin bir şekilde çalışabilmeleri için, elektrik sayaçları üzerindeki bilgi görselleştirilmesinin yanı sıra gözlenen ortam bilgilerinin toplanması ve haritalama yeteneklerinin geliştirilmesi bulunmaktadır.

Reitmayr ve Schmalstieg (2003) tarafından yapılan çalışmada; mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanım alanının yaygınlaşabilmesi için konuma bağlı geniş bir veri modelini içermesi gerektiği öngörülerek, özel veri formatları ve yönetim stratejilerinin yerine, ortak bir veri modelinin oluşturulması için gerekli olan bir sistem mimarisi aktarılmıştır. Çalışmada, klasik CBS veritabanı yönetimi ile görsel simülasyon alanlarının kombinasyonu sağlanarak, ölçeklendirilebilir mobil artırılmış gerçeklik uygulamasının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada uygulanan veri modeli farklı uygulamalar için gereken verilerin merkezi bir şekilde depolanmasını ve yönetilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde verilerin gerçek formatlarından bağımsız olarak, ortak veri yapıları ile daha bir şekilde geliştirilebileceği öngörülmektedir. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmada; yaygın kullanım alanına sahip olması, açık kaynak kodlu olması ve ticari olarak geliştirilen birçok üründe doğrudan desteklenmesi gibi avantajları sebebiyle XML kullanmayı tercih etmişlerdir. Çalışmada geliştirilen prototip uygulama yalnızca mevcut veriler ile çevrimdışı olarak çalışmaktadır. Araştırmacılar, çalışmanın bir sonraki adımında mobil uygulamanın gerekli verileri anında almasını sağlayacak olan çevrimiçi çalışma özelliğini geliştireceklerini ifade etmişlerdir.

Webster vd., (1996) tarafından yapılan çalışmada; mimarı yapıların inşası, incelenmesi ve onarımı gibi faaliyetlerde artırılmış gerçeklik teknolojileri ile geliştirilecek olan uygulamalar ile ilgili bilgiler paylaşılmıştır. Çalışmada örneklenen artırılmış

gerçeklik uygulaması kullanıcının başına takılarak kullanılan mobil bir gözlüktür. Çalışmada, kullanılan teknik altyapı ve uygulamanın kullanılması ile ilgili süreçler detaylı bir şekilde aktarılmıştır. Araştırmacılar, çalışmada geliştirilen uygulamanın kullanılması ile mimari yapılardaki bakım ve yenileme işlemlerinin hızlanacağını ve mevcut durumda kaza sonucu oluşan hasarların azalacağını ifade etmektedirler. Bununla birlikte, karmaşık olan inşaat operasyonlarının daha kontrollü bir şekilde yürütülebilmesi için geliştirilen mobil uygulamanın inşaat işçileri tarafından bina imalat ve montaj aşamalarında ve gerçek zamanlı saha içi eğitim faaliyetlerinde kullanılması öngörülmüştür.

Kaleci, Demirel ve Akkuş (2016) tarafından yapılan çalışmada; artırılmış gerçeklik ile genel bilgi ve tanımlara yer verilmiş, genel olarak uygulama alanlarından bahsedilmiş ve son olarak bir uygulama örneği metodu paylaşılmıştır. Özellikle artırılmış gerçekliğin uygulama alanlarından biri olan eğitim alanında kullanımına odaklanılmış ve artırılmış gerçekliğin eğitimde dikkati, başarıyı ve motivasyonu artırdığı yönünde gözlemlerde bulunulmuştur. Bununla birlikte artırılmış gerçeklik uygulamalarının oluşturulmasında izlenmesi gereken adımlar aktarılmıştır. Çalışmada örnek bir artırılmış gerçeklik uygulaması Unity3D oyun motoru ve Qualcomm Vuforia SDK (yazılım geliştirme kiti) yazılımları kullanılarak geliştirilmiştir. Araştırmacıların bu yazılımları tercih etme sebebi; Unity3D oyun motorunun birçok farklı formattaki üç boyutlu modelleri desteklemesi ve geliştirilen uygulamaların sorunsuz bir şekilde farklı platformlara aktarılması, Vuforia yazılım kitinin ise Unity3D ile sorunsuz bir şekilde çalışması ve bununla birlikte ücretsiz versiyonunun olmasıdır.

Kıvrak ve Arslan (2017) tarafından yapılan çalışmada; artırılmış gerçekliğin inşaat projelerinde kullanımı ile ilgili bilgilere yer verilmiş ve bu alanda örnek bir uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamada, artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak inşaat projelerinde işçi, ekipman operatörü, mühendis ve yöneticilerin inşaat sahasında uygulanacak olan faaliyetleri baştan sonra aşamalar halinde bilgilendiren bir sistemi içermektedir. Akıllı gözlükler kullanılarak geliştirilen sistem ile hedeflenen; hatalı imalat risklerini en aza indirmek ve işe yeni başlayan personelin iş başında hızlı ve düşük maliyetli eğitim almasına olanak sağlamaktır. Çalışmada, şantiyelerde en sık kullanılan uygulamalardan biri olan tuğla duvar yapımı örnek imalat kalemi olarak seçilmiş ve çalışmanın ilk aşamasında tuğla duvar imalatında kullanılan materyallerin üç boyutlu modelleri hazırlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise artırılmış gerçeklik sistemi

geliştirilmiştir. Çalışmada bu sistemin geliştirilmesi ile ilgili detaylı teknik bilgilere yer verilmiştir. Son olarak, geliştirilen uygulama test çalışması yapılmıştır.

Polat vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada; tarihi mekanlarda kullanılan rehberlerin etkileşim ve algılama düzeyinin artırılması amacıyla artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanılarak gerçekleştirilen android tabanlı bir mobil uygulamanın yapılma aşamaları aktarılmış ve uygulamanın ileriye dönük hedefleri paylaşılmıştır. Dünyada tarihi miras olarak korunması ve gelecek nesillere aktarılması gereken bir mekân olan Safranbolu'daki yapılarla ilgili detaylı bilgi almak isteyenlere bir Eski Çarşı haritası ve gerçekleştirilen uygulama ile detaylı bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Araştırmacılar, ilk olarak belirledikleri tarihi mekânların fotoğraflarını üç boyutlu modellere dönüştürmüşlerdir. Ardından oluşturulan üç boyutlu modellerin Unity3D ortamına aktarılması ve böylelikle artırılmış gerçeklik uygulamasının hazırlanması aşamasını tamamlamışlardır. Son olarak da android tabanlı mobil uygulama geliştirmişlerdir. Geliştirilen uygulamanın belirlenen bir işaretleyici ya da GPS konumuna göre aktif hale geçmesi hedeflenmiştir. Böylelikle kullanıcının uygulamadaki yapı ile ilgili veritabanında bulunan tüm bilgilere bir ara yüz ile rahatlıkla erişebilmesi ve bilgi sahibi olması sağlanmıştır.

İçten ve Bal (2017) tarafından yapılan çalışmada; artırılmış gerçeklik ile ilgili son yıllarda yaşanan gelişmeler ve uygulamalar aktarılmıştır. Çalışma kapsamında, artırılmış gerçeklik ile ilgili temel bilgiler ve uygulama alanları ile birlikte, bu konuda yapılmış olan ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar ile özel sektör uygulamaları incelenerek bu çalışmalarla ilgili değerlendirmelerde bulunulmuştur. Çalışmada akademik alanda yapılmış artırılmış gerçeklik uygulamalarına örnek olarak; eğitim, insan bilimi, doğal afet ve nükleer kazalardan korunma, sanat, fen bilimleri, mühendislik, engelliler ve trafik alanları seçilmiştir. Özel sektör uygulamalarına örnek olarak da; trafik ve otomotiv, turizm, spor, oyun, pazarlama, eğlence, eğitim alanları seçilmiştir. Çalışmada, artırılmış gerçeklik kullanımında seçmiş oldukları bu alanlarda yapılan örnek uygulamaların ayrıntılarına, güçlü ve zayıf yanlarına, uygulama alanlarına, kullandıkları araçlara, görüntü sistemlerine ve kullanım amaçları gibi detay bilgilere yer verilmiştir. Araştırmacılar, son bölümde bu uygulamaların karşılaştırılması ve değerlendirilmesine yer vermişlerdir.

Çetinkaya ve Akçay (2013) tarafından yapılan çalışmada; artırılmış gerçeklik uygulamaların eğitim alanındaki örneklerine yer verilmiş ve artırılmış gerçekliğin

öğretme ve öğrenmeye etkisi üzerinde durulmuştur. Çalışmada, artırılmış gerçekliğin eğitimde kullanım alanları ile ilgili uygulamalar; müfredat tamamlayıcı, rehberlik ve tanıtım, oyunlar, eğitim gezisi ve alıştırma başlıkları altında değerlendirilmiştir. Çalışmada artırılmış gerçeklik uygulamaları ile öğrencilerin, üç boyutlu nesneler sayesinde ilgi odağının artması, gerçek dünyada yapılması zor olan deneyleri, anlatılması karmaşık ve maliyetli olan konuları daha kolay öğrenmesi, yaratıcılık ve hayal güçlerinin gelişimi gibi eğitim alanında kullanımının önemi ve avantajları vurgulanmıştır. Çalışmada yapılan araştırma sonucunda, eğitim ortamlarında her kademede birçok ihtiyaca yönelik farklı türlerde artırılmış gerçeklik uygulamalarının dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığı belirtilmiştir. Ülkemizde de bu çalışmaların yaygınlaşması için yürütülen projeler olduğu aktarılmıştır.

H. Eldem ve A. Eldem (2015) tarafından yapılan çalışmada; mobil cihazlar üzerinde geliştirilen farklı alanlardaki artırılmış gerçeklik uygulamaları incelenerek, bu alanda yapılabilecek çalışmalara dair öneriler verilmiştir. Çalışmada, mobil cihaz olarak sadece akıllı telefon ve tabletlerle sınırlı kalmadan, gözlük ve akıllı saatler gibi giyilebilir teknolojilerin yaygınlaşması sonucunda artırılmış gerçeklik uygulamalarının daha etkili sonuçlar ortaya çıkaracağından bahsedilmektedir. Mobil uygulamaların, QR kodları ve GPS, yön bilgisi ve resimler ile birlikte artırılmış gerçeklik teknolojisini uyguladığı aktararak bu konuda detaylı bilgilere ve resimli örneklere yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde artırılmış gerçeklik teknolojisinin özellikle giyilebilir cihazlar üzerinde geliştirilmesinin devrim niteliğinde çalışmalara ortam sağlayacağı aktarılmıştır. Bununla birlikte, artırılmış gerçekliğin ilerleyen dönemlerde kullanılabileceği ve katma değer sağlayabileceği uygulama alanlarına örnekler verilmiştir.

Albayrak ve Altıntaş (2017) tarafından yapılan çalışmada; Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Programcılığı programında eğitim gören öğrencilere metin ve videodan oluşan artırılmış gerçeklik teknolojisi ile desteklenmiş derse hazırlık notu hazırlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada, Aurasma Studio yazılımı kullanılarak artırılmış gerçeklik uygulaması hazırlanmıştır. Çalışmada, yapılan uygulamanın etkilerini gözlemleyebilmek için iki ayrı grup oluşturularak, uygulamanın etkileri araştırılmıştır. Çalışma gruplarından birine artırılmış gerçeklik uygulaması içeren, diğerine ise sadece düz metin ile hazırlanmış ders notu dağıtılmıştır. Sonuç olarak, iki grup arasındaki başarının dikkat çekici oranda farklılaştığı görülmüştür. Çalışma içerisinde bu iki grubun karşılaştırma sonuçlarına da yer verilmiştir.

Sabah ve Şimşek (2017) tarafından yapılan çalışmada; artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak kampüs bilgi sistemi hazırlanmıştır. Kişilerin mobil cihazlarına yüklenen mobil bir ara yüz yazılımı ile kişinin bulunduğu konumun anlık koordinat değerlerine göre kampüs içi gezintisini görsel açıdan daha canlı ve daha kolay yapması sağlanmıştır. Çalışmada konum tabanlı artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmıştır. Çalışmada yazılım altyapısı olarak Wikitude SDK ve Android Studio kullanılmıştır. Uygulamanın yapım aşamaları detaylı bir şekilde aktarılmıştır. Çalışmanın son aşamasında, uygulamanın kampüste kullanımı ile ilgili örnekler verilmiştir. Gerçekleştirilen uygulama ile kullanıcı mobil cihazını bilgi almak istediği durağa göstererek işaretleyici noktasını görmekte ve buna tıklayarak duraktan geçen toplu ulaşım araçlarının yer ve saat bilgilerini görüntüleyebilmektedir. Çalışmanın gelecek süreçlerinde bilgi alınan nesneler hakkında yerinde geri bildirim yapılması ile daha iyi hizmet verilebileceği öngörülmüştür.

Karaarslan (2014) tarafından yapılan çalışmada; bilişim teknolojileri ile kültürel mirasın korunmasına yönelik yapılan çalışmaların nasıl olması gerektiği ve dünyada yapılan uygulamalardan örnekler verilerek hem arkeoloji hem de bilişim teknolojileri alanında çalışanlara bir farkındalık oluşturmaya hedeflenmiştir. Çalışmada amaç, arkeolojik eserlerin korunması için daha çok kimyevi ve fiziksel çalışmalara dayalı yöntemlerin teknolojik çalışmalar ile desteklenmesi ve bu alandan daha çok fayda sağlanmasının artırılmasıdır. Çalışmada açıklanan tekniklerden bazıları; üç boyutlu sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve GPS bağlantılı CBS uygulamalarıdır. Çalışmada artırılmış gerçeklik teknolojisinin bir sit alanındaki binanın eksik kısımlarının bilgisayarda içerik olarak oluşturulması ve gerçek binanın kalıntıları ile ses de dâhil olmak üzere görüntünün bütünleşik olarak izlenebilmesi açıklanmıştır. Çalışmada, bu teknolojilerin Türkiye’de arkeoloji çalışmaları yapan üniversite programlarına alınması kuramsal arkeolojinin gelişimi için gerekli olduğu öngörülmüştür.

Demirer ve Erbaş (2015) tarafından yapılan çalışmada; mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışmada seçilen mobil artırılmış gerçeklik uygulamaları kısaca tanıtılarak özellikleri açısından diğer uygulamalarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan uygulamaların öne çıkan özellikleri eğitsel açıdan değerlendirilmiştir. Bu kapsamda; Alive, Augment, Aurasma, Blippar, Junaio, Layar ve Wikitude mobil artırılmış gerçeklik uygulamaları seçilmiştir. İncelenen mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının genellikle mobil işletim sistemleriyle

uyumluluk sorununun olmadığı tespit edilmiştir. Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının iki ve üç boyutlu görselleri desteklediği, video oynatabilme özelliğine sahip olduğu ve genellikle sosyal medya bağlantısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının değerlendirilmesinden sonra eğitim ortamlarına kullanımına yönelik öneriler aktarılmıştır.

Artırılmış gerçeklik teknolojisi ve bu teknolojinin kullanıldığı uygulama alanlarındaki yöntemler üzerine yapılmış olan literatür taramasına bakıldığında, artırılmış gerçeklik uygulamalarının daha çok eğitim ve öğretim alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Özellikle son yıllarda ülkemizde yapılan çalışmaların büyük bir kısmının eğitim ve pazarlama faaliyetleri üzerine uygulandığı söylenebilir. Bu alanların dışında az sayıda inşaat ve mimari alanda yapılmış olan çalışmaya rastlanılmıştır. Ülkemizde konumsal bilgi entegrasyonu ile yapılmış olan artırılmış gerçeklik çalışmalarına bakıldığında ise, Sabah ve Şimşek (2017) tarafından yapılan kampüs bilgi sistemi çalışması ile Polat vd., (2016) tarafından yapılan tarihi yapıların miras olarak korunması amacıyla Safranbolu'daki yapılarla ilgili yapılan çalışma dikkat çekmektedir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda, tez konusu kapsamında yurtdışı çalışmalarda karşılaşılan artırılmış gerçeklik teknolojisinin uygulandığı altyapı bilgi sistemleri entegrasyonuna rastlanılmamıştır. Yurtdışı örneklerde, Schall, Schmalstieg ve Junghanns (2010) tarafından yapılan çalışmada; su altyapı verilerinin yönetiminde kullanılan Vidente, Stylianidis vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada; su, gaz ve elektrik altyapılarının görüntülendiği ve izlendiği LARA gibi özelleşmiş uygulamaların geliştirildiği görülmüştür. Schall vd., (2009) tarafından yapılan çalışmada altyapı verileri ile geliştirilmiş olan artırılmış gerçeklik uygulaması protopinin sahada kullanımı ile ilgili detaylı inceleme ve deneylere yer verilmiştir. Bu çalışmalardan farklı olarak, Behzadan ve Kamat (2009) tarafından yapılan çalışmada geliştirilmiş olan artırılmış gerçeklik uygulamasının altyapı kazı çalışmalarında olası hasarların ve zararların önlenmesi temel alınarak, artırılmış gerçeklik teknolojiye sahip mobil cihazlar hem inşaat aracına hem de saha personelinin başına monte edilecek şekilde tasarlanmıştır. Tüm bu çalışmalarda uygulanan süreçler ve teknikler göz önünde bulundurularak, ortaya konulacak farklı yöntemler ile altyapının bir parçası olan doğal gaz şebekesi verilerinin mobil artırılmış gerçeklik teknolojisi ile tasarlanarak, Eskişehir'e ait pilot doğal gaz verileri ile prototip çalışması yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde, tez konusunu oluşturan kavramlara, tanımlara ve konu ile ilgili kuramsal temellere yer verilmiştir. İlk olarak, CBS ve otomatik haritalama/hizmet yönetimi (automated mapping/facility management - AM/FM) ilişkisi aktarılmış, kurumsal CBS ve konum tabanlı hizmetler ile mobil CBS kavramları hakkında genel tanımlamalara yer verilmiştir. Tez konusu kapsamında incelenen kaynaklardaki temel kavramlar hakkında farklı tanımlar aktarılmıştır. Konu ile ilgili temel kavramlar; artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve karma gerçeklik teknolojileridir. Sonrasında, artırılmış gerçeklik teknolojisi kavramının; tarihi, gelişimi, çeşitleri, yazılım ve donanımları, uygulama alanları gibi özelliklerine değinilmiştir. Son olarak da, tez konusunu oluşturan artırılmış gerçeklik teknolojisinde kurumsal bilginin görselleştirilmesi ve izlenmesi konusunda temel bilgilere yer verilmiştir.

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Günümüzde CBS birçok farklı disiplinde uygulama alanı bulmaktadır. Bu nedenle farklı yaklaşımların etkisi ile değişik tanımları mevcuttur. CBS akademisyenlere göre; coğrafi verilerin tamamını içeren ve bunları araştıran bilimsel bir kavram, uygulayıcılara göre; harita verilerini bilgisayar ortamında sunabilen bir araç, idarecilere göre kurumsal ihtiyaçlara destek veren bir veritabanı yönetim sistemidir. Genel olarak, CBS kavramı üç temel yaklaşımla tanımlanmaktadır. Bunlar; araç, yönetim ve sistemdir. CBS, veri toplama, saklama ve sunma aracı, karmaşık konum bilgilerinin etkin bir şekilde işlendiği bir yönetim biçimi, coğrafi verilerin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistemleri bütünüdür. Sonuç olarak CBS, konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2010).

CBS'nin temel bileşenleri; bilgisayar sistemi, mekânsal veriler ve personeldir. Bir CBS yazılımından beklenen temel fonksiyonlara; sayısallaştırma, veri üzerinde değişiklik yapma, topoloji oluşturma, farklı formatlarda veri saklama, öznitelik belirleme ve sorgulama, modelleme, nesne tabanlı veritabanı modeli oluşturma, farklı veri katmanlarını çakıştırma, ölçme işlemlerini gerçekleştirme, mekânsal analizler yapma, vb. özellikler örnek verilebilir (Küpçü ve Çabuk, 2016, s.6).

CBS’de zamansal, konusal ve mekânsal olarak üç farklı türde veri kullanılmaktadır. Zamansal veri, toplanan verinin zamanını, konusal veri konuyu ve mekânsal veri de toplanan verinin dünya üzerindeki konumunu belirtmektedir (Heywood vd., 1998’den aktaran Kapluhan, 2014). CBS’de verilerin gösterimi için nokta, çizgi ve alan olmak üzere üç temel sembol kullanılmaktadır. CBS’de coğrafi bilginin gösterimi için iki farklı metot kullanılmaktadır. Bunlar, vektör ve raster veri modelleridir. Vektör veriler; nokta, çizgi ve alan sembolleriyle ifade edilirken, raster veri modelinde, gerçek durum bir kafes (ızgara) sistemi ile temsil edilmektedir. Her bir kare (veya bir raster hücresi) belirgin bir coğrafik alanı kapsamakta ve bu alana ait olan bir niteliği tanımlamaktadır (Kapluhan, 2014).

CBS’nin gücü, kâğıt ortamındaki haritaların bilgisayar ortamına aktarılmasından çok farklıdır. CBS ile çok kısa sürelerde gelecek ile ilgili tahminler ve planlamalar yapmak mümkündür. Örnek olarak; belirlenen bütçeye göre, istenilen büyüklükte ve konumda kiralık veya satılık evlerin müşteriye anında görüntülü olarak bulunup sunulması, yeni bir süpermarket açmak için belirlenecek çok fazla kriter doğrultusunda en uygun yer seçiminin yapılması CBS’nin uygulama alanları içerisine girmektedir. En uygun yer seçiminin yapılmasında, sadece yollara uzaklık/yakınlık ya da altyapı sistemlerinin olup olmaması gibi coğrafi unsurlar değil, nüfus, gelir düzeyi, müşteri potansiyeli gibi sosyo-ekonomik unsurlarda göz önüne alınmaktadır. Bu da CBS’nin birçok farklı veriyi bir arada yorumlama ve analiz etme özelliğini ortaya koymaktadır (Tecim, 1999).

2.1.1. Coğrafi bilgi sistemleri ve otomatik haritalama/hizmet yönetimi ilişkisi

AM/FM/GIS terimi, çoğunlukla kamu hizmeti sunan kurumların, grafiksel varlıklarını ve grafik varlıkları ile ilişkili olan öznelik bilgilerini coğrafi bilgi sistemleri veritabanında depolaması, verileri sayısallaştırması, yönetmesi ve analiz etmesi işlemlerine imkân sağlayan yazılımlar olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayar destekli haritalama (computer aided engineering - CAM) olarak da bilinen AM, harita üretimi için kullanılan bilgisayar destekli tasarım (computer aided design - CAD) uygulamasıdır. Geleneksel manuel kartografik haritalara bir alternatif olarak düşünülebilir. Varlık yönetimi olarak da adlandırılan FM ise kamu hizmeti verilerini yönetmek için kullanılan bir CAD teknolojisidir. FM, özellikle altyapı (elektrik, doğal gaz, su vb. altyapılar)

yönetim veritabanını içermektedir. AM/FM ise bu iki teknolojinin kombinasyonudur. Kamu hizmetlerinde birçok alana AM/FM teknolojisi uygulanmıştır. Bu uygulamalar; otomatik haritalama, veri güncelleme, veri depolama, iş emri yönetimi, planlama ve karar verme gibi süreçlerde etkin rol oynamaktadır. Bununla birlikte, AM/FM sistemlerinin sahip olduğu bilgi entegrasyonu ve modelleme yetenekleri, mevcut tesislerinin genişletilmesi, yeni servislerin planlanması, yeni iletim hatlarının faaliyete geçirilmesi ve günlük rutin süreçlerin de desteklenmesi için faydalı olmaktadır (Altadmory, 2013).

Shamsi ve Fletcher (2000)'e göre; AM/FM ve CBS teknolojileri karşılaştırıldığında, CBS'nin sahip olduğu, grafik verilerin hassas bir düzeyeyle depolanması, analiz edilmesi ve raporlanması gibi güçlü özellikleri ön plana çıkmaktadır. CBS'nin aksine AM/FM sistemlerinin mekânsal ilişkileri sağlayacak olan topoloji özellikleri mevcut değildir. Özetle; CBS konum ve topolojiye vurgu yapmakta iken, AM/FM sistemleri veritabanı ve veriler arasındaki veritabanı ilişkilerine vurgu yapmaktadır. AM/FM sistemleri ile CBS karşılaştırılması Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. AM/FM ve CBS teknolojilerinin karşılaştırılması (Shamsi ve Fletcher, 2000)

Özellik	AM/FM	CBS
Katman yapısı	Var	Var
Topoloji	Yok	Var
Ağ Analizi	Var	Var
Öznitelikler	Var	Var
Gerçek konum bilgisi	Var	Var
Akıllı harita	Yok	Var

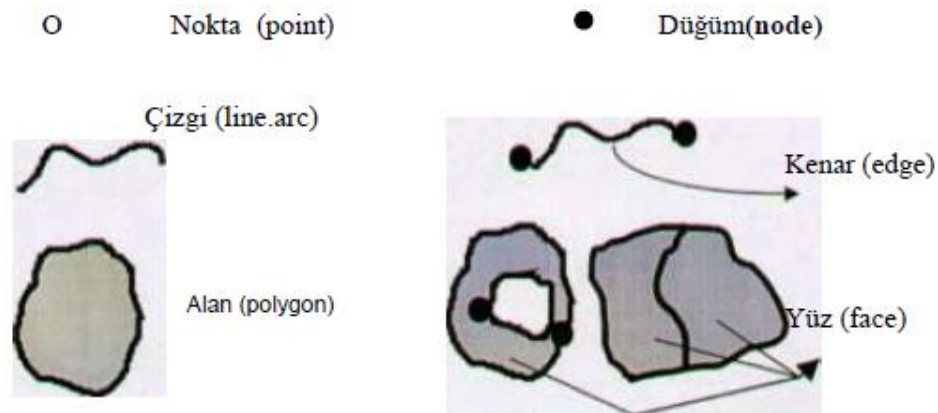
Bir AM/FM/GIS uygulamasının başarılı olmasına katkıda bulunan üç temel özellik vardır. Bunlardan ilki, tüm fiziksel tesislerin konumlarının doğru bir şekilde tanımlanmış olmasıdır. Bu verilerin sistem içerisinde tanımlanmış olması, CBS'nin temelinde bulunan konuma dayalı sorgu ve analizlerin kolay bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. İkinci önemli özellik ise, veriler arasındaki topoloji bütünlüğünün ve doğruluğunun sağlanmasıdır. Sistem üzerinde tanımlanacak bir yolun açık mı yoksa kapalı olduğu bilgisinin ya da benzer bir örnek olarak altyapı verilerinde boru içerisindeki akışın kontrol edilmesini sağlayan vanaların açık/kapalı bilgisinin model üzerinde tanımlanmasıdır. Üçüncü ve son özellik ise, tesis içerisinde kullanılan diğer bilgi sistemleri ile

entegrasyonun sağlanmasıdır. Bu özellik sayesinde de konuma dayalı bir nesne ile abone bilgi sistemi, muhasebe bilgi sistemi, diğer iş geliştirme yazılımları gibi sistemler tek bir sistem üzerinden daha etkin bir şekilde kontrol altına alınabilir, analizler yapılabilir (Meyers, 1999).

2.1.2. Topoloji ve ağ yapısı kavramları

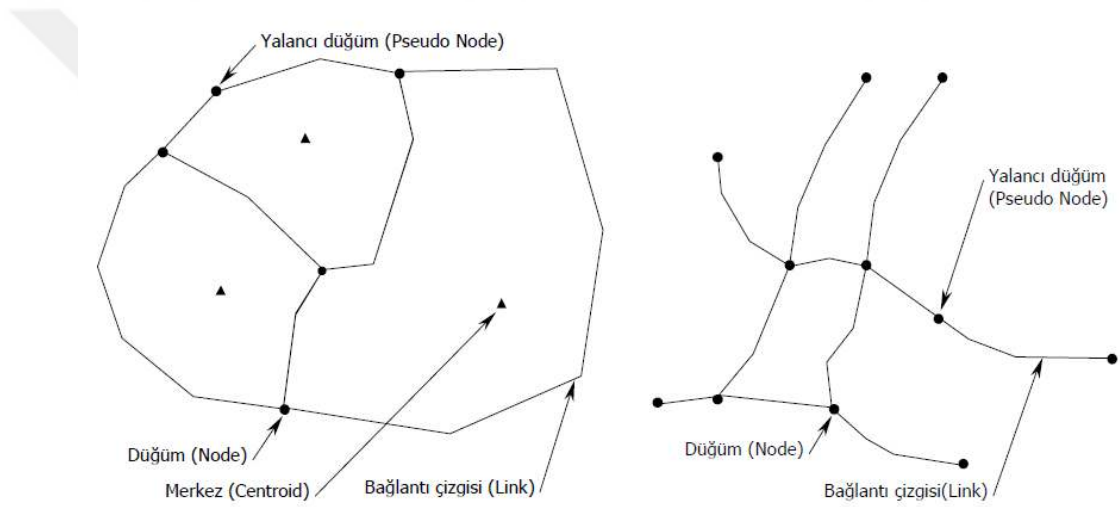
Topoloji, nesnelerin metrik özelliklerinden çok birbirleriyle olan ilişkileri ile ilgilenen bir matematik dalı olarak tarif edilmektedir. Nesnelerin büyüklük ve biçim özellikleri değil, şekil değişimlerinde değişmeden kalan özellikler topolojinin ilgi alanını oluşturur. Bu nedenle topoloji bağlantılarının kurulması aşamasında, nesneler arasındaki bağlantı kurallarının tanımlanması önemlidir (Karaş ve Batuk, 2007).

Topolojik veri yapıları, verilerin sorgulanması ve kolay bir şekilde seçilebilmesi için veriler arasındaki ilişkilerin (çakışıklık, komşuluk vb.) bir kez tanımlanması sayesinde topolojik olmayan veri yapılarına göre daha geniş çapta sorgulama ve analiz yeteneğine sahip yapılardır. Topoloji, konumsal bilginin sahip olduğu koordinat, uzunluk, alan gibi metrik ilişkilere ilave olarak komşuluk, çakışıklık, içermeye, kesişme, paylaşma, birleşme gibi mantıksal ilişkilerin de tanımlanabildiği bir yapıdır. Topolojik olmayan coğrafi veri yapılarında nokta (point), çizgi (line) ve alan (polygon) grafik detayları bulunmakta iken, topolojik veri yapılarında noktaya karşılık düğüm (node), çizgiye karşılık kenar (edge), alana karşılık yüz (face) olarak adlandırılan topolojik elemanlar bulunur (Bank, 1997). Şekil 2.1’de topolojik elemanların şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 2.1. Topolojik elemanlar (Bank, 1997)

CBS’de nokta, alan ve ağ topolojisi olmak üzere üç tür topolojiden söz edilmektedir. Nokta topolojisi düğüm noktalarından, ağ topolojisi düğüm noktaları ve bağlantılardan, alan topolojisi ise düğüm noktaları, merkezler ve bağlantı çizgisi objelerinden oluşmaktadır. Bağlantı çizgileri bir düğüm noktasından başlar bir diğer düğüm noktasında sona erer. Merkez noktaları ise kapalı alan içerisinde bulunurlar. Bir düğüm noktasından yalnızca iki bağlantı elemanı çıkıyorsa, bu düğüm noktası topolojik olarak anlamlı bir veri değildir. Bu tür düğüm noktaları yalancı düğüm noktası (pseudo node) olarak isimlendirilirler. Şekil 2.2’de alan ve ağ topolojisindeki temel topoloji bileşenleri bulunmaktadır (Bildirici, 2003’den aktaran Selvi ve Bildirici, 2005).



Şekil 2.2. Alan ve ağ topolojisi bileşenleri (Bildirici, 2003’den aktaran Selvi ve Bildirici, 2005)

Vektörel modele dayalı CBS’de nesnelere sağlıklı bir şekilde öznitelik bilgilerinin aktarılması, çizim hatalarının ortadan kaldırılması için topoloji kurmak gerekmektedir. Ancak birçok CBS yazılımı topolojik bağlantılar kurulmadan da öznitelik bilgisi atayacak şekilde geliştirilmektedir. Buna rağmen özellikle çizgi ve poligon veri tiplerindeki çizim hatalarının ortadan kaldırılması mümkün olmamaktadır. Topoloji özellikleri kurularak bir çizginin yol mu nehir mi olduğunu sisteme anlatmak mümkün olmaktadır. Yapılacak analizlerin ne tür analizler olacağının belirlenmesinde de kurulacak topoloji belirlemektedir. Örnek olarak, nokta topolojisi üzerinden tampon analizi, ağ topolojisinden en kısa yol analizi gibi ağ analizleri, tampon analizleri yapılmakta iken, poligon topolojisinden mekânsal analizler yapılmaktadır (Küpçü ve Çabuk, 2016, s.19).

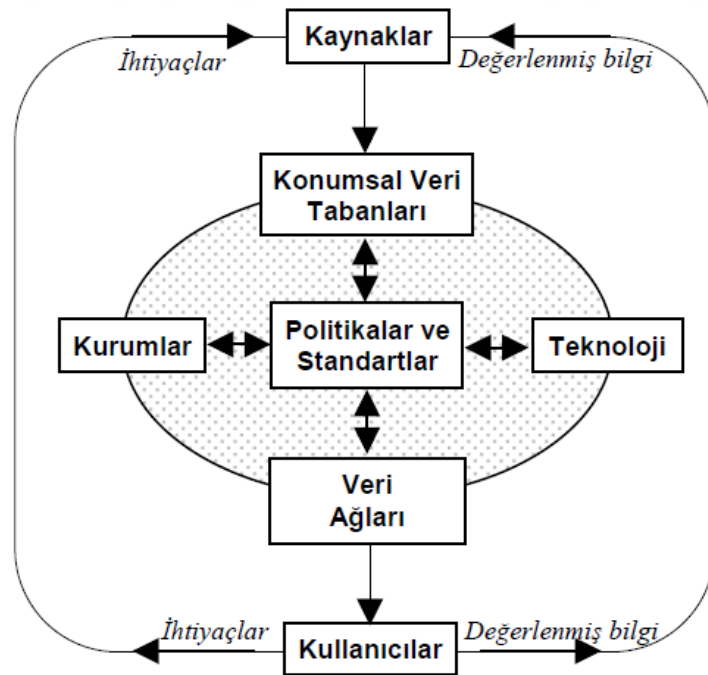
Ağ yapısı, kenar ve bağlantı olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Sokaklar, boru hatları kenarlara örnek gösterilirken, hizmet noktaları, kavşaklar, sayaç gibi envanterler bağlantı noktalarına örnek gösterilebilir. Ağ yapısı ile kurulacak olan analizler sayesinde; en uygun yolun tespiti, elektrik kesintisinden etkilenecek bölgelerin tespiti, suyun akış yönüne göre kirlетici bir etmenin su kaynaklarının hangi bölgelerini kirlетebileceği gibi bilgilere kolay ve hızlı bir şekilde erişilebilir. Konumsal veritabanları doğrusal ağ yapısı üzerinde geometrik ağ ve mantıksal ağ olmak üzere iki şekilde temsil edilmektedir. Geometrik ağ, kenarlar ve bağlantı noktalarının bağlı olduğu bir sistemin özelliklerinin derlenmesiyle oluşur. Mantıksal ağ, geometrik ağlara benzer şekilde kenar ve bağlantı noktalarından oluşur. Ancak aralarındaki en önemli farkı, mantıksal ağda kurulan bağlantıların koordinat değerine sahip olmamasıdır. Mantıksal ağlarda kenar ve birleşim noktalarının nasıl bağlandığını gösteren yalın grafikler bulunmaktadır (Çabuk vd., 2016, s.191).

2.1.3 Kurumsal coğrafi bilgi sistemleri

CBS'nin teknik açıdan gelişmesinin yanında, farklı disiplinlerde kullanımı ve mevcut sistemler ile entegre edilmesi hızlı bir şekilde yaygınlaşmaya devam etmektedir. Genel olarak, teknolojik açıdan ve kuramsal/kurumsal açıdan olmak üzere iki farklı CBS tanımı mevcuttur. Teknolojik açıdan CBS tanımı, konumsal bilgiyi toplayan, depolayan, işleyen, dönüştüren ve sunan araçlar bütünü olarak yapılmaktadır. Kuramsal/kurumsal açıdan ise CBS, konumsal verinin etkileşimli bir şekilde analizi ile karar destek mekanizması olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlar ışığında CBS tanımına bakıldığında, bağlı bulunduğu kurumun ihtiyaçlarına göre konumsal verinin toplanması, depolanması, işlenmesi ve sunumunu yapan, karar destek mekanizması görevi gören, sayısal bir bilgi sistemi şeklinde yapılabilir. Konumsal bilgiye sahip her kurum kendi ihtiyaçları doğrultusunda bir CBS organizasyonu yapar. Bu organizasyon yapılırken, kurumun amacına bakılmaksızın CBS'de bulunması gereken işlevler vardır. Bu işlevler aşağıda özetlenmiştir (Uluğtekin ve Bildirici, 1997).

- Veri girişı ve kodlama (sayısallaştırma, veri uygunluğu ve veri yapısı).
- Veri işleme (geometrik dönüşümler, genelleştirme ve sınıflandırma).
- Verinin yeniden işlenmesi (seçim, konumsal ve istatıksel analiz).
- Verinin sunumu ve bütünleştirilmiş verinin yönetimi.

Kamu ve özel sektör tarafından hizmet amaçlı projelerin hazırlanması, yatırım ve işletme faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi, sonuçlarının izlenebilmesi için var olan verilerin sistematik bir şekilde depolanması ve yorumlanması oldukça önemli bir konudur. CBS ile bu türden bilgiler etkin bir şekilde yönetilebilmekte, ihtiyaç duyulan sorgulamalar ve analizler etkin bir şekilde yapılabilmektedir. Bu nedenle, kurumsal CBS ihtiyacı ile birlikte kullanıcı kitlesi hızla artmaktadır. Bu yönde yaşanan hızlı gelişmeler sonucunda birçok karmaşa da ortaya çıkmaktadır. Bu konudaki en önemli sorunlardan birisi, mevcut durumdaki CBS'nin köklü bir kurumsal yapıya kavuşmamış olmamasıdır. Bu yapının hayata geçirilmesi için ülke düzeyinde CBS politikalarının geliştirilmesi, benimsenmesi ve uygulamaya konulması gerekmektedir. Bu sayede, CBS'nin hem bireysel hem de kurumsal olarak daha iyi kavranması ve yaygınlaştırılması sağlanacaktır. Kamu ve özel sektördeki birçok kurumca bu politikaların uygulanması, coğrafi bilginin toplanması, saklanması ve kullanılması aşamalarındaki sistem yaklaşımının oluşturulmasını ve sürekliliğin sağlanmasını içermektedir. Bu şekilde bir sistemin kurulabilmesi, Şekil 2.3'te bulunan sistem yaklaşımının hayata geçirilmesini içermektedir (Yomralıoğlu, 2003).

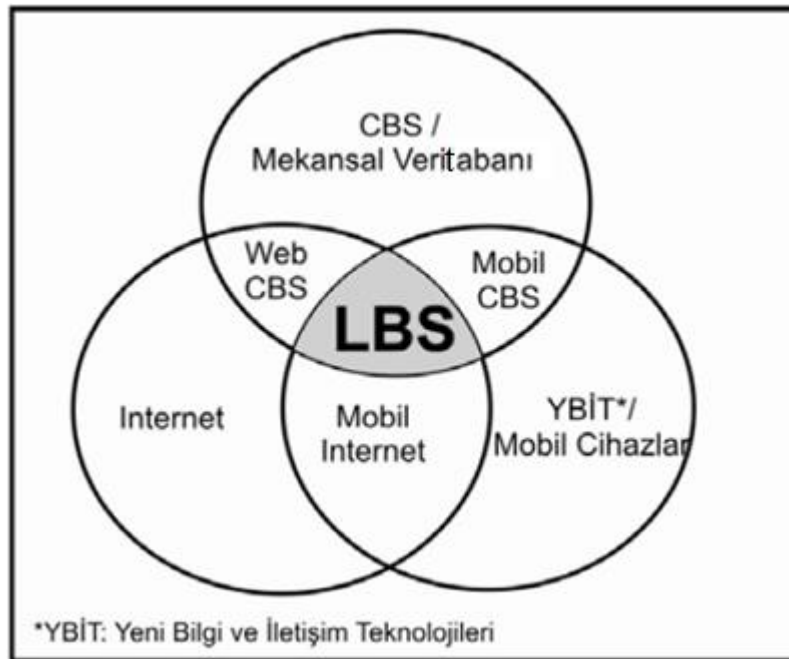


Şekil 2.3. Bir Ulusal CBS'nin temel bileşenleri-sistem yaklaşımı (Ford, 1990'dan aktaran Yomralıoğlu, 2003)

Veri yönetim stratejilerinin yanında, kamu kurum ve kuruluşlarının yürütmekte oldukları günlük faaliyetlerini içeren bilgilerin donanımlı bilgisayarlar üzerine aktarılması ve bilginin paylaşılmasının sağlanması için kurumlar arasında bilgisayar iletişim ağlarının oluşturulması gerekmektedir (Yomralıoğlu, 2003).

2.1.4. Konum tabanlı hizmetler ve mobil coğrafi bilgi sistemleri

Konum tabanlı hizmetler (LBS), mobil cihazların konumunu kullanan ve mobil ağ erişimiyle mobil cihazlarla ulaşılabilen bilgi servisleri olarak tanımlanmaktadır (Virrantaus vd., 2001'den aktaran Selvi, 2012). LBS, ortak mobil servislerin gelişmesi ile ortaya çıkmıştır. LBS'nin en önemli konusunu iletişim oluşturmaktadır. LBS'nin sahip olduğu iletişim özelliği, kullanıcılara çift taraflı bir etkileşim ve iletişim imkânı sunmaktadır. Bu çift taraflı iletişim; kullanıcının o anki durumu ile ilgili bilgi vermesi ve kullanıcının sisteme verdiği bilgilere göre sistemin kullanıcının ihtiyaç duyduğu bilgileri sunmasıdır. LBS ve CBS birbirlerine yakın teknolojiler olmakla birlikte temel farklılıklar içermektedirler. Bunlardan en önemlisi; LBS, iletişim odaklı iken CBS, bilgi odaklıdır. CBS ile üretilen haritalar sonuç çıktıları olarak kullanılmaktadır. Ancak LBS'de sadece haritanın üretilmesi değil, haritanın kullanımı ve harita iletişimi de söz konusudur (Selvi, 2012). LBS'nin diğer teknolojilerle ilişkisi Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. LBS'nin diğer teknolojiler ile ilişkisi (Brimicombe, 2002'den aktaran, Selvi, 2012)

Konum tabanlı hizmetlerden faydalanılması için temel olarak; mobil cihaz, iletişim ağı, konum belirleme, servis sağlayıcı ve veri sağlayıcı bileşenlerine sahip olunması gerekmektedir (Steiniger vd., 2006'dan aktaran Selvi, 2012).

Bilişim teknolojisinde yaşanan gelişmeler neticesinde, masaüstü bilgisayarlar ile benzer özelliklere sahip mobil cihazların geliştirilmesi, CBS kullanıcıları için de yeni donanım seçeneklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Mobil cihazlar üzerinden çalışabilecek özellikte CBS yazılımlarının geliştirilmesi, özellikle GPS ile sağlanan bütünleşik yapı sayesinde dinamik veri görüntüleme, veri toplama işlemlerine yönelik olarak klasik yaklaşımlara alternatif olacak nitelikte mobil CBS kavramını ortaya koymuştur. Geçmişte arazide kâğıt altlıklar kullanılarak yapılan veri toplama işlemleri ve toplanan verilerin hatalı bir şekilde veritabanına aktarılması ile yapılan analizler yanlış ya da yetersiz kararların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Mobil teknolojisindeki gelişmeler ile coğrafi veriye arazide doğrudan erişim sağlanması, verinin toplanması, veritabanına aktarılması ve değerlendirilmesi süreçlerinin hem daha doğru hem de daha hızlı bir şekilde yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Mobil CBS uygulamalarının kullanıcılara sağladığı avantajlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Yomralıoğlu ve Döner, 2005).

- Arazide hızlı, doğru ve ekonomik olarak her türlü verinin dinamik olarak toplanmasına olanak sağlar.
- Dijital ortamdaki harita, hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü gibi ürünlerin arazide kullanılmasına olanak sağlar.
- Arazide bir nesnenin konumu GPS ile belirlenip harita üzerinde dinamik olarak gösterilebilir.
- Arazide eş-zamanlı navigasyon yapılabilir.
- Arazide geleneksel CBS ile sağlanan temel konum analizleri gerçekleştirilebilir.

Mobil haritalama sistemlerinin ortak özelliği, mobil görüntüleme ortamları üzerine birden fazla kamera ve kamera özelliğinin eklenebilmesi ve bu şekilde üç boyutlu ölçümlerin yapılmasının sağlanmasıdır. Mobil ortamlarda, dijital olarak saklanan verinin doğru konumunda görüntülenmesi navigasyon ve konumlandırma teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir. Mobil cihazlar üzerinden coğrafi veri işleme sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi ve coğrafi görüntünün doğruluğunun sağlanması için, çoklu konumlandırma sistemleri, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit) birleştirilerek daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Bu şekilde geleneksel haritalama için gerekli olan zemin kontrolü ortadan kaldırılmış olur (Tao ve Li, 2007).

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Görselleştirme Kavramı ve Gelişimi

Haritalar yüzyıllardır konumsal verinin görselleştirilmesinde ve sunulmasında kullanılmaktadır. Haritalar ile yapılan sonuç çıktılar ve raporlar konumsal veri ile etkileşimin artmasını sağlamaktadır. 1980’lerde geliştirilmiş olan yazılım paketleri konumsal verinin depolanması, sorgulanması ve analizi gibi süreçleri içerecek şekilde tasarlandılar ve CBS olarak adlandırıldılar. CBS olanakları ile raporlanan ve sunulan bilgilerde konumsal bilginin analizi ve görselleştirilmesi önemli bir rol almaktadır (Uluğtekin ve Bildirici, 1997).

Geleneksel olarak fen bilimlerinde grafiksel modelleme matematiksel ve istatistikidir. Bu durum 1960’larda çeşitli bağımsız bilgisayar programlarının gelişmesi ve görselleştirme için bilgisayar kullanımının artması ile değişim sürecine girmiştir. Bu değişim ışığında geleneksel modelleme ve görselleştirme biçimlerine yeni kavramlar eklenmiştir. Bunlardan ilki, sensör teknolojisindeki değişim ile veri toplamının hızlanması olmuştur. Karışık süreçlerin neden olduğu etkilerin incelenmesinde mekânsal verinin kullanımı ile problemler daha anlaşılır hale gelmiştir. 1980’lere gelindiğinde bilgisayar ile harita hazırlanabilmekteydi. Ancak bu işlem hem pahalı hem de zor süreçleri içerdiğinden yeterince yaygınlaşmamıştı. Örneğin, 1980 yılında Durham Üniversitesi Nüfus Sayımı Araştırma Birimi, 1971 İngiltere Nüfus Sayımı Haritaları’nın bir atlasını yayınladı. Bu atlasın hazırlanması için büyük zorluk ve maliyet ile İngiltere’deki her kilometrekarelik alanın o zamanki yeni lazer baskı teknoloji kullanılarak ayrı ayrı renklerle sembolize edilmesi sağlandı. Bu çalışmalar ışığında günümüz teknolojisine bakıldığında, geliştirilen yazılımlar ile sıradan bir masaüstü bilgisayarda istenilen çeşitlilikte haritaların hazırlanması oldukça kolay ve hızlı hale gelmiştir. Coğrafi bağlam biraz daha az bilinse de görselleştirme alanında yaşanan değişiklikler göz önüne alındığında kartografya ve bilgisayar grafikleri kullanılarak yapılan bilimsel görselleştirmenin coğrafi görselleştirme olarak bilinen alanı yaratması kaçınılmaz olmuştur (Unwin, 2008).

“Bilimsel görselleştirme kavramı, görsel görüntülerin yaratılması için karmaşık bilgisayar teknolojisinin kullanımı; problem çözme ve düşünme imkanları için amaç olarak tanımlanmıştır (Kraak ve Ormeling, 1996’dan aktaran Uluğtekin ve Bildirici, 1997)”.

Görselleştirme özellikle büyük ve karmaşık veri kümeleriyle başa çıkmak için oldukça uygun bir yöntemdir. Çünkü çok sayıda niteliğin bir arada değerlendirilmesi söz konusu olduğunda geleneksel yöntemler başarısız olabilir. Coğrafi boyutun görselleştirme sürecine dâhil edilmesi sayesinde coğrafi konumdaki karmaşık verilerin ve mekânsal boyuttaki ilişkilerin tanımlanması ve yorumlanması büyük ölçüde kolaylaşmaktadır. Coğrafi verilerin görselleştirilmesi için, büyük ölçüde iki boyutlu görüntüleme ve analiz çalışmalarına odaklanılmıştır. Gelişmiş üç boyutlu modelleme yeteneklerine sahip görselleştirme programları uzun yıllardır mevcut olmasına rağmen, büyük ölçüde coğrafi bilgi sistemleri dışındaki alanlarda geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Ancak son zamanlarda coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarına üç boyutlu olarak görselleştirme yeteneği de dâhil edilerek çeşitli analizlerin yapılmasına imkân sağlayan platformlar geliştirilmiştir (Kwan ve Lee, 2004).

2.2.1. Altyapı bilgi sistemlerinde coğrafi görselleştirme

Doğal gaz, elektrik, kanalizasyon vb. şebekelerin yönetiminde mobil CBS uygulamaları, coğrafi verilerin doğru ve gerçek zamanlı bir şekilde kayıt altına alınmasını, depolanmasını, analiz edilmesini ve görüntülenmesini sağlamaktadır. Mobil CBS uygulamalarında, mobil cihazlar, kablosuz ağ bağlantısı ve konumlandırma sistemleri gibi farklı teknolojiler bir araya gelerek, CBS'yi ofisin dışına çıkarmaktadır (Schall, Schmalstieg ve Junghanns, 2010).

2.2.1.1. Altyapı bilgi sistemi kavramı

Kent bilgi sisteminin yerleşim bölgesinin altyapısına (doğal gaz, elektrik, içme suyu, kanalizasyon şebekeleri vb.) uygulanmasıyla altyapı bilgi sistemi elde edilmektedir (Erkin ve Çabuk, 2011). Altyapı, bir kentin işlevlerini devam ettirebilmesi, gelişmesi, kentte yaşayanlara yeterli hizmet sunulabilmesi amacıyla kurulan içme suyu, kanalizasyon, doğal gaz vb. yeraltı şebeke sistemlerinin oluşturduğu yapıdır. Altyapı bilgi sistemi, kent bilgi sisteminin en önemli bileşenlerinden birisidir. Yerleşim bölgesine ait altyapı verilerinin CBS araçlarıyla dijital ortama aktarılması birçok problemin daha hızlı ve daha etkin bir şekilde çözülmesine olanak tanımaktadır. Altyapı bilgi sistemi olanaklarıyla gerçekleştirilebilecek işlemlerden bazıları; altyapı verilerinin sayısallaştırılması ve böylece kâğıt planlar ile çalışma zorunluluğun ortadan kalkması,

veritabanı oluşturulması, grafik veriler ile sözel verilerin ilişkilendirilmesi, mekânsal analiz ve sorgulamaların yapılabilmesidir (Keskin ve Yılmaz, 2005). Altyapı şebekelerine ait grafik ve sözel verilerin kâğıt ortamında bulunan harita ve raporlar ile yönetilmesi iş gücü ve verimlilik açısından kayıplara sebep olmakta ve yetersiz kalmaktadır. Ağuş ve Dinç (2011) “Altyapı Bilgi Sistemleri ve Ülkemizde Uygulamalarının Değerlendirilmesi” isimli çalışmasında bu yetersizliklerin nedenlerini aşağıdaki şekilde özetlemiştir.

- Harita ve raporların güncelliğinin korunamaması.
- Veri kayıpları.
- Veriler ile ilgili standart bir yapının oluşturulamaması.
- Verilere ulaşımın uzun zaman alması.
- Veriler arasındaki ilişkilerin analiz ve raporlama sürecinde kullanılmak üzere kurulamaması.
- Verilerde mükerrer kayıtların oluşması.
- Grafik ve sözel verilerin bir arada kolay bir şekilde değerlendirilememesi.

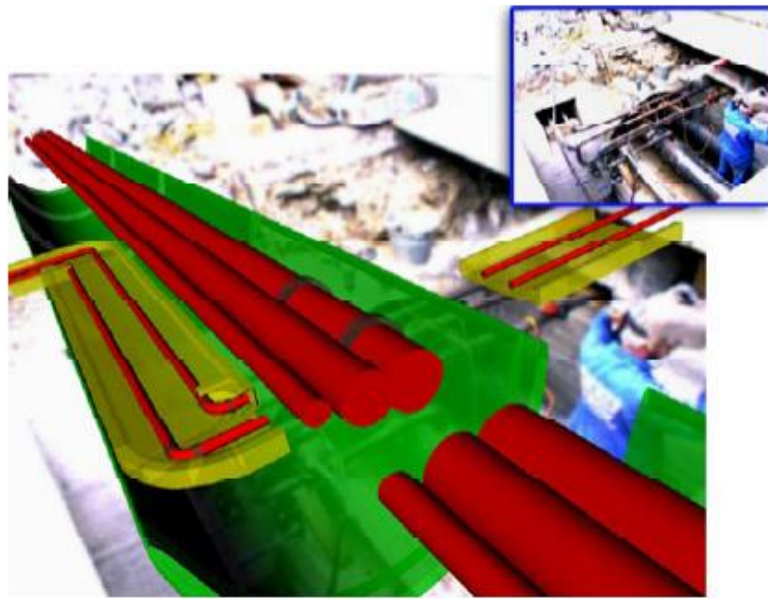
Altyapı bilgi sistemleri yönetiminde haritalar her zaman önemli bir araç olmuştur. Altyapı yatırımlarının planlanması, yatırımların gerçekleştirilmesi, bakım ve işletme faaliyetlerinin yürütülmesi gibi tüm aşamalarda çeşitli ölçekte, formatta ve içerikte haritalar kullanılmaktadır. Bununla birlikte altyapı bilgi sistemleri diğer sistemler ile entegre bir şekilde çalışabilmektedir. Altyapı bilgi sistemlerinin diğer sistemler ile entegre edilmesi sonucunda verinin daha kaliteli ve karar verme süreçlerinin daha hızlı hale gelmesini sağlamaktadır. Altyapı bilgi sistemleri ile entegre çalışarak verimliliği artıran sistemlerden bazıları; müşteri bilgi yönetim sistemi, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), bakım yönetim sistemi, çağrı merkezi ve saha işgücü yönetim sistemleridir (Küçükpehlivan, 2014).

2.2.1.2. Altyapı bilgi sistemi ve üç boyutlu görselleştirme

Son yıllarda teknolojiye yaşanan gelişmelerin etkisi ile kentlerin ekonomisi, sosyal ve kültürel hayatı, mimarisi gibi yönetsel süreçlerini etkileyecek çok yönlü bir değişime doğru gidilmektedir. Günümüzde bu değişimi anlatmak üzere “akıllı şehir” kavramı kullanılmaktadır. Artırılmış gerçeklik, giyilebilir teknoloji, bulut bilişim ve yapay zekâ gibi yenilikçi teknolojiler akıllı şehir uygulamalarına katkı sağlamaktadır. Akıllı şehir kavramının bir parçası olan altyapı (doğal gaz, elektrik, içme suyu, kanalizasyon

şebekeleri vb.) süreçlerinde de gelişen bu teknolojilerin kullanımı söz konusudur (Köseoğlu ve Demirci, 2018).

CBS ile depolanan veriler, sanal ve artırılmış gerçeklik ortamlarında doğrudan görselleştirilemez. Çünkü coğrafi referanslı verilerin üç boyutlu sahnelere dönüştürülmesi gerekmektedir (Schall vd., 2009). Sanal ve artırılmış gerçeklik ortamlarında altyapı şebekesini oluşturan verilerin, gerçek dünya şantiyesinde gerçek konumları ile görüntülenebilmesi için üç boyutlu modellerinin kazı alanı içerisinde ve bir arada görüntülenmesi sağlanmalıdır (Şekil 2.5).



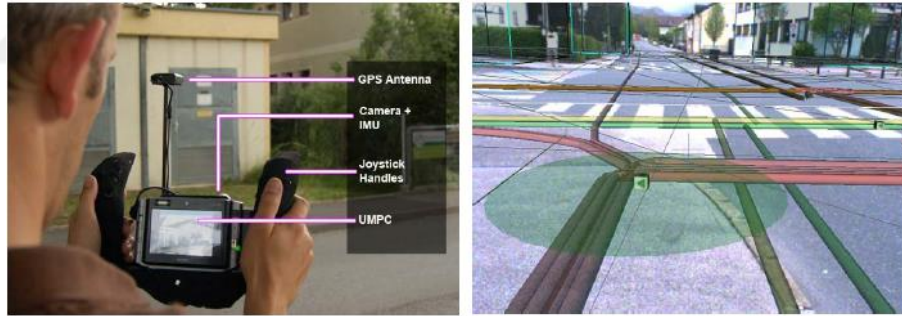
Şekil 2.5. Bir kazı sahasında üst üste görüntülenen üç boyutlu altyapı tesisi modeli (Schall vd., 2009)

Sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojisi ile mobil cihazlar üzerinden görüntülenecek CBS ortamında depolanan altyapı şebekesine ait iki boyutlu verilerin, geleneksel bir veritabanı sisteminden çıkarılıp, mobil cihaz üzerinde üç boyutlu görselleştirme olarak yorumlanması gerekmektedir. Büyük veri içeriğine sahip ortamların artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanılarak görselleştirilmesi için, üç boyutlu modellerin oluşturulması bir araştırma zorluğudur. Bunun için otomatik yöntemler, yarı otomatik veya manuel teknikler kullanılabilir. Bunlar arasında uydu görüntülerinden faydalanılarak üç boyutlu yeniden oluşturma, lazer mesafe bulucularla üç boyutlu görüntüleme ve

prosedür oluşturarak üç boyutlu modelleme teknikleri sayılabilir (Schall, Schmalstieg ve Junghanns 2010). Altyapı şebekesinin doğru modellerinin üretilmesi ve istenilen mobil cihazda görüntülenebilmesi için mevcut verilerin bulunduğu veri formatının uygun veri formatına dönüştürülmesi gibi başka tekniklere ihtiyaç vardır (Şekil 2.6). Coğrafi veritabanında bulunan veriler üç boyutlu modellenerek özel tarayıcılar sayesinde mobil cihazlarda görüntülenebilmektedir. (Şekil 2.7).



Şekil 2.6. İki boyutlu verilerin uygun formattaki üç boyutlu modele dönüştürülmesi (Schall, Schmalstieg ve Junghanns 2010)



Şekil 2.7. Altyapı verilerinin üç boyutlu görselleştirilmesi (Schall, Schmalstieg ve Junghanns 2010)

2.3. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Temel Kavramları

Çalışmanın bu bölümünde, tez konusu kapsamında yapılacak olan örnek çalışmanın temelini oluşturan artırılmış gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin ilgili olduğu sanal gerçeklik ve karma gerçeklik ile ilgili temel bilgilere yer verilecektir.

2.3.1. Artırılmış gerçeklik kavramı

Artırılmış gerçeklik, bir video kamera tarafından gerçek zamanlı olarak sağlanan gerçek sahneler sanal nesneler eklenmesini sağlayan insan-bilgisayar etkileşimi

yönetimidir (Ludwig ve Reimann, 2005). Göçmen, (2018) "Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları ile Yeni Medya Reklam Tasarımı" isimli makalesinde artırılmış gerçekliği, gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin bilgisayar tarafından üretilen ses, video, grafik ve global positioning system (GPS) verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünümü olarak tanımlamıştır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, 4 farklı çevre biriminin kombinasyonundan oluşmaktadır. Bu birimler; kamera, bilgisayar altyapısı, işaretleyici ve gerçek dünyadır (Çakal ve Eymirli, 2012, s.3). Artırılmış gerçeklik bu farklı dört birimin üç boyutlu olarak gerçek dünyada konumlandırılmasıdır. Artırılmış gerçeklik genellikle sanal gerçeklik ile karıştırılmakta ve genelde eğlence amaçlı bir araç olduğu düşünülmektedir. Ancak, son yıllarda artırılmış gerçeklik uygulamalarının verimliliği artırmak ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için çeşitli alanlarda kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Araştırmalar devam etse de artırılmış gerçeklik uygulamalarının; eğlence, eğitim, askeriye, navigasyon, endüstri ve elektrik hizmetleri için etkili bir araç olarak kullanıldığı kanıtlanmıştır. Artırılmış gerçeklik uygulamaları her alanda, kullanım, görüntüleme şekilleri, projeksiyon özellikleri gibi farklılıklar göstermektedir. Bu çeşitli kullanımların ve içeriklerin her birinde artırılmış gerçeklik büyük bir potansiyele sahiptir (Klinker vd., 1999'dan aktaran Kroll, 2018). Azuma vd., (2001) "Recent advances in augmented reality" isimli çalışmalarında bir artırılmış gerçeklik sistemini; gerçek dünyaya, gerçek dünya ile aynı alanda bir arada görünen sanal (bilgisayar tarafından üretilen) nesneler ile destek veren bir teknoloji olarak tanımlayarak, bir artırılmış gerçeklik sisteminin gerçek ve sanal nesneleri gerçek bir ortamda birleştirmesi, etkileşimli ve gerçek zamanlı olarak çalışması, gerçek ve sanal nesnelerin birbirlerine göre konumlandırılması özelliklerine sahip olması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Zlatanova, (2002) artırılmış gerçeklik teknolojisinin tanımı, prensipleri, sistemsel özellikleri, standartları ve uygulamaları gibi artırılmış gerçeklik teknolojisi ile ilgili detaylı bilgilerin bulunduğu "Augmented Reality Technology" isimli raporunda, artırılmış gerçeklik sistemlerinin amacını, gerçek dünyayı etkileşimli bir bilgisayar ortamı ile birleştirmek ve bu iki ortamı tek bir ortamda görüntülemek şeklinde açıklamıştır.

2.3.2. Sanal gerçeklik kavramı

Sanal gerçeklik, bilgisayar grafikleriyle üç boyutlu olarak oluşturulmuş, insanların içinde gezebildiği, farklı açılardan bakıp şekillendirebildiği bir deneyim olarak

tanımlanmaktadır (Rheingold, 1991'den aktaran Sürücü ve Başar, 2016). Sanal gerçeklik, bilgisayar yazılımı ve donanımı kullanarak kullanıcıya tamamen yapay dijital bir ortam sunmaktadır. Bir kullanıcının sanal gerçeklik ortamına girebilmesi için bilgisayar sisteminden girdi alan özel kulaklıklar, gözlükler takması gerekir. Sanal gerçeklik, gerçek bir modele dayalı veya tamamen üretilmiş bir dijital dünyayı esas almaktadır. Artırılmış gerçeklik ise, dijital bilgilerin gerçek dünyadaki bir ortamda harmanlanması ile oluşmaktadır. İki teknoloji arasındaki benzerlik, her ikisinin de bir deneyim oluşturmak için görsel ya da diğer duyuşsal simülasyonlar ile bilgi kaynaklarını programlamalarıdır. Benzerliklerine rağmen, en büyük fark, artırılmış gerçeklik ortamlarının gerçek dünya verileri ile programlanmasıdır. (Kipper ve Rampolla, 2012). Burdea ve Coiffet (2003) "Virtual Reality Technology" isimli kitaplarında sanal gerçekliği; gerçek görünümlü bir dünya yaratmak için bilgisayar grafikleri kullanılan bir simülasyon olarak tanımlamışlardır. Kullanıcı sanal gerçeklik uygulamalarında etrafındaki gerçek dünyayı göremez durumda tamamen sentetik bir ortam içerisinde. Bunun aksine, artırılmış gerçeklik ortamları kullanıcının gerçek dünyayı gerçek dünyayla birleştirilen sanal nesneler ile birlikte görmesine izin veren bir yapıdadır (Azuma, 1997). Höllerer ve Feiner (2004)'a göre sanal gerçeklik bir kişinin etkileşimli olarak deneyimleyebileceği ve keşfedebileceği yapay bir dünya yaratmaya çalışır. Ancak artırılmış gerçeklik ortamları tamamen yapay bir ortam yaratmak yerine gerçek dünyayı desteklemeyi ve gerçek dünyayı tamamlamayı amaçlamaktadır.

2.3.3. Karma gerçeklik kavramı

Karma gerçeklik, sanal ve artırılmış gerçeklik ortamlarının özelliklerini bir arada bulunduran etkileşimli ve gerçek zamanlı bir deneyim türüdür. Karma gerçeklik ve artırılmış gerçeklik arasındaki en önemli farklılık, karma gerçeklik ortamındaki kullanıcıların gerçek zamanlı olarak sanal objeler veya veriler ile etkileşim halinde olabilmeleridir (http-1). Karma gerçeklik ortamlarında kullanıcılar gerçek ortamlarına sanal nesneleri aktarabilir ve onlarla etkileşime geçebilirler. Karma gerçeklik ortamlarında kullanıcılar sanal nesneler ile gerçekçi deneyimler yaşayabilirler. Bir evin duvarlarından birinin televizyon, birinin görüşme, birinin ise akvaryum amaçlı kullanılabilmesi durumu karma gerçeklik ortamlarına örnek olarak verilebilir (http-2).

2.3.4. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin tarihsel gelişimi

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri insanların çevrelerini değiştirmeye ve iyileştirmeye yönelik yapmış oldukları erken girişimler, çevrelerindeki fiziksel nesneleri manipüle etmeyi içeriyordu. İnsanlar daha sonra bilgiyi sembolik olarak (mağara duvarlarında yapılan resimler, haritalar gibi) temsil etmeyi öğrendi. İnsanlık ve teknoloji ilerledikçe insanlar çevrelerini değiştirmelerinde onlara yardımcı olacak araçlar keşfetmeye ve yapmaya başladılar. Fikirler; resim, heykel, müzik, dans olarak ifade edilmeye başlandı. Haritalama teknolojisi gelişti ve göstergebilim alanı olgunlaştı. Tüm bu gelişmeler ışığında zaman ve mekân bağlantılı bilginin paylaşımı konusu ortaya çıktı. Böylece, belirli bir fiziksel alanda bir bilgiyi erişebilir kılmanın tek yolu, o bilgiyi temsil eden ya da içeren fiziksel eserler yaratmaktır. Örneğin, bir yoldaki hız sınırını belirtmek için, istenen bilgiyi içeren levhalar (işaretleyiciler) oluşturuldu. İlerleyen teknoloji ile ilgili yerde neler olduğuna bağlı olarak daha fazla bilgi verilebilmesi sağlandı. Örneğin, mevcut hız sınırı ile sürücünün hız sınırı bir arada verilebilen işaretleyiciler geliştirildi. Günümüz teknolojisine baktığımızda ise; yoldaki bir işaretleyici yalnızca hız sınırı ve sürücünün hızını iletmekle kalmamakta, aynı zamanda yasalara uyulup uyulmadığını ve sürücünün durumu ile ilgili bilgiler de vermektedir. Bu hız sınırı işaretleyicileri örneğine bakıldığında, odaklanması gereken en önemli nokta, belirli bir mekândaki belirli bir özelliğe ait bilgilerin iletilmelerini sağlamalarıdır (Craig, 2013).

Kipper ve Rampolla (2012) "Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR" isimli kitaplarında; artırılmış gerçeklik teknolojisinin 1960'lı yıllardan başlayarak 2000'li yıllara kadar olan gelişimini aktarmışlardır. Bilinen en eski simülasyon ve sanal gerçeklik deneyimi, 1962 yılında Morton Heiling tarafından görme, işitme, koklama ve dokunma duyularımıza hitap eden "Sensorama" isimli bir cihazın hayat bulması ile başlamıştır (Şekil 2.9). 1968 yılında Ivan Sutherland tarafından "The Sword of Damocles" (Demokles'in Kılıcı) isimli başa takılan ilk artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik sistemi oluşturulmuştur (Şekil 2.10).



Şekil 2.9. Sensorama (Kipper ve Rampolla, 2012)



Şekil 2.10. The Sword of Damocles (Kipper ve Rampolla, 2012)

1975 yılında, sanal gerçeklik ve etkileşimli sanatın öncülerinden biri olarak kabul edilen Myron Krueger, kullanıcıların ilk kez sanal nesneler ile etkileşime girmelerini sağlayan "Videoplace" isimli artırılmış gerçeklik sistemini oluşturmuştur (Şekil 2.11). 1992 yılında Boeing'in bilgisayar servislerinde artırılmış gerçeklik teknolojisini temel alan bir araştırma-geliştirme projesi yürütülmüştür. Bu projede Boeing'in üretim ve

mühendislik süreçlerinin nasıl daha kolay yürütülebileceği konusu çalışılmıştır ve bağlantı sürecindeki belirli kabloların nereye gitmeleri gerektiği konusunda konumlandırılmalarını sağlayan bir yazılım tasarlanmıştır. 2001 yılında farklı alanlarda artırılmış gerçeklik uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamaların başında Reitmayr ve Schmalstieg'in tasarladığı çok kullanıcı mobil artırılmış gerçeklik yazılımı gelmektedir. Bu tasarım, artırılmış gerçeklik teknolojisinin mobil olarak entegre edilebileceği ve kullanıcılar arasında sağlanan işbirliği kapasitesini ortaya koymuştur. Diğer bir çalışma; Vlahakis vd., tarafından turizm ve eğitim alanı için "Archeoguide" isimli bir artırılmış gerçeklik uygulaması olmuştur. Yine aynı yılda, Kooper ve Macintyre tarafından "The Real-World Wide Web (RWWW)" ilk artırılmış gerçeklik gerçeklik tarayıcısı geliştirilmiştir. 2004 yılında Mathias Möhring tarafından ilk üç boyutlu işaretleyicilerin izlenmesini sağlayan ve mobil telefonlarda kullanılan bir sistem geliştirilmiştir. Bu çalışma bireysel bir cep telefonunda kullanılabilen ilk video geçişli artırılmış gerçeklik tasarımı olmuştur.



Şekil 2.11. Videoplace (Kipper ve Rampolla, 2012)

2006 yılında Nokia mobil artırılmış gerçeklik projesini (MARA) başlatmıştır. Ortaya konulan prototip uygulaması ile kullanıcılara gerçek zamanlı olarak grafik ve metin içeriklerini içeren görüntü akışı sunuldu. 2008 yılında Mobilizy, artırılmış gerçeklik ile birlikte "Wikitude World Browser" çalışmalarını başlattı. Bu uygulama GPS ve Wikipedia verilerini birleştirmekte ve bir akıllı telefonun gerçek zamanlı kamera

görüntüsüne ilişkin bilgeleri paylaşmaktadır. 2009 yılına gelindiğinde SPRXmobile Layar'ı piyasaya sürmüştür. Layar, GPS ve kayıt edilen verileri bir arada sunan diğer bir artırılmış gerçeklik uygulamasıdır.

Artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak geliştirilen uygulamalar için henüz geliştirmeler ve keşifler devam etse de, birçok alanda kullanımı hızlı bir şekilde yaygınlaşmaya devam etmektedir. Artırılmış gerçeklik sistemlerinin en eskisi GPS verilerini esas alarak hazırlanan ortama içerik ekleyen basit uygulamalardır. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesi sürecine bakıldığında, kullanılan araçlar ve yazılımlar; mekânsal, iki boyutlu ve üç boyutlu artırılmış gerçeklik sistemleri olarak üç temel ana kategoride gelişmiştir (Curran, 2016). Şekil 2.12 de artırılmış gerçeklik sistemlerinin geliştirilmesinde yer alan temel kategori aşamaları yer almaktadır.



Şekil 2.12. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin temel kategorileri (Curran, 2016)

Mekânsal artırılmış gerçeklik, gerçek zamanlı olarak gerçek dünya verileri üzerine grafiksel kaplamalar ekleyen sistemlerdir. Bu sistemler, konum tabanlı artırılmış gerçeklik sistemleri olarak da adlandırılmaktadır. Akıllı telefonlar içerisinde bulunan GPS özelliklerinin gelişmesi ile orantılı olarak geliştirilmişlerdir. Günümüzde GPS tabanlı artırılmış gerçeklik uygulamaları geliştirmek için Layar ve Wikitude gibi birçok çözüm ve yazılım geliştirme kiti (SDK) mevcuttur. Geliştiriciler bu araçları kullanarak, GPS koordinatı eşleşen bir dosya tanımlayabilmektedirler. Mobil bir cihaz ile belirli bir GPS konumuna yaklaşıldığında, ilgilenilen noktalara karşılık gelen veriler mobil cihaza yüklenmekte ve uygulama üzerinde görüntülenebilmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında bir sonraki geliştirme aşaması, iki boyutlu objelerin kameradan tanınmasını içermektedir. İki boyutlu artırılmış gerçeklik uygulamalarında, belirlenen

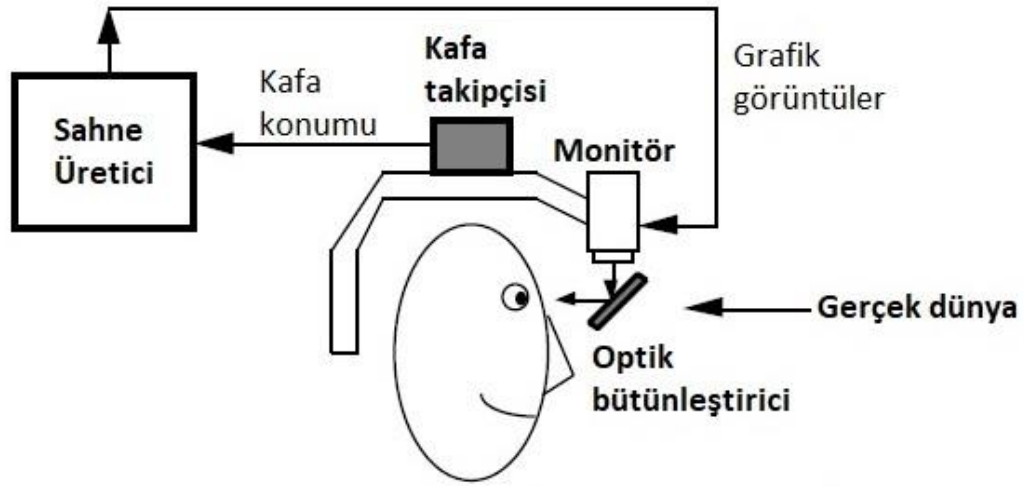
çerçeve içerisinde daha önceden tanımlanan bir videonun oynatılması, bir web sitesine gidilmesi ya da üç boyutlu bir modelin görüntülenmesi söz konusudur. Bu uygulamalarda, nesnenin görüntülenmesi için bir işaretleyici ya da görüntü tanıma teknolojisi devreye girmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında son geliştirme aşaması ise üç boyutlu artırılmış gerçeklik sistemleridir. Bu sistemler artırılmış gerçeklik teknolojisinin geleceğini oluşturmaktadır. Üç boyutlu artırılmış gerçeklik sistemleri ile bakım ve onarım faaliyetleri yürüten çalışanlara, gerçek zamanlı olarak talimatları takip etmesi, bir sonraki aşamada yapacağı çalışmalar için üç boyutlu görseller ve videolar ile hangi adımları izleyeceği gösterilebilmektedir (Curran, 2016).

Günümüz teknolojinin sunduğu imkânlar ile geliştirilen artırılmış gerçeklik uygulamaları hızla artmaktadır. Mobil platformlardaki son gelişmeler, sayısal verilerin depolanmasında yaşanan gelişmeler, kablosuz geniş bant iletişiminin yaygınlaşması, akıllı telefonların kitlesel kullanımı ve internette depolanabilen sınırsız veriler artırılmış gerçeklik teknolojisinin pratik kullanımındaki engellerin ortadan kalkmasına ve bu teknolojinin giderek artan oranda yaygınlaşmasına neden olacaktır (http-3).

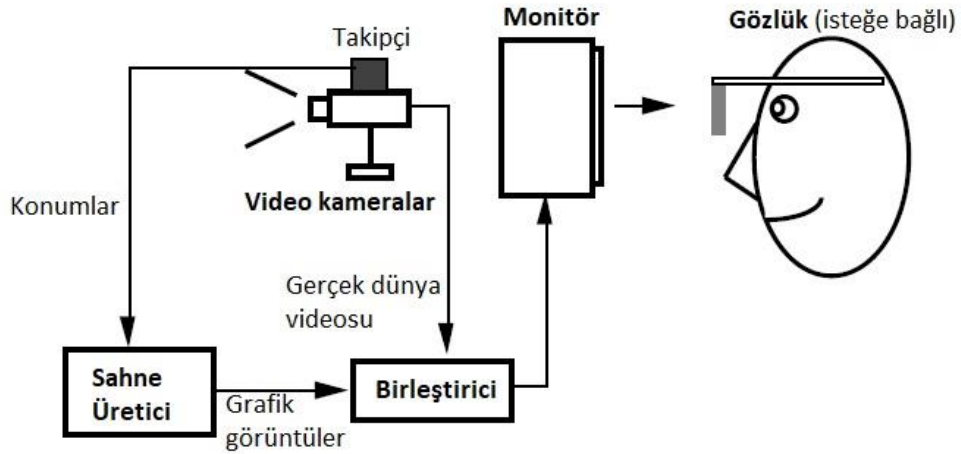
2.3.5. Artırılmış gerçeklik teknolojisi

Bir artırılmış gerçeklik sistemi tasarımında temel olan gerçekliğin ve sanallığın nasıl bir araya getirileceği konusudur. Bu konuda, Azuma'ya (1997) göre iki temel seçenek bulunmaktadır. Bunlar; Şekil 2.13 ve 2.14'te bulunan optik ve video temelli teknolojilerdir. Somyürek (2014), optik ve video temelli artırılmış gerçeklik sistemlerini aşağıdaki şekilde açıklamıştır:

Optik temelli sistemler, kullanıcının başına yerleştirdiği ve gözlük şeklinde taktığı cihazlar aracılığıyla, kullanıcının gerçek dünyayı sanal dünya ile birlikte görmesini sağlamaktadır. Şeffaf lenslerden oluşan gözlükler bir yandan kullanıcının gerçek dünyayı gözlemlemesine izin verirken, diğer yandan bu optik lenslerde oluşturduğu yarı geçirgen görüntülerle sanal dünyadan verileri kullanıcıya sunmaktadır. Video temelli sistemlerde ise video kameralar kullanılır. Gerçek dünyadaki görüntüleri içeren bu kameralardaki videolar ile sanal dünyada oluşturulan görsel imajlar, sahne üretici bir bilgisayar tarafından bütünleştirilir. Böylece, kullanıcı bilgisayar ekranına baktığında, gerçek dünya ile sanal dünyayı bütünleştiren sanal bir sahne ile karşılaşır.



Şekil 2.13. Optik temelli bir artırılmış gerçeklik sisteminin kavramsal diyagramı (Azuma, 1997)



Şekil 2.14. Video temelli bir artırılmış gerçeklik sisteminin kavramsal diyagramı (Azuma, 1997)

Artırılmış gerçeklik sistemleri kullandıkları teknolojik altyapıya göre konum tabanlı ve resim tabanlı olmak üzere iki kategori altında toplanmaktadır (Cheng ve Tsai, 2013'den aktaran Sırakaya ve Seferoğlu, 2016). Konum tabanlı artırılmış gerçeklik sistemleri, kullanıcının konumuna dayalı olarak bulunduğu alanın GPS ile tespit edilmesi ve sanal verilerin üzerine eklenmesi ile oluşturulur. Şekil 2.15'te konum tabanlı bir artırılmış gerçeklik uygulama görüntüsü verilmiştir. Resim tabanlı artırılmış gerçeklik sistemleri ise, gerçek dünya görüntüsü üzerine sanal grafiklerin eklenmesi temeline dayanır (Sırakaya, 2016). Resim tabanlı bir artırılmış gerçeklik uygulaması örneği Şekil

2.16’da verilmiştir. Resim tabanlı artırılmış gerçeklik sistemleri, gerçek görüntü üzerinde konumlandırılacak olan sanal nesnenin görüntüleneceği yere göre işaretçi tabanlı ve işaretçi tabanlı olmayan sistemler olarak ikiye ayrılır. İşaretçi tabanlı sistemlerde sanal nesnenin gösterileceği bölge, sisteme daha önceden tanıtılan işaretçi referans alınarak belirlenir. İşaretçi tabanlı olmayan sistemlerde ise modelin gösterileceği bölge sabit değildir (Sırakaya ve Seferoğlu, 2016).



Şekil 2.15. Konum tabanlı artırılmış gerçeklik uygulaması (http-4)

Günümüzde akıllı telefonlar ve tabletlerde bulunan GPS özelliği ile bulunan konumun belirlenmesi çok kolay bir hale gelmiştir. Konum tabanlı artırılmış gerçeklik teknolojisinin, akıllı telefonlar ve tabletlerde kullanımının yaygınlaşması ile birlikte GPS’in pusula ve hız ölçüm modülleri kullanılarak konum belirlenmekte, daha sonra konumu belirlenen nesne üzerinde kamera aracılığı ile konum tarayıcılarına aktarmaktadır. En çok kullanılan konum tarayıcısı WIKITUDE AR uygulamasıdır (Kaleci, Demirel ve Akkuş, 2016).



Şekil 2.16. Resim tabanlı artırılmış gerçeklik uygulaması (http-5)

2.3.6. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin altyapısı

Çalışmanın bu bölümünde, artırılmış gerçeklik ortamlarının sahip olduğu teknolojik özelliklerin hem donanım hem de yazılım araçları bakımından değerlendirilmesi ile ilgili bilgilere ve gelişmelere yer verilmiştir.

2.3.6.1. Donanım altyapısı

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanılabilmesi için üç temel bileşene ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar; algılayıcılar, işlemciler ve ekranlardır. Algılayıcılar, artırılmış gerçeklik uygulamasının gerçek dünya ile iletişimi sağlamaktadır. Algılayıcılar tarafından edinilen bilgi; konum, sıcaklık, ışık düzeyi gibi farklı birçok veriyi içermektedir. İşlemciler, artırılmış gerçeklik uygulamalarının en temel bileşeni olarak artırılmış gerçeklik ortamının beyni görevini üstlenmektedir. Ekranlar ise artırılmış gerçeklik ortamlarının sinyaller ile edindiği tüm bilgilerin görüntülenmesini sağlayan araçlardır (Craig, 2013'den aktaran Altınpulluk, 2015). İçten ve Bal (2017), bu temel bileşenleri aşağıdaki şekilde örneklendirmişlerdir.

- Algılayıcılar: Kaliteli bir kamera, GPS ve internet (konum ve web tabanlı artırılmış gerçeklik), dijital pusula, navigasyon, ivmeölçer (konum ve hareket tabanlı artırılmış gerçeklik).
- İşlemciler: Mobil donanımlar, bilgisayarlar.
- Görüntüleyiciler: Kullanılan donanım ekranları (bilgisayar, mobil cihazlar, tablet ekranları).

Artırılmış gerçeklik uygulamalarında üç boyutlu olarak tasarlanan modellerin gerçek zamanlı olarak bulunulan alanda görüntülenebilmesi için yüksek performanslı bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin daha çok mobil uygulamalar için geliştirildiği düşünülürse, artırılmış gerçeklik çalışmaları için en önemli sınırlayıcının donanım olduğu kabul edilebilir (Çakal ve Eymirli, 2012).

2.3.6.2. Yazılım altyapısı

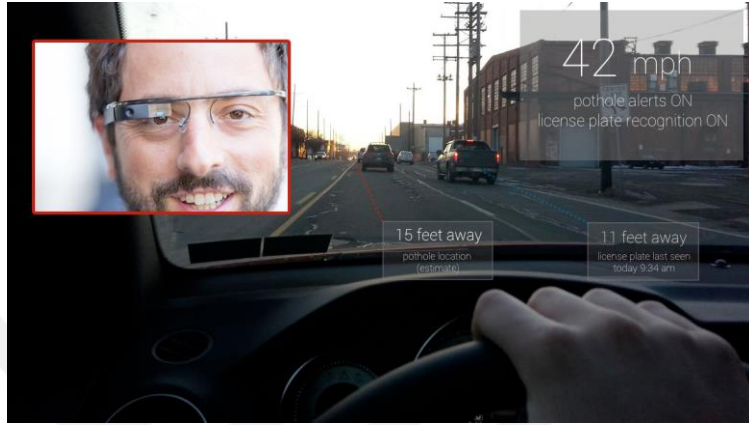
Artırılmış gerçeklik uygulamalarında sanal ve gerçek ortamın bir arada görüntülenmesini sağlayacak bir ara yüzey gerekmektedir. Bu ara yüzey de genellikle yazılım firmalarının kendi geliştirmiş oldukları yazılım paketleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Genel olarak bu yazılımlar; modelleme aracı, marker üretim aracı,

performans artırıcı motor aracı, mobil uygulama aracı ve web ara yüzey aracı gibi çeşitli kolaylıklar sağlayan araçlarla birlikte tasarlanmaktadır (Çakal ve Eymirli, 2012). Artırılmış gerçeklik teknolojilerinde, gerçek dünya verileri ile birleştirilerek görüntülenecek olan üç boyutlu nesneler, animasyonlar, illüstrasyonlar hazırlandıktan sonra artırılmış gerçeklik stüdyo programları kullanılarak artırılmış gerçeklik ortamları oluşturulur. Bu programlar üç boyutlu tasarlanan nesnelerin hangi durumlarda yükleneceğini belirleyen programlardır (Ömerali, 2018). Artırılmış gerçeklik birçok farklı uygulama yazılımı ile geliştirilebilmektedir. Burada önemli olan nokta, yazılımların mobil giyilebilir cihazlar, akıllı telefonlar veya masaüstü bilgisayarlar ile uyumlu olması gerekmektedir (Kaleci, Demirel ve Akkuş, 2016). Bu yazılım araçlarının bazıları ücretsiz bazıları da ücretli yazılımlardır. Ücretli yazılım geliştirme araçlarına; Wikitude, Layar, Kudan, FaceSDK, ücretsiz yazılım geliştirme araçlarına; ARToolKit, SLARToolKit, FLARToolKit, OsgART, Droid AR örnek verilebilir (İçten ve Bal, 2017).

2.3.6.3. Yazılım ve donanım altyapısındaki gelişmeler

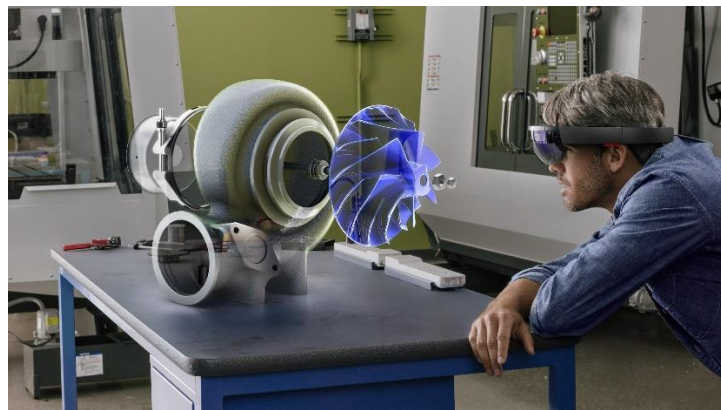
Günümüzde teknoloji alanında yaşanan gelişmeler ışığında, konum belirleyici sistemler mobil cihazlar üzerinde bulunmakta ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının ihtiyaç duyduğu konum bilgisine mobil cihazlar ile kolaylıkla ulaşılabilir. Konum verisine erişimin kolaylaşmasının sağladığı avantajlar ile artırılmış gerçeklik uygulamalarında ilerlemeler yaşanmıştır. 2008 yılında Avusturya'da kurulan Mobilizy firması tarafından konum tabanlı artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesini sağlayan Wikitude adlı bir kütüphane geliştirilmiştir. 2009 yılında ise Hollanda'da kurulan Sprxmobile firması, konum tabanlı artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesini sağlayan bir diğer kütüphaneyi geliştirmiş ve "Layar" isimli bir uygulamayı mobil artırılmış gerçeklik tarayıcısı olarak tanıtmışlardır. Bu uygulama Android ve iOS gibi mobil platformlarda çalışmakta ve kullanılan cihazın konum bilgisi, kamera, pusula, ivmeölçer gibi özelliklerini kullanarak, kullanıcının bulunduğu alandaki satılık evler, en yakın durak bilgileri gibi verilere ulaşımını sağlamaktadır. Aynı yıl, artırılmış gerçeklik teknolojisinin web tarayıcılarına da desteğini sağlayan ve "FLARToolKit" isimli ilk Adobe Flash tabanlı artırılmış gerçeklik kütüphanesi geliştirilmiştir. Son yıllarda ise giyilebilir teknolojiler olarak akıllı gözlükler ve akıllı saatler üzerinde çalışan artırılmış gerçeklik uygulamaları piyasaya sürülmektedir. Bu konuda Google tarafından geliştirilen "Google Glass" isimli giyilebilir artırılmış gerçeklik

gözlüğü; kamera, mikrofon, pusula, ivmeölçer, internete bağlanma, wi-fi ve bluetooth ile akıllı telefonlara bağlanma, ses komutları ile kontrol edilebilme, fotoğraf çekebilme, video kaydedilme ve GPS özelliği gibi birçok özelliği üzerinde barındırmaktadır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Google Glass (Somyürek, 2014)

2015 yılında Microsoft, Windows 10 işletim sistemi ile çalışan "HoloLens" isimli yüksek çözünürlüklü holografik görüntüler oluşturan ve bu görüntüler ile etkileşime giren artırılmış gerçeklik gözlüğünü geliştirmiştir (Akbaş ve Güngör, 2017). Hololens kullanımı ile ilgili örnek Şekil 2.18’de verilmiştir.



Şekil 2.18. HoloLens (http-6)

2018 yılında Magic Leap firması, "Magic Leap One" isimli artırılmış gerçeklik gözlüklerini piyasaya sürmüştür (Şekil 2.19). Bu gözlüklerde kullanılan teknolojik altyapı

çevremizde bulunan yüzeyleri, objeleri algılayabilmektedir. Bu sayede üç boyutlu üretilen görseller, animasyonlar gerçek dünya ile etkileşime geçebilmektedir. Bununla birlikte, bu gözlük gerçek dünyada duyulan ses kalitesini aynı şekilde hissettirebilecek teknolojiye sahiptir (Sertalp, 2018).



Şekil 2.19. Magic Leap One (Sertalp, 2018)

2.3.7. Sanal ve artırılmış gerçeklik uygulama alanları

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak yapılan tüm uygulamalar; sunum ve görselleştirme, sanayi ve eğitici eğlence olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır (Ludwing ve Reimann, 2005’den aktaran Özel ve Uluyol, 2016). Bu alanlara ek olarak, eğlence sanayi, oyun endüstrisi, gezi ve turizm endüstrisi, pazarlama, çevrimiçi sosyal ağlar ve günlük yaşamda kullanım ile eğitimde kullanımı önerilmiştir. (Hamilton, 2011; Özel ve Uluyol, 2016). Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin uygulama alanlarından bazıları aşağıda özetlenmiştir.

- **Eğitim:** Erbaş ve Demirer (2014) "Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Google Glass Örneği" isimli çalışmalarında; artırılmış gerçeklik uygulamalarının, öğrencilerin bulundukları gerçek dünya ile öğrenme ortamlarını birleştirerek sorunsuz bir şekilde öğrenilen bilgi ve becerinin uygulanmasına olanak sağladığını belirtmişlerdir. Artırılmış gerçeklik uygulamaları öğretim alanlarında kullanıldığında, öğrencilerin ilgi ve dikkatini derse çekerek öğrenilmesi zor olan sistemlerin ya da objelerin farklı açılardan görünümünü sağlayarak öğrenimi kolaylaştırmaktadır (Hsiao ve Rashvand, 2011’den aktaran İbili ve Şahin, 2013). Somyürek (2014) tarafından kullanıcıların kendi hikâyelerini oluşturarak, üç boyutlu nesneleri dijital kitaplara yerleştirebildikleri kitap

oluşturma yazılımları olduğu aktarılmıştır. Örnek olarak, ZooBurst uygulaması verilebilir (Şekil 2.20).

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri; kitaplara üçüncü bir boyut kazandırma, bilişsel beceri gerektiren görevler hakkında eğitim verme, fen bilimleri alanında kavramlardaki ilişkiyi üç boyutlu gösterme, matematik ve geometri dersinde kavramları ve uzamsal ilişkileri gösterme gibi farklı eğitim alanlarında farklı şekillerde uygulanmaktadır (Somyürek, 2014'den aktaran Arslan ve Elibol, 2015).



Şekil 2.20. Üç boyutlu kitap oluşturan yazılım örneği, ZooBurst (Somyürek, 2014)

- Askeri uygulamalar: Livingston vd., (2002) askeri uygulamalarda neden artırılmış gerçeklik teknolojilerine ihtiyaç duyulduğunu özetlemişlerdir. Araştırmacılara göre, askeri uygulamalar zorlu ve karmaşık çevre koşullarında gerçekleşmektedir. Bulunulan çevre doğası gereği üç boyutludur ve birçok riski barındırabilir. Örneğin, dar sokaklar görüş alanını kısıtlar ve grup etkinliklerini koordine etmeyi zorlaştırır. Hasarlı bir bina, yıkılarak bir caddeyi molozla doldurabilir ve yolu geçilmez bir hale getirebilir. Bu ve bunun gibi risk barındıran ortamlarda askeri faaliyetlerin yürütülebilmesi için bir dizi araştırma sonucu, elde taşınabilir haritalar veya kafaya monte edilmiş ekranlar geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemlerin, kullanıcının görüş alanının belirsiz olması, çevre ile entegrasyonun bulunmaması gibi bir takım sınırlamaları mevcuttur. Çalışmada geliştirilen artırılmış gerçeklik ortamının "Battlefield Augmented Reality System (BARS)" çevre ile uyumlu bir şekilde çalışması, kullanıcının etkin ve verimli bir ara yüz

ile verileri görüntülemesi gibi özellikleri sayesinde askeri uygulamalara birçok katkısı bulunmaktadır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. BARS prototipine ait bir görüntü (Livingston vd., 2002)

- Arkeoloji: Artırılmış gerçeklik teknolojileri ile bir arkeolojik alanın üç boyutlu görsel verileri mobil cihazlar üzerinde izlenebilmekte, bir antik kentin kaybolan bölümlerinin zenginleştirilmiş görüntüleri oluşturularak GPS bağlantısı ile yerinde inceleme yapılabilmektedir (http-7). Vlahakis vd., (2002) tarafından artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılarak geliştirilen "Archeoguide" isimli uygulama, kültürel mirasların gezisi sırasında kullanıcılara rehberlik etmekle birlikte, arkeolojik verilerin toplanmasını, kullanılmasını ve güncellenmesini sağlamaktadır (Şekil 2.22).



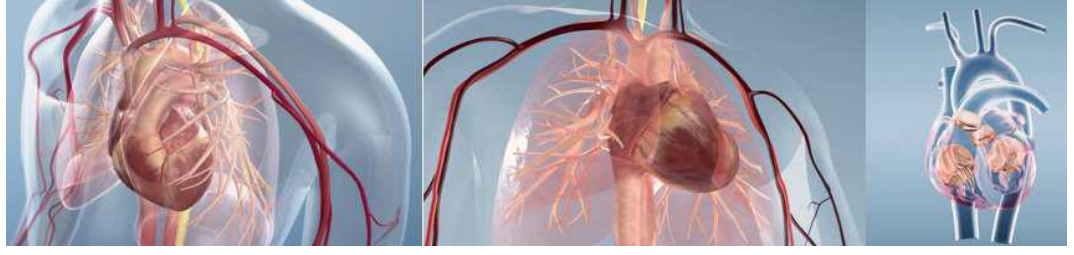
Şekil 2.22. Archeoguide ile yapılan bir uygulama (Vlahakis vd., 2004'den aktaran Sürücü, 2016)

- **Turizm ve gezi:** Turizm alanında uygulanan artırılmış gerçeklik teknolojileri, kullanıcıların hareket halindeyken bilgi akışını sağlayabileceği ortamlar oluşturmaktadır. Bu uygulamalar içerdikleri özellikleri sayesinde turistlerin gezileri ile ilgili bilgilere kesintisiz ve her yerde erişebilmelerine imkân tanımaktadır. Bununla birlikte, mobil cihazlar üzerinde geliştirilen artırılmış gerçeklik uygulamaları konum bilgisi ile birlikte, bulunulan ortamdaki seyahat bilgilerinin filtrelenebilmesi sağlayarak turistlerin ihtiyaçlarına göre uyarlanabilmektedir (Özgüneş ve Bozok, 2017). Sertalp'e (2018) göre, tarihi ören yerlerinin ve müzelerin tanıtımı amacıyla artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımı, ziyaretçilere içinde bulundukları yerin ve içindeki yapıların geçmişten günümüze gelemeyen parça ya da kısımlarını görme imkânı sağlayacaktır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Turistlere yer ve mesafe gösteren artırılmış gerçeklik uygulamaları (Özgüneş ve Bozok, 2017)

- **Sağlık:** Sağlık alanında geliştirilmiş olan birçok artırılmış gerçeklik uygulaması bulunmaktadır. Bu uygulamalar sanal üç boyutlu hasta modeli oluşturmakta ve gerçek hasta verileri ile bütünleşerek ameliyat yapan doktora yardımcı olmaktadır. Ayrıca, kalp atışı, nabız gibi gerçek hasta verileri ile çalışan artırılmış gerçeklik uygulamaları tıp eğitimi alan stajyerlere etkili bir eğitim kaynağı olmaktadır (Somyürek, 2014). Arslan ve Elibol (2015) tarafından yapılan çalışmada, "ERC AR Heart" isimli bir artırılmış gerçeklik uygulamasının bir kâğıt işaretleyici üzerinde çalıştığı ve kalbin yapısının çeşitli açılardan görülmesini sağlayarak kalbin çalışma şekli hakkında bilgi verdiği paylaşılmıştır (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. ERC AR Heart uygulaması (Arslan ve Elibol, 2015)

Mevcut durumda insan anatomisinin tüm detaylarını üç boyutlu görselleştiren artırılmış gerçeklik uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde, tıp eğitimi ile ilgili bilgilere istenilen yerde istenilen zamanda detaylı animasyonlar ve insan vücudunun birebir tüm detaylarına sahip üç boyutlu modeller ile erişilebilmektedir. Sağlık alanında kullanılan bir diğer artırılmış gerçeklik ortamı ise, kan damarının konumlarının deri üzerine yansıtılmasını sağlayan cihaz ile enjeksiyon sırasında yaşanan damar bulamama veya yanlış yere iğne yapma gibi konuları en aza indiren bir uygulamadır (http-8).

- Bakım ve montaj: Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile bakım/onarım ve montaj çalışmaları mobil cihazlar üzerinden yürütülebilmektedir. Arıza durumlarında, artırılmış gerçeklik uygulamaları makinenin sorununu görsel olarak göstermekte ve kullanıcıya hız kazandırmaktadır. Fabrika ve depo çalışanlarının yanı sıra sahada görevli personellerin gerçekleştirmekte olduğu bakım veya onarım faaliyetlerinde artırılmış gerçeklik teknolojisi bulunduran mobil cihazlar ile bilgiye erişim sağlanarak, iş akışı düzenlenebilmektedir. Boeing, BMW ve Volkswagen imalat ve montaj süreçlerini iyileştirmek için montaj hattında artırılmış gerçeklik uygulamalarını kullanmaktadırlar (Karapınar, 2018). Bakım ve onarım çalışmalarında kullanılan bir artırılmış gerçeklik uygulaması örneği Şekil 2.25'te verilmiştir.



Şekil 2.25. Bakım ve onarım çalışmalarında artırılmış gerçeklik uygulaması (Karapınar, 2018)

• Reklam ve pazarlama: Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile 360 derece pazarlama entegrasyonu sağlanmaktadır. Reklam filmlerinde gerçek ürün görüntüleriyle sanal görüntülerin birleştirilmesi, reklamı güzel, beğenilir ve çekici kılmakla birlikte, aynı zamanda az zamanda daha fazla bilgi verici ve etkileyici hale getirmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamaları, farklı reklam ortamlarının birleşik ve eşzamanlı kullanımını sağlamaktadır (Uğur ve Apaydın, 2014). Küçüksaraç ve Sayımer (2016) tarafından artırılmış gerçeklik uygulamalarının pazarlama sektöründeki kullanımı ile ilgili yapılan bir araştırma çalışmasında, artırılmış gerçeklik teknolojileri içeren reklam ve pazarlama uygulamalarında zaman ve mekândan bağımsız bir şekilde ürünü satın almadan önce ürünle ilgili bilgi alınabildiği, ürününün deneyimlenebildiği ve ürünün satın alınabildiği aktarılmaktadır (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. IKEA'nın artırılmış gerçeklik mobil uygulaması (Küçüksaraç ve Sayımer, 2016)

- Mimari ve inşaat: Mimari ve inşaat alanı birçok konum, yer ve üç boyutlu görselleştirme bilgisine ihtiyaç duymaktadır. İnşa edilmesi düşünülen yapının gerçek alanda nasıl görüneceği sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile üç boyutlu olarak konum bazlı görüntülenebilir (Şekil 2.27). Mimari alanda geliştirilen "Arthur" isimli artırılmış gerçeklik uygulaması, gerçek dünya ve sanal dünya arasında ilişki kurulmasını sağlayarak üç boyutlu nesneler ile sanal bir çalışma ortamı yaratmaktadır (http-9). Arthur uygulaması ile ilgili örnek bir çalışma Şekil 2.28’de verilmiştir.



Şekil 2.27. İnşaat projesi artırılmış gerçeklik uygulaması (Kivrak ve Arslan, 2017)



Şekil 2.28. Arthur uygulaması (http-10)

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları bir inşaat işinde görülmeyen nesnelerin proje bilgi sisteminde belirlenip gösterilmesini sağlamakta, böylelikle daha

etkin ve verimli çalışmayı sağlamaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak, duvar içinde kalan boruların artırılmış gerçeklik ortamı içeren özel gözlükler yardımıyla görünür hale getirilmesi, bir makete ihtiyaç duyulmadan üç boyutlu analizler yapılabilmesi verilebilir (A. E. Keleş ve M. K. Keleş, 2018).

2.3.8. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde konumsal bilginin yeri

Bilgisayar bilimlerinde büyük miktarda verinin depolanması ve işlenmesi ile ilgili son yıllarda artarak devam eden teknolojik gelişmeler (Lidar, fotogrametri ve uzaktan algılama) üç boyutlu görselleştirme çalışmalarında etkileyici gelişmelere yol açmıştır. Üç boyutlu modeller; çevresel modelleme, risk yönetimi, şehir planlama, kentsel görselleştirme, iç mekan navigasyonu, öğretim gibi çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Häberling vd., 2008'den aktaran Neuville vd., 2016). İki boyutlu ortamlardan farklı olarak üç boyutlu haritalar; perspektif çarpıtmalar, aynı sahnede sonsuz sayıda ölçek gibi yeni geometrik özellikleri sunar. Bu özellikler coğrafi bir alanın mekânsal anlayışının gelişmesine katkıda bulunur (Jobst ve Döllner, 2008'den aktaran Neuville vd., 2016). Üç boyutlu görselleştirme tekniklerinde yaşanan gelişmelere ek olarak, mekânsal verilerin gerçeklik-sanallık sürekliliğine dâhil edilmesi ile konumsal bilginin sanallıktan, gerçekliğe ve karma gerçekliğe kadar taşınması sağlanmıştır. Bu nedenle, üç boyutlu mekânsal verilerin görselleştirilmesi yalnızca üç boyutlu kartografiyi değil, aynı zamanda bu verileri içeren üç boyutlu artırılmış gerçeklik ortamlarını, sanal gerçeklik uygulamalarını da ilgilendirmektedir. Üç boyutlu coğrafi görselleştirme olarak adlandırılan bu teknoloji, mekânsal verilerin görsel keşif, analiz, sentez ve sunumu için teori, yöntem ve araçlar sağlayan bir alandır (MacEachren ve Kraak, 2001'den aktaran Neuville vd., 2016).

Rao vd., (2017), coğrafi görselleştirmeyi, gerçek coğrafi dünyayı görsel araçlarla tanımlamanın etkili bir yolu olduğunu aktarmakta ve bu sayede karmaşık coğrafi veri ve bilgileri sezgisel ve anlaşılması kolay hale getiren bir ortam olarak tanımlamaktadırlar. Roth vd., (2008) ise, coğrafi görselleştirmeyi, karmaşık coğrafi modeller ve süreçler hakkında görsel düşünmeyi hızlandırmak için coğrafi referanslı bilgi grafiklerinin etkileşimli olarak araştırılmasını içeren bir teknoloji olarak tanımlamaktadırlar.

Artırılmış gerçeklik ortamları çok sayıda farklı teknolojiyi bir araya getirmektedir. Artırılmış gerçeklik teknolojisi mekânsal veriler ile birebir ilişkili olduğundan, CBS ve

GPS araçları artırılmış gerçeklik ortamlarının birer parçasıdır. CBS, mekânsal verileri analiz etme, saklama, işleme ve görüntüleme yeteneği sunmaktadır. Ancak, CBS üzerindeki veriler yerel olarak bilgisayar ekranlarında veya mobil cihazlarda görüntülenmekte, gerçek dünyaya veya gerçek dünya nesneleri ile etkileşim kurmamaktadır. GPS ise, konum izleme amaçlı kullanılan bir teknolojidir. Bu özelliği ile artırılmış gerçeklik ortamları için teknoloji desteği sağlamaktadır. Çoğu insan ilk bakışta GPS uygulamalarını artırılmış gerçeklik uygulaması olarak yorumlamaktadır. Ancak artırılmış gerçeklik ortamlarında farklı olarak, gerçek konum bilgisi sanal bir harita ekranı üzerinde değil, gerçek dünya verileri üzerinde görüntülenmektedir. Örneğin, bulunan sokak konumunun üzerinde sanal olarak oluşturulmuş yön gösteren bir nesnenin gerçek veriler üzerinde görüntülenmesi özelliğine sahip bir artırılmış gerçeklik ortamı, GPS verisinden yararlanmakta ancak tamamen bir GPS uygulaması olarak çalışmamaktadır (Craig, 2013).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, özellikle dış mekânlara uygulandığında coğrafi verileri ve bilgileri dış mekân coğrafi ortamında daha doğru ve sezgisel bir şekilde görselleştirmek için yeni fırsatlar sunar. Mevcut birçok artırılmış gerçeklik yöntemi ve uygulaması görsel referans işaretlerine dayanmaktadır. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında kullanılan bu yöntem kontrollü bir ortam ve önceden işaretçilerin yerleştirilmesini gerektirir. Bu nedenle dış mekân coğrafi ortamlarında artırılmış gerçeklik uygulamaları söz konusu olduğunda, dış mekânın işaretçiler ile kaplanması pratik bir uygulama değildir. Çoğu dış mekân artırılmış gerçeklik uygulamalarının yönetiminde ve uygulanmasında, kullanıcıların ve coğrafi nesnelerin göreceli mesafelerini ve yönlerini elde etmek için GPS alıcısı, atalet sensörleri, mekanik sensörler kullanılır. Ancak, bu sistemler GPS hassasiyetinde bozulma, atalet ve mekanik sensörlerde sapma ve bozulma gibi birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Artırılmış gerçeklik teknolojisindeki araştırmaların temel bir alanı olan vizyon temelli doğal özellik tespiti, nesne özelliklerinin sınıflandırılması ve lokasyon bilgisinin kontrolsüz ortamlardan çıkarılmasını sağlamakta ve dış mekân artırılmış gerçeklik uygulamalarında konum ve yön bilgisinin algılanmasını ve izlenmesini sağlamaktadır (Rao vd., 2017).

2.3.9. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında konumsal bilginin izlenmesi

Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile geliştirilen uygulamalarda konumsal bilgi ile birlikte hareketin de izlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle kullanıcının kafasına yerleştirilen ya da isteğe bağlı olarak farklı kontrol noktalarında kullanılacak olan mobil cihazların hareketinin izlenmesi ve tespit edilebilmesi için belirli tekniklerin uygulanması gerekmektedir. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamalarında istenen, nesnelerin üç boyutlu ortamda izlenmesi olduğundan, nesnelerin konumu ile birlikte dönüş hareketlerinin de bilinmesi için altı serbestlik derecesi (6 DOF) gündeme gelmektedir (Coppens, 2017). Çünkü sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamalarında nesnenin konumunun ve hareketinin izlenmesi gerekmektedir (Şekil 2.29).



Şekil 2.29. Dönme eksenleri (Bayram, 2016)

İdeal bir izleme sistemi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (Coppens, 2017).

- Yüksek doğruluk: Kullanıcı hareketleri doğru bir şekilde izlenmelidir.
- Yüksek hassasiyet: Kullanıcı hareket halinde değil iken hiçbir hareket kayıt edilmemelidir ve kullanıcı izleme hareketleri tarafından algılanamaz olmalıdır.
- Yüksek güncelleme hızı ve düşük gecikme süresi: Kullanıcı rahatsızlığına yol açmamak için, sistemin hareketi hızlı bir şekilde algılaması gerekir.

- Geniş kapsama aralığı: Kullanıcılar sensörlerin çevrelediği küçük bir kapsama alanında bırakılmamalıdır.
- Yüksek hareketlilik: Kullanıcılar serbestçe hareket edebilmelidir. Ayrıca izleme ortamının mümkün olduğu kadar küçük ve hafif olması gerekir.
- Sağlamlık: Çevresel faktörlere karşı izleme kalitesi değişmemelidir.

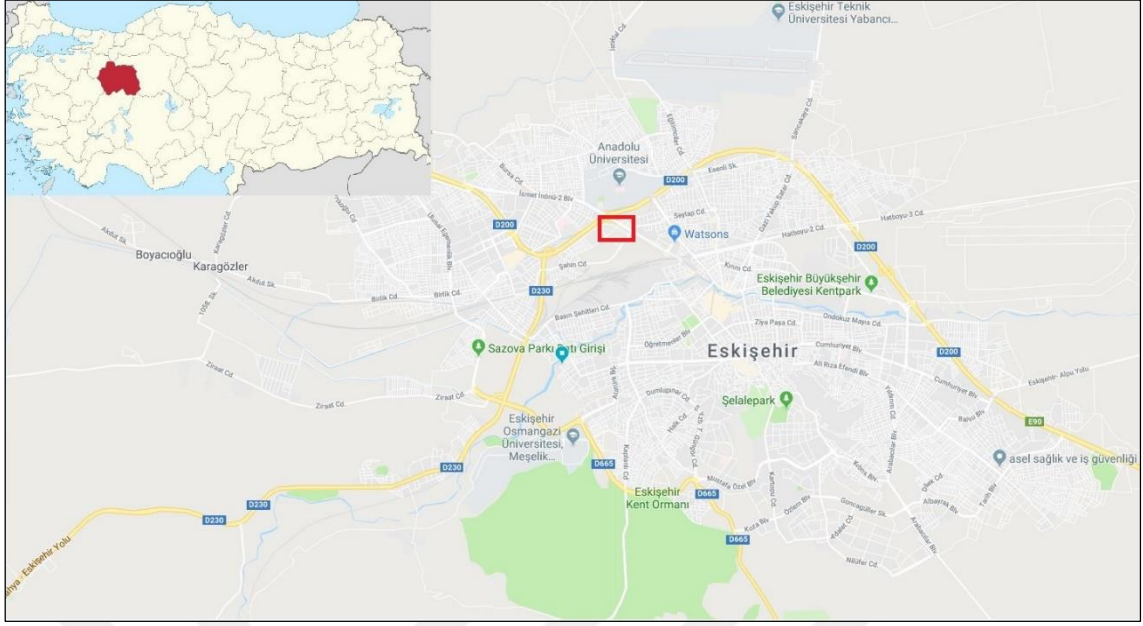
Artırılmış gerçeklik teknolojisinin mobil cihazlarda kullanımı için birtakım takip çözümleri gerekmektedir. Bunların başında jiroskop sensörü gelmektedir. Jireskop sensörü açısal hızı algılayabilen sistemler olup, yön ölçümü işlemlerinde kullanılmakta ve açısal dengenin korunması ilkesiyle çalışmaktadır. Jireskop sensörü, X, Y, Z koordinatlarına göre dönüş hızını ölçmekte iken, ivmeölçer sensörü tek bir koordinat üzerinden ivme ölçmektedir ([http-11](#)). Bu iki sensör birleştirilerek yönelim, hız, pozisyon gibi bilgiler tek bir üniteden alınabilmektedir. Bu üniteye, IMU (Inertial Measurement Unit) denilmektedir ve serbestlik derecesi DOF (Degrees of Freedom) ile ifade edilmektedir ([http-12](#)).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, tez konusunu oluşturan altyapı bilgi sistemlerinde artırılmış gerçeklik ve CBS entegrasyonu kapsamında kullanılan materyal ve gerçekleştirilen örnek çalışmaya ilişkin yöntem açıklanmıştır.

3.1. Çalışma Alanı ve Konumu

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında 29-32 derece doğu boylamları ile 39-40 derece kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Eskişehir'in ilçelerinden Seyitgazi'nin küçük bir bölümü Ege'nin, Sarıcakaya İlçesi'nin tümü ile merkez ve Mihalicçık ilçelerinin bir bölümü Karadeniz Bölgesi'nin etkisindedir. Ancak Eskişehir, coğrafi karakterini genellikle İç Anadolu Bölgesi'nden alır (Şekil 3.1). Eskişehir'de sert bir kara iklimi hüküm sürer. Gece ve gündüz arasında ısı farkı vardır. Eskişehir ili, güneyden Afyonkarahisar'ın Emirdağ ve İnsaniye ilçesi, güneydoğudan Konya'nın Yunak ilçesi, doğudan Ankara'nın Polatlı, Nallıhan ve Beypazarı ilçesi, kuzeybatıdan Bolu'nun Göyök ilçesi, batıdan Bilecik'in Gölpazarı, Söğüt, Bozüyük ilçesi ve Kütahya ile çevrelenmiş durumdadır. Anadolu'nun kuzeybatı köşesinde yer alan Eskişehir ilinin topoğrafik yapısını, Sakarya ve Porsuk havzalarındaki düzlükler ile bunları çevreleyen dağlar oluşturur (http-13). Orta Anadolu Bölgesinin karakteristik bitki örtüsü içerisinde yer alan Eskişehir'in, % 26'sı ormanlarla kaplıdır. Eskişehir, koru ormanlarının % 78'ü karaçam, % 9'i sarıçam, % 6'ü kızılçamdır. Geriye kalanı bataklık ormanları olup, bunun da tamamı meşe cinsidir. Topraklarının kullanıma göre dağılımına bakıldığında; tarıma elverişli %42, orman ve funda %26, çayır ve mera %24, tarıma elverişsiz %8,5 şeklindedir (http-14). Kuzeyde Karadeniz, kuzeybatıda Marmara, batı ve güneybatıda Ege Bölgesi ile komşudur. Kuzeyden Bozdağ ve Sündiken Dağları, güneyden Emirdağ, doğudan Orta Asya Vadisi, batıdan Türkmen Dağı gibi doğal sınırlarla çevrili olan il alanı, yaklaşık 13.653 km² dir. Bu alanıyla il, Türkiye topraklarının %1.8'ini kaplamaktadır. İl merkezinin denizden yüksekliği ise 792 m dir. Yaklaşık %22'sini dağların oluşturduğu ilin, yeryüzü şekilleri içinde ovaların payı %26 dolayındadır. Eskişehir'in ikisi merkez olmak üzere toplam 14 ilçesi bulunmaktadır (http-15). Eskişehir'in 2018 yılı toplam nüfusu 871.187'dir (http-16).



Şekil 3.1. Çalışma alanı ve konumu

Eskişehir’de ilk doğal gaz kullanımı 1990 yılında Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ile başlamıştır. 1994 yılında ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların sebep olduğu yoğun hava kirliliği nedeniyle şehir içi doğal gaz dağıtım faaliyetlerinin başlamasına karar verilmiştir. Bu amaçla 1997 yılına kadar süren imalat çalışmaları ile şehir içinde de doğal gaz kullanımı başlamıştır. Devam eden yıllarda, özellikle 2004 yılı özelleştirme süreci ile birlikte yoğun bir şekilde doğal gaz altyapı yapım işleri ile merkez ilçelerin tamamına doğal gaz arzı sağlanmış ve geçmiş yıllarda yaşanan hava kirliliğinin önüne geçilmiştir (http-17).

Eskişehir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. (ESGAZ) yetkilileri ile yapılan görüşmeler neticesinde edinilen bilgilere göre, 2018 yılı itibariyle toplam 7 ilçede (Tepebaşı, Odunpazarı, Mahmudiye, Çifteler, Alpu, Beylikova, Sivrihisar) ve Seyitgazi İlçesi Kırka Mahallesi’nde doğal gaz faaliyetlerini sürdüren ESGAZ, 309.174 aboneye hizmet vermekte olup, toplam 2.659,134 km polietilen ve çelik hattan oluşan şebeke büyüklüğüne sahiptir.

3.2. Materyal

Tezin materyalini, tez konusu ile ilgili literatürde yer alan benzer araştırma ve çalışmalara ait kaynaklar, çalışma alanı ile ilgili mekânsal veriler ve kullanılan yazılımlar oluşturmaktadır.

3.2.1. Veriler

Artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş olan pilot uygulamada konumsal bilgiye sahip olan doğal gaz şebekesi verileri kullanılmıştır. Doğal gaz şebekesi; istasyon, çelik boru, polietilen boru, servis hattı, servis kutusu ve manşon, te, redüksiyon, metal plastik, vana gibi bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Bu bileşenlerin her biri topoloji kuralları ile birbirlerine bağlanarak doğal gaz altyapı şebekesini oluşturmaktadır. Doğal gaz şebekesine ait hat ve bağlantı elemanları ile ilgili genel tanımlamalar aşağıda özetlenmiştir.

- Doğal gaz ana hattı: Doğal gaz arzının sağlanabilmesi için cadde ve sokakların zemin altında bulunan çeşitli çap ve özellikteki doğal gaz borularıdır.
- Doğal gaz servis hattı: Doğal gaz ana hat borularından bağlantı alınarak binalara doğal gazı ulaştıran çeşitli çaptaki borulardır.
- Doğal gaz vanası: Doğal gaz dağıtım şebekesi üzerinde bulunan ve doğal gazın akışını kesmeye veya açmaya yarayan şebeke elemanıdır.
- Doğal gaz servis kutusu: Binalarda doğal gaz kullanımının sağlanabilmesi için, doğal gaz servis hattının bitimine konulan ve içerisinde servis regülatörü ile vana bulunan şebeke elemanıdır.
- Doğal gaz bağlantı elemanları (manşon, te, kep): Doğal gaz dağıtım şebekesi hatlarının birbiriyle bağlantısını sağlayan parçalar; manşon, te gibi çeşitli çap ve özellikteki şebeke elemanlarıdır. Kep ise doğal gaz hattının sonlandığı noktada kullanılmaktadır.

Doğal gaz şebekesine ait verilerin konum ve öznitelik bilgileri ile birlikte sayısal ortamda depolanabilmesi için öncelikle sahada veri toplama işleminin yapılması gerekmektedir. İmalat aşamasında total station veya GPS gibi harita ölçüm cihazları ile toplanan ham veriler, daha önceden belirlenmiş olan şebeke kodlarına göre CAD ortamına aktarılmakta ve hat/malzeme tipine göre katmanlara ayrılarak kayıt altına alınmaktadır. Sahadan toplanan verilerin hat ya da malzeme tipinden farklı olarak kayıt altına alınacak

olan diğer öznitelik bilgileri (imalatı yapan yüklenici, imalatın kapsamı, imalatın tarihi vb.) CBS ile konumsal veritabanına aktarılmaktadır. Aktarım aşamasında şebeke verileri üzerinde yapılan bağlantıların topoloji kontrolleri sağlanmaktadır. Kontrol aşamasından geçen altyapı verileri veritabanına aktarılmaktadır. Uygulamada kullanılan Tablo 3.1’deki doğal gaz şebekesi verileri ESGAZ’dan temin edilmiştir.

Tablo 3.1. Veriler

Veri Tipi	Veri Türü	Veri	Verinin Kaynağı
Çizgi	Grafik Veri	Polietilen Doğal Gaz Ana Hattı	ESGAZ A.Ş. (2019)
Çizgi	Grafik Veri	Polietilen Doğal Gaz Servis Hattı	ESGAZ A.Ş. (2019)
Poligon	Grafik Veri	Doğal Gaz Vanası	ESGAZ A.Ş. (2019)
Poligon	Grafik Veri	Doğal Gaz Servis Kutusu	ESGAZ A.Ş. (2019)
Poligon	Grafik Veri	Doğal Gaz Bağlantı Elemanları (Manşon, Te, Kep)	ESGAZ A.Ş. (2019)

3.2.1.1. ESGAZ altyapı bilgi sistemleri

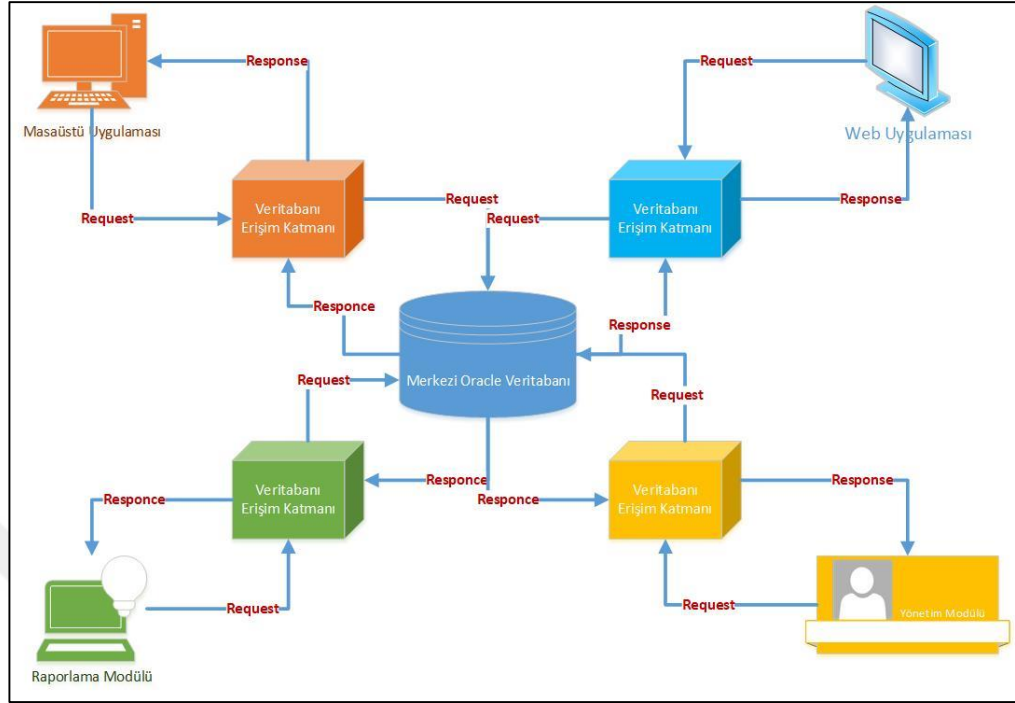
Günümüzde CBS teknolojilerinde gerçekleşen gelişmeler ışığında, verinin coğrafi konumu ile birlikte toplanması, işlenmesi, depolanması, sunulması ve sorgulanarak raporlanması işlemleri ile birlikte bilgiye dönüştürülmesi, gün geçerek daha kolay ve hızlı hale gelmiştir. Kentsel planlama, afet yönetimi, ulaşım planlaması, doğal kaynakların yönetimi vb. gibi çok farklı süreçlerde uygulama alanı bulan CBS, altyapı yönetimine ihtiyaç duyan kurumlar tarafından da vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

ESGAZ altyapı bilgi sistemleri, doğal gaz şebeke elemanları ile bu şebekenin ilişkilendirildiği adres ve abonelik bilgilerinin tek bir düzen içerisinde sunulduğu harita tabanlı bir yapıdır. Altyapı faaliyetlerinde daha etkin bir karar destek mekanizması oluşturabilmek amacıyla, sistemin parçasını oluşturan her bir veri katmanı arasındaki ilişkiyel yapının kurularak, bir arada ve belirli bir düzen içerisinde depolanması, mekânsal ya da mekânsal olmayan çeşitli sorgulamalar yapılabilir. ESGAZ’a özel olarak geliştirilen masaüstü, web ve mobil uygulama tasarımları ile farklı platformlarda

sunulabilen CBS tabanlı sistemler bütünü ESABİS (ESGAZ Altyapı Bilgi Sistemleri) olarak adlandırılmaktadır. ESABİS'e giriş yapılabilmesi için, yönetim modülü üzerinden, her kullanıcıya özel olarak tanımlanan kullanıcı adı ve şifresi tanımlamalarının yapılmış olması gerekmektedir. Tanımlanan kullanıcı bilgilerinin yanı sıra hangi kullanıcının hangi bilgilere ulaşabileceği, mevcut bilgi üzerinde değişiklik yapıp yapamayacağı gibi işlevler de yine yönetim modülü ile belirlenmektedir. Bu şekilde, sunulan bilginin asıl amaca uygun ve kullanıcının ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde hazırlanması, veri kayıplarının önüne geçilmesi ile birlikte daha verimli çalışmaya olanak sağlamaktadır. CBS yeteneklerine sahip ESABİS'de, sistem tasarımını oluşturan konuma dayalı olan ya da olmayan her bir katman, diğer katmanlar ile ilişkili bir şekilde depolandığından, katmanlar arasında kurulmuş olan veri tabanı düzeyindeki bu ilişkilerden faydalanılarak istenilen analizlerin yapılması, raporların hazırlanması hızlı ve kolay bir şekilde sağlanabilmektedir. ESABİS'in tüm bu görüntüleme, sorgulama, raporlama ve analiz yeteneklerinin son kullanıcıya nasıl ulaştırılacağı yönünde, özellikle son yıllarda hızla gelişen teknoloji imkânlarıyla birlikte yapılan çalışmalar, web ve mobil uygulamaların geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu yöndeki gelişmeler ile birlikte, ESABİS uygulamalarına erişim web ve mobil üzerinden daha kolay sağlanmakta, kullanıcının internete erişebildiği her ortamda, herhangi bir veritabanı bağlantısı gerektirmeden CBS ve haritalama ile ilgili ihtiyaçlarına doğrudan cevap olabilmektedir. ESABİS uygulamaları sistem mimarisi Şekil 3.2'de bulunmaktadır.

ESABİS masaüstü uygulaması 64 bit MapInfo üzerinde çalışacak şekilde, katmanlı mimaride geliştirilmiştir. Yapılan işlemlerin ve uygulama hatalarının loglanması için ayrı bir loglama servisi kullanılmıştır. Masaüstü uygulamasının arayüzü için DevExpress komponentlerinden yararlanılmıştır.

ESABİS web uygulaması 64 bit olarak geliştirilmiştir. Arayüzde mobil cihazlar da düşünülerek responsive tasarım deseni uygulanmıştır. ESABİS web uygulamasında harita kütüphanesi olarak Openlayers, GeoserverveMapXtreme kullanılmıştır. Raporlama modülü masaüstü ve web uygulamasından üretilen raporların hızlı ve tek bir yerden alınabilmesi için sistem diğer uygulamalardan bağımsız olarak geliştirilmiştir. Arayüz olarak yine mobil cihazlar da düşünülerek responsive tasarım deseni uygulanmıştır. Sistem, katmanlı mimaride geliştirilmiştir. Yönetim modülü; web, masaüstü ve raporlama modülünde yer alan işlevlerin ve verilerin düzenlenebilmesi için ayrı bir yapı oluşturulmuştur.



Şekil 3.2. ESABİS sistem mimarisi

ESABİS ile ESGAZ doğal gaz şebekesi üzerinde aşağıda örnekleri verilen konum ile ilişkili olan analizler ve görsel raporlamalar yapılabilmektedir.

- Güzergâh ve yatırım planlama faaliyetlerine ilişkin raporlamalar.
- Talep-imalat-aboneleşme ilişkisi raporlama.
- İstasyonların, servis kutularının beslediği abone bilgilerine ulaşma.
- Belirlenen herhangi bir bölgedeki doğal gaz tüketim miktarını hesaplama.
- Hasar durumunda gazsız kalacak bölgedeki abone bilgilerini listeleme ve kapatılacak olan vanaların tespiti.
- Şebekenin ulaştığı potansiyel abone sayısını hesaplama.
- Akıllı haritalar üretme (gaz kullanan ve kullanmayan adreslerin tematik haritalanması).
- İmalatı gerçekleşen malzemelerin çap, adet, metraj, müteahhit, imalat tarihi vb. bilgilerini raporlama.
- Servis hattı bağlantı taleplerinin, yıkım ve deplase bilgilerinin bağlı olduğu adres ve şebeke bilgilerini sorgulama, haritada görüntüleme.

3.2.2. Yazılım ve donanım

Son yıllarda sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerine olan ilgi, bu ortamların geliştirilebileceği ve mevcut sistemler ile entegre çalışabilecek yazılım gereksinimi de ortaya çıkarmıştır. Günümüzde bu yöndeki gereksinimleri karşılayan yazılım firmalarının başında Google ve Apple firmaları gelmektedir. Google firmasının geliştirmiş olduğu ARCore, Apple firmasının geliştirmiş olduğu ARKit ile birçok yazılımcı sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları geliştirebilmektedir.

ARCore Google firmasının geliştirdiği, android mobil işletim sistemi üzerinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilebilmesine imkân sağlayan bir yazılım geliştirme kitidir. ARCore mobil cihazın kamerasını kullanarak üç anahtar teknolojiyi yazılım geliştiricilere sunar. Bu teknolojiler aşağıda özetlenmiştir (<http-18>).

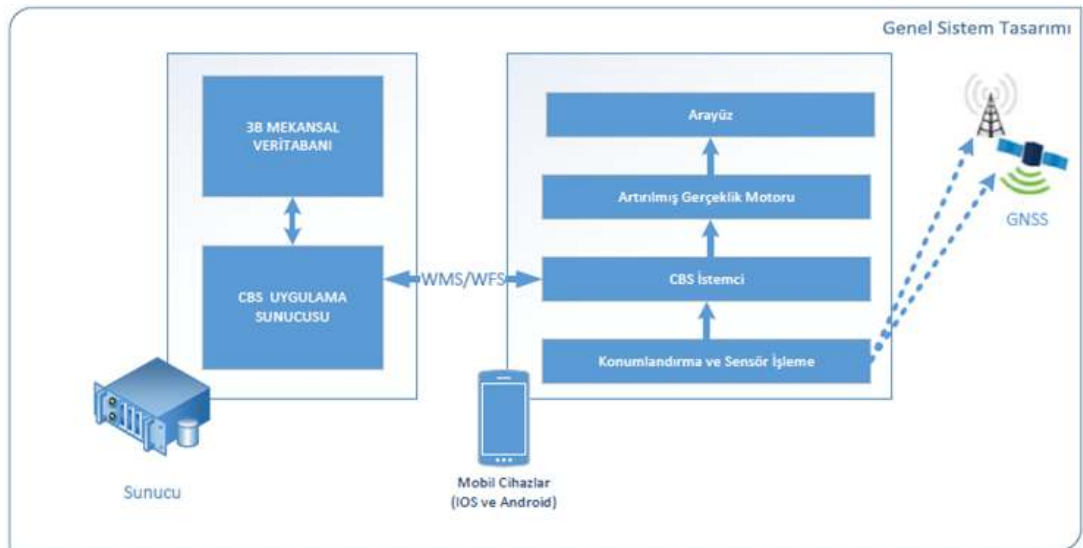
- Hareket izleme: Telefonun dünyaya göre konumunu anlama ve izlemesini sağlar.
- Çevre anlayışı: Telefonun zemin veya sehpa gibi düz yatay yüzeylerin boyutunu ve yerini tespit etmesini sağlar.
- Işık tahmini: Telefonun bulunduğu ortamın mevcut aydınlatma koşullarını tahmin etmesini sağlar.

ARKit Apple firmasının geliştirmiş olduğu, iOS mobil işletim sistemi üzerinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesine imkân sağlayan platformdur. Geliştirilmiş olan pilot uygulamada ARKit platformu tercih edilmiştir. Uygulama, Xcode yazılım geliştirme platformunda Swift 4.2 programlama dili ile geliştirilmiştir. ARKit ve CoreLocation kütüphaneleri kullanılarak oluşturulmuştur. Doğal gaz altyapı verilerinin artırılmış gerçeklik ortamında görüntülenebilmesi için gerekli olan düzenlemeler MapInfo yazılımı aracılığı ile yapılmıştır. Geliştirilen pilot uygulama iPhone 7 üzerinde çalıştırılarak, test edilmiştir.

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılabilmesi için cihaz seçimi önemli bir konudur. Çünkü her mobil cihaz artırılmış gerçeklik uygulamaları ile uyumlu bir şekilde çalışmamaktadır. Yazılım firmaları bu konuda artırılmış gerçeklik uygulamalarını destekleyen özelliklere sahip mobil cihazların hangileri olduğunu, hangi özelliklere sahip olması gerektiğini internet üzerinden yayınlamaktadırlar. Bu nedenle artırılmış gerçeklik teknolojisi ile bir uygulama geliştirme çalışmasına başlanmadan önce yazılım platformunun ve bu platform ile uyumlu mobil cihazın seçimi önemli bir konudur.

Artırılmış gerçeklik uygulamalarında kameranın sürekli açık olması gerekir. Açık olan kamera üzerinden sürekli grafiksel hesaplamalar yapılır. Bu durum cihazın bataryasının hızlı bir şekilde tükenmesine neden olur. Artırılmış gerçeklik uygulamasının üzerinde çalışacağı mobil cihazın uzun ömürlü ve güçlü bir bataryasının olması gerekmektedir. Mobil cihazın sürekli olarak elde taşınacağı düşünüldüğünde, cihazın ergonomik ve uygulama kullanıcılarını yormayan bir tasarımının olması gerekmektedir. Uygulama güçlü ve çözünürlüğü yüksek kamera ile daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu durumda seçilecek cihaz kamerasının yüksek çözünürlüklü olması gerekir. Uygulama cihaz konumunu sürekli olarak kullanacağı için cihaz üzerinde kararlı ve ölçüm hassasiyeti yüksek bir GPS vericisine ihtiyaç duymaktadır.

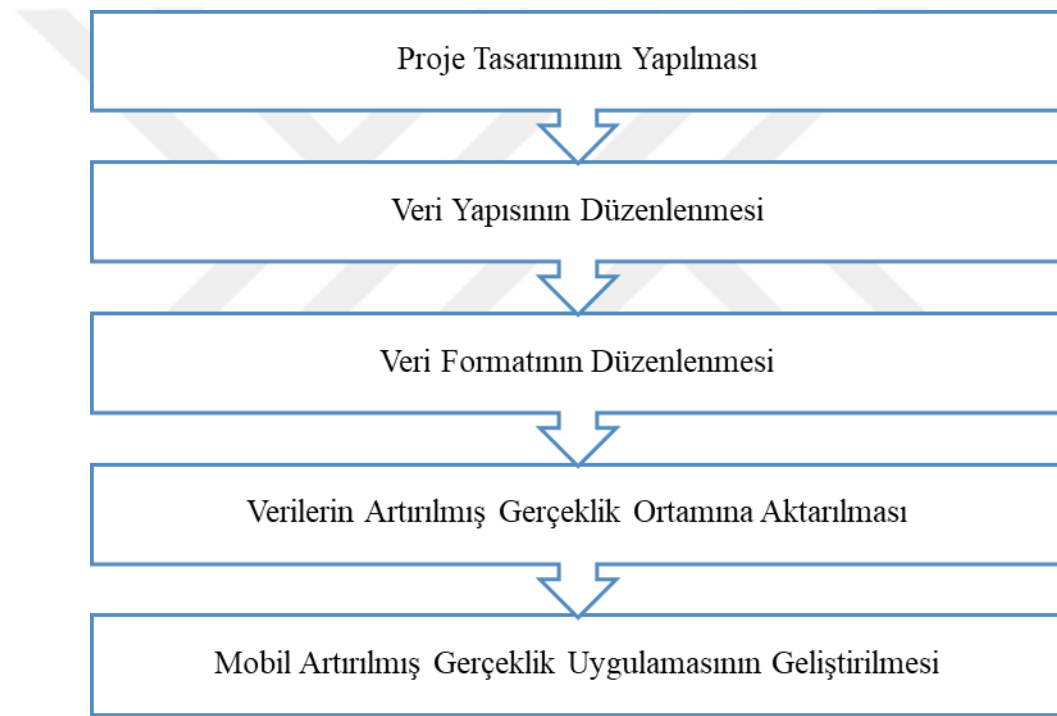
Konum tabanlı bir artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilebilmesi için, konumsal veritabanında tutulan verilerin, uygulama sunucusu tarafından servisler aracılığı ile artırılmış gerçeklik desteği olan mobil cihazlara iletilmesi gerekmektedir. İletilen coğrafi veriler artırılmış gerçeklik platformu üzerinde üç boyutlu modellenerek kullanıcıya gösterilmektedir. Bu şekilde çalışan bir artırılmış gerçeklik projesine ait uygulama tasarımı Şekil 3.3'te bulunmaktadır.



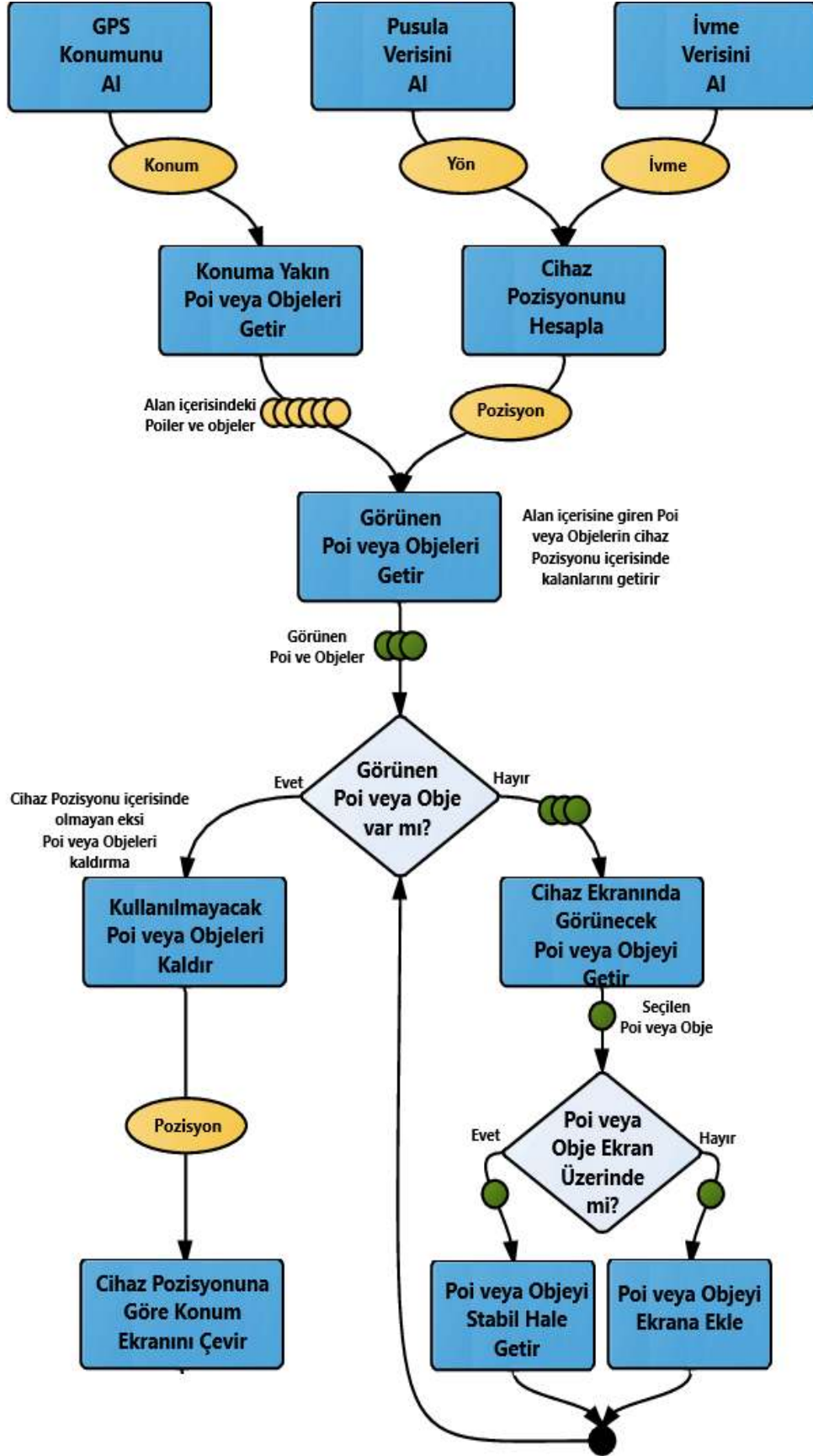
Şekil 3.3. Örnek proje mimari diyagramı

3.3. Yöntem

Tez kapsamında başvuru alan temel yöntem ESGAZ’den temin edilen pilot bölgeye ait doğal gaz altyapı verilerinin, artırılmış gerçeklik platformunda görüntülenebilmesi için uygun veri yapısına dönüştürülmesi ve artırılmış gerçeklik yazılımının geliştirileceği platformun ve uygun mobil cihazın seçilerek, yazılımın geliştirilmesi ve pilot bölgede testlerinin gerçekleştirilmesidir. Pilot uygulamanın geliştirilmesi aşamasındaki yazılım çalışmaları konusunda BAŞARSOFT A.Ş. yazılım şirketinden destek alınmıştır. Geliştirilmiş olan pilot uygulamaya ait yöntem akış şeması Şekil 3.4’te ve yazılımdaki temel çalışma prensibi Şekil 3.5’de bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Yöntem akış şeması



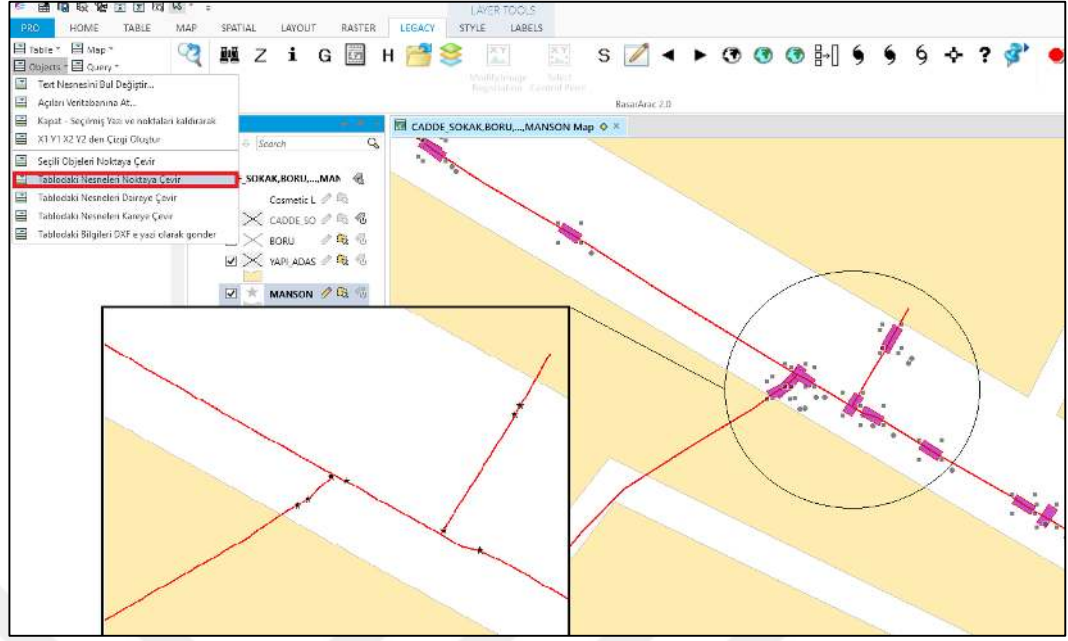
Şekil 3.5. Yazılımdaki çalışma prensibi

3.3.1. Veri düzenleme ve dönüşüm işlemleri

Konum tabanlı artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmesi için öncelikle yapılması gereken işlemlerin başında, coğrafi özelliğe sahip verilerin artırılmış gerçeklik ortamında görüntülenebilmesini sağlayacak olan veri düzenleme ve dönüşüm işlemlerinin yapılmasıdır. Bu amaçla tez kapsamında geliştirilmiş olan pilot uygulamada görüntülenen veriler bir dizi işlemten geçirilmiştir.

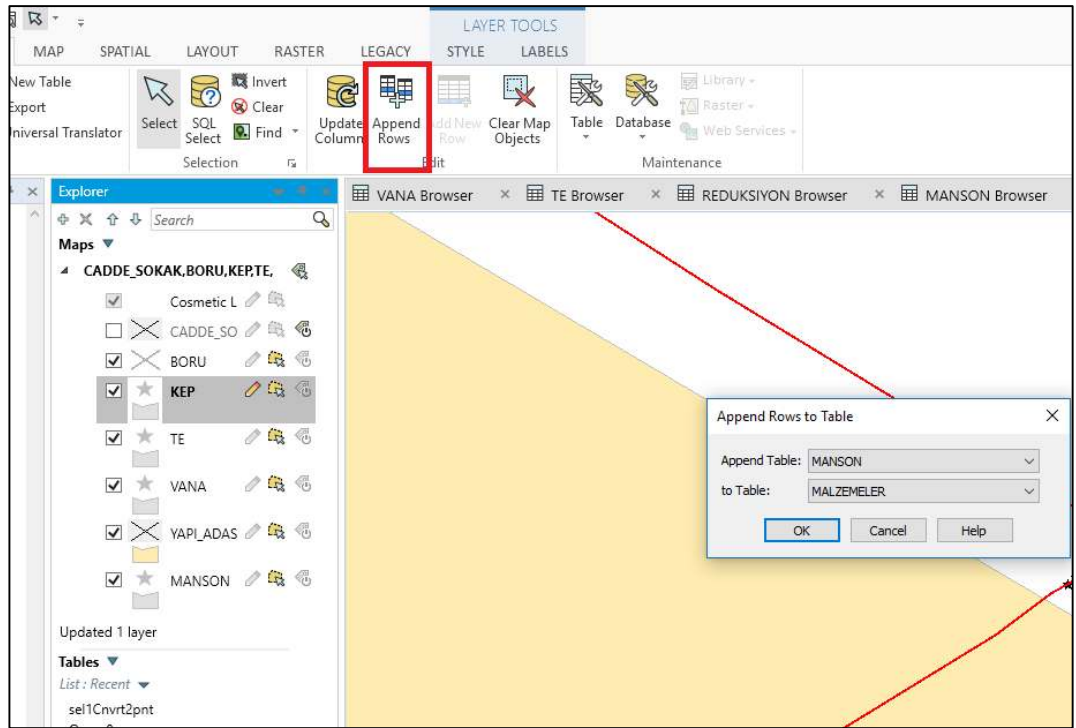
3.3.1.1 Veri yapısının düzenlenmesi

ESGAZ'dan temin edilen pilot bölgeye ait doğal gaz altyapı verileri; ana hat, servis hattı, vana, servis kutusu ve bağlantı elemanı olarak adlandırılan manşon, te ve kep katmanlarından oluşmaktadır. Temin edilen ana hat ve servis hattı verileri çizgi, diğer objeler ise poligon tipindedir. Bu verilerin artırılmış gerçeklik platformunda görüntülenebilmesi için hatların çizgi, diğer objelerin ise nokta özelliğinde olması gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle poligon tipinde olan objeler nokta objeye dönüştürülmüştür. Daha sonrasında, bu dönüşüm işlemi sırasında karşılaşılan topoloji bağlantıları sorunları düzenlemiştir. Son olarak da ayrı katmanlarda bulunan ana hat ve servis hattı objeleri tek bir katman olarak Boru tablosunda, diğer bağlantı elemanları ise yine tek bir katman olarak Malzemeler tablosunda birleştirilmiştir. Malzemeler tablosunda bulunan her bir objenin hangi katmanı temsil ettiğinin bilinmesi için de tablo içerisinde malzeme tipini gösteren öznitelik bilgisi eklenmiştir. Doğal gaz altyapı verileri üzerinde yapılan bu düzenlemeler MapInfo ortamında yapılmıştır. Şekil 3.6'da poligon veri yapısındaki manşon katmanının nokta veri yapısına dönüştürülmesi işlemine ait bir ekran görüntüsü bulunmaktadır. Manşon objesine yapılan bu işlem, diğer bağlantı elemanlarına da uygulanmıştır.



Şekil 3.6. Manşon objesinin nokta veri yapısına dönüştürülmesi işlemi

Pilot bölgeye ait temin edilen tüm doğal gaz bağlantı elemanlarına aynı veri dönüşüm işlemi uygulandıktan sonra, tüm bağlantı elemanları Şekil 3.7’de ekran görüntüsü bulunan yöntem ile tek bir tabloda birleştirilmiştir.

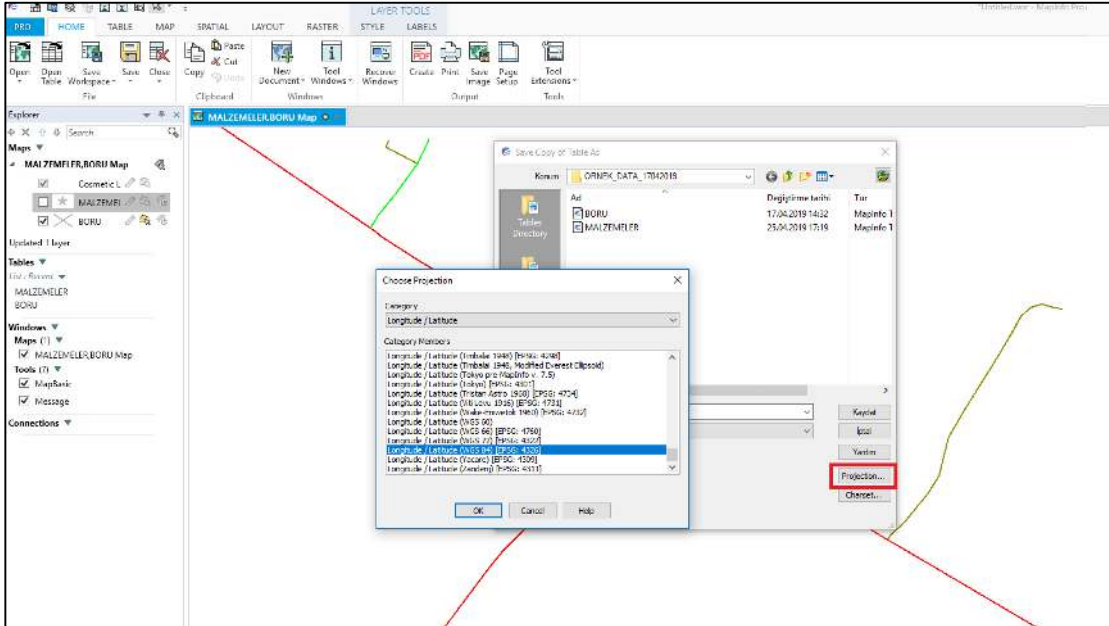


Şekil 3.7. Bağlantı elemanlarının tek bir tabloda birleştirilmesi işlemi

3.3.1.2 Veri formatının düzenlenmesi

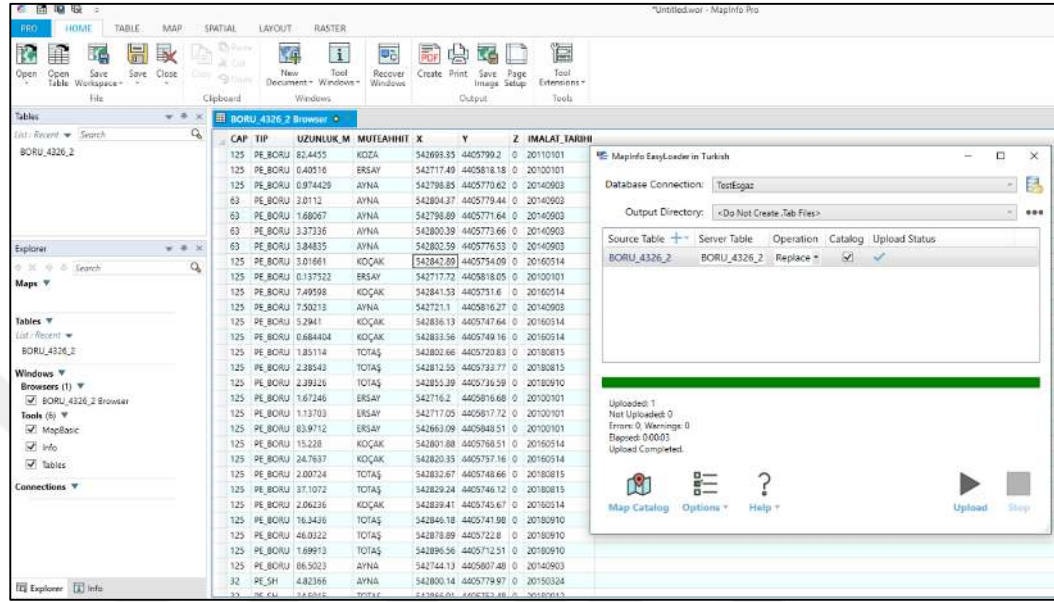
ESGAZ'dan temin edilen veri formatı MapInfo yazılımı formatı olan .tab veri formatıdır. Doğal gaz şebekesine ait verilerin ARKit kütüphanesi ile geliştirilebilmesi ve artırılmış gerçeklik ortamında görüntülenebilmesi için .tab olan veri formatı, text olarak .csv formatına dönüştürülmüş ve objelendirilmiştir. Verinin sunucu üzerinden okunması durumunda ise GeoJSON veri formatı kullanılabilir. GeoJSON Javascript Object Notation (JSON) formatı üzerine geliştirilmiş, en yaygın kullanılan metin tabanlı bir coğrafi veri formatıdır. GeoJSON hem neredeyse her platformun desteklediği hem de metin tabanlı, sıkıştırılabilir, az yer kaplayan bir veri formatıdır. GeoJSON kullanılarak veri aktarım performansının artırılması sağlanabilir. Ancak gerçekleştirilen pilot uygulamada sunucu gereksinimi oluşmadığından, oracle üzerinde .csv ortamına aktarılan veriler kullanılmıştır. Veri formatının düzenlenmesi ile ilgili izlenen yöntem basamakları aşağıdaki şekildedir.

- ESGAZ'dan temin edilen ITRF 3 Derece koordinat sistemindeki .tab formatındaki verilerin koordinat dönüşüm işlemi yapılmıştır. Verilerin koordinat sistemi Şekil 3.8'de görüldüğü üzere MapInfo ortamında WGS84 koordinat sistemine dönüştürülmüştür.



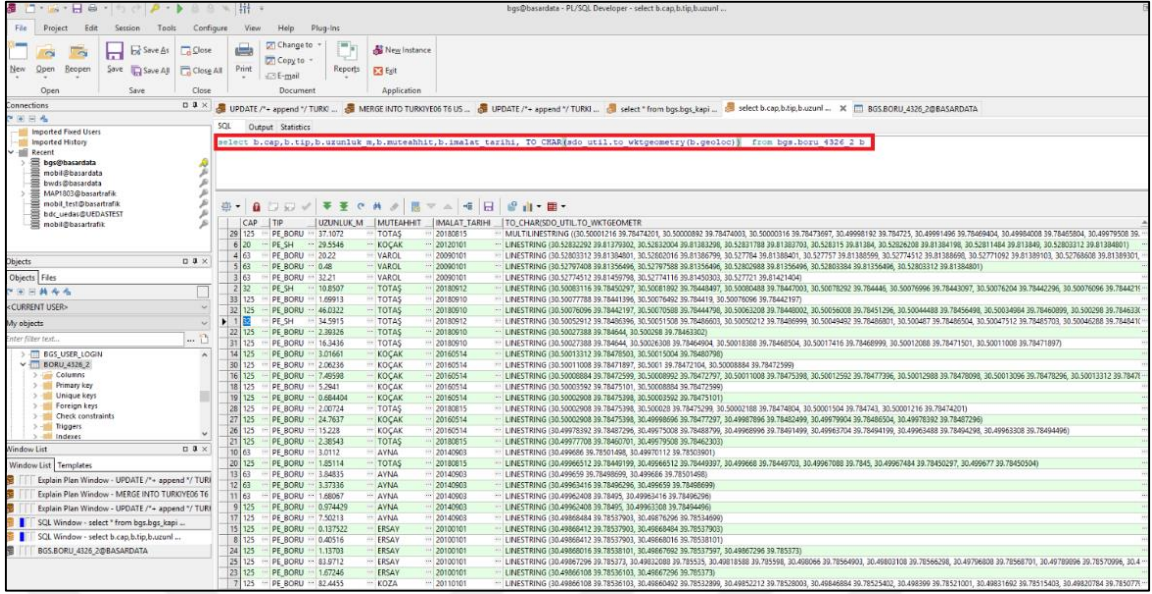
Şekil 3.8. Koordinat sisteminin değiştirilmesi

- Koordinat sistemi dönüşümü yapılan doğal gaz altyapı verileri MapInfo EasyLoader aracı ile Oracle veritabanına aktarılmıştır. Aktarım işlemini gösteren ekran görüntüsü Şekil 3.9’da bulunmaktadır.

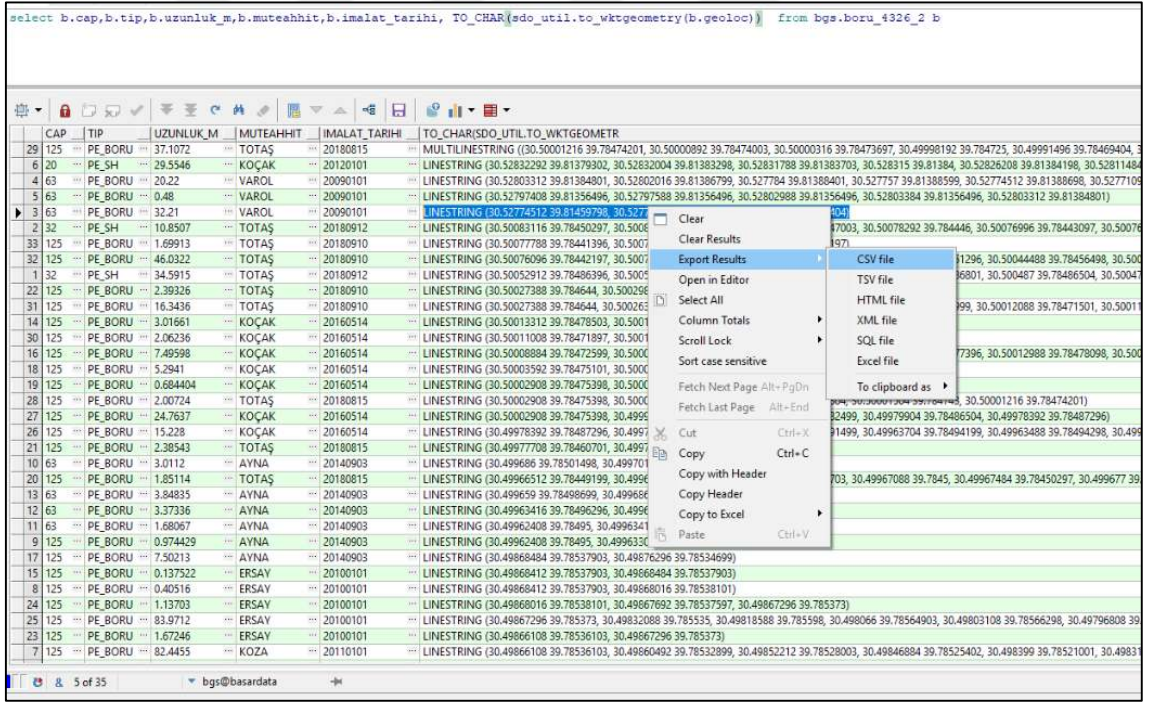


Şekil 3.9. Verilerin Oracle veritabanına aktarılması

- Veritabanına aktarılan doğal gaz altyapı verileri, Oracle üzerinde yazılan ve Şekil 3.10’da ekran görüntüsü bulunan sorgulama aracılığı ile mekânsal verilerin metin (text) olarak ifade edilmesini sağlayan WKT (Well-Known Text) formatına dönüştürülmüştür. WKT, Open Geospatial Consortium-OGC (CBS konusunda kurum ve üniversitelerin katılımı ile kurulan uluslararası bir kuruluş) tarafından konumsal verinin veritabanı ortamında saklanabilmesi için kabul ettiği metin (text) yapıda bir veri formatıdır. WKT, vektör formatındaki konumsal geometrik objeleri tanımlamak için kullanılmaktadır (Uyguçgil, 2016, s.84). Doğal gaz altyapı verilerinin WKT formatına dönüştürülmesinden sonra, ARKit ortamına aktarılabilmesi için Şekil 3.11’de ekran görüntüsü bulunan yöntem ile .csv formatına dönüştürülmüştür.



Şekil 3.10. Verilerin WKT formatına dönüştürülmesi

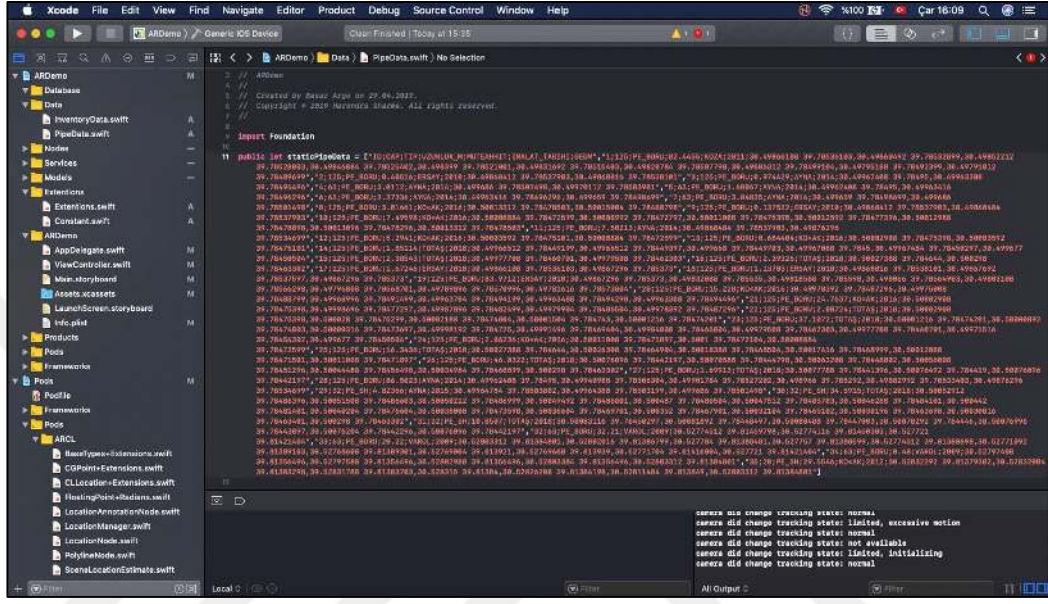


Şekil 3.11. Verilerin .csv olarak dışarı aktarılması

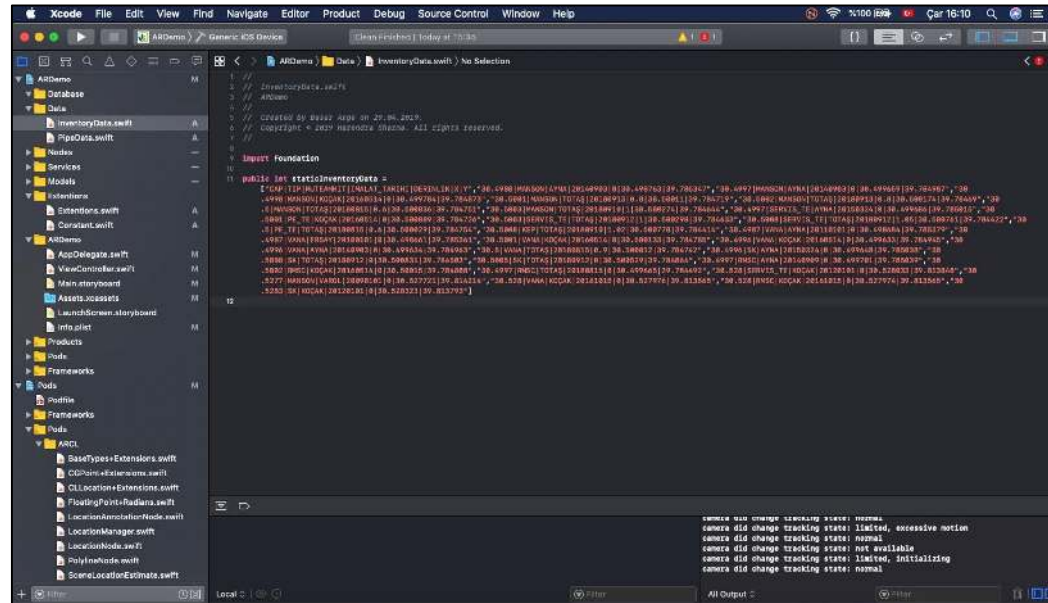
3.3.2. Verilerin artırılmış gerçeklik ortamına aktarılması

Doğal gaz altyapı şebekesine ait verilerin ARKit ortamında geliştirilerek mobil platforma aktarılabilmesi için gerekli olan veri düzenleme ve dönüşüm işlemleri tamamlandıktan sonra, Xcode yazılım geliştirme platformunda Swift 4.2 programlama

dili ile ARKit ve CoreLocation kütüphanelerinden faydalanılarak mobil artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama geliştirme platformuna aktarılan statik doğal gaz verilerinin, bu platform içerisinde nasıl görüntülendiğini gösteren ekran görüntüsü Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te bulunmaktadır.

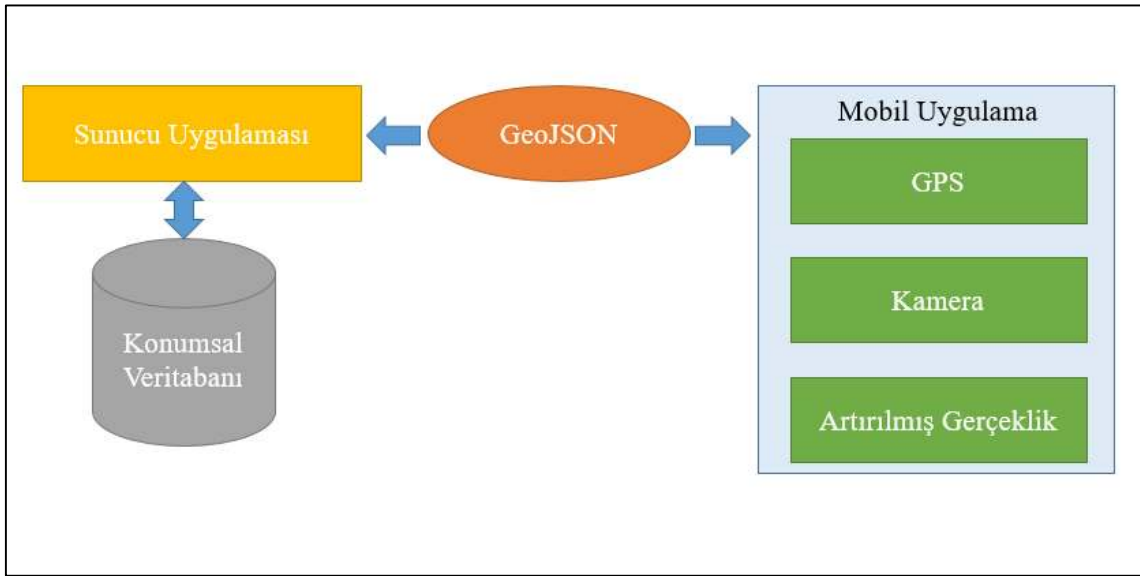


Şekil 3.12. Yazılım geliştirme ortamına aktarılan doğal gaz hatları



Şekil 3.13. Yazılım geliştirme ortamına aktarılan doğal gaz bağlantı elemanları

Geliştirilen uygulama pilot bölge verileri ile gerçekleştirildiği için herhangi bir sunucu ihtiyacı ortaya çıkmamıştır. Mevcut veriler statik olarak geliştirme ortamına aktarılmıştır. Bu nedenle pilot uygulamanın tüm Eskişehir doğal gaz altyapısına uygulanması istenildiğinde hem sunucu hem de veri düzenleme ve dönüşüm işlemleri için maliyet ve zamanın göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Pilot uygulamadan yola çıkılarak, tüm verilerin sunucu üzerinden okunmasını sağlayacak olan proje yapısı Şekil 3.14’te bulunduğu şekliyle olmalıdır.



Şekil 3.14. Sunucu üzerinden veri okuyan bir artırılmış gerçeklik projesi yapısı

3.3.2. Mobil artırılmış gerçeklik uygulaması

ARKit ortamına aktarılan konumsal doğal gaz altyapı verilerinin mobil artırılmış gerçeklik uygulamasında görüntülenebilmesi için, objelerin konumunun ve büyüklüğünün görüntülenecek olan ekran üzerinde yeniden boyutlandırma işleminin yapılması gerekmektedir. Mobil artırılmış gerçeklik uygulamaları koordinat düzleminden gösterimi cihazın ekran yönü (cihazın kutup noktasına olan açısı) ve GPS kaydı baz alınarak yapılmaktadır. Pilot uygulamada görüntülenen verilerin konumları ve cihazın konumu arasındaki mesafe (m) baz alınarak koordinat düzleminden ekran düzlemine transform matrisi kullanılarak objelere derinlik ve yeniden boyutlandırma işlemi yapılmıştır. Transform matrisi, objeleri ARKit sahne konumuna çevirmektedir. Şekil 3.15’de yapılan transform matrisi uygulaması bulunmaktadır.

```

9 import Foundation
10 import CoreLocation
11 import GLKit
12
13 class MatrixHelper {
14
15     //      column 0   column 1   column 2   column 3
16     //      /   1       0       0       X   \   ( x )   ( x + X*w )
17     //      |   0       1       0       Y   |   x   | y |   =   | y + Y*w |
18     //      |   0       0       1       Z   |   z   | z |   | z + Z*w |
19     //      \   0       0       0       1   /   ( w )   ( w )
20
21     static func translationMatrix(with matrix: matrix_float4x4, for translation : vector_float4) -> matrix_float4x4 {
22         var matrix = matrix
23         matrix.columns.3 = translation
24         return matrix
25     }
26
27     //      column 0   column 1   column 2   column 3
28     //      /   cosθ    0       sinθ    0   \
29     //      |   0       1       0       0   |
30     //      |  -sinθ    0       cosθ    0   |
31     //      \   0       0       0       1   /
32
33     static func rotateAroundY(with matrix: matrix_float4x4, for degrees: Float) -> matrix_float4x4 {
34         var matrix : matrix_float4x4 = matrix
35
36         matrix.columns.0.x = cos(degrees)
37         matrix.columns.0.z = -sin(degrees)
38
39         matrix.columns.2.x = sin(degrees)
40         matrix.columns.2.z = cos(degrees)
41         return matrix.inverse
42     }
43
44     static func transformMatrix(for matrix: simd_float4x4, originLocation: CLLocation, location: CLLocation) -> simd_float4x4 {
45         let distance = Float(location.distance(from: originLocation))
46         let bearing = originLocation.bearingToLocationRadian(location)
47         let position = vector_float4(0.0, -10.0, -distance, 0.0)
48
49         let translationMatrix = MatrixHelper.translationMatrix(with: matrix_identity_float4x4, for: position)
50         let rotationMatrix = MatrixHelper.rotateAroundY(with: matrix_identity_float4x4, for: Float(bearing))
51         let transformMatrix = simd_mul(rotationMatrix, translationMatrix)
52         return simd_mul(matrix, transformMatrix)
53     }
54 }
55

```

Şekil 3.15. Transform matrisinin uygulanması

Mobil artırılmış gerçeklik uygulaması üzerinde doğal gaz altyapı verilerinin görüntülenmesi için kamera erişimine izin verildikten sonra, hatların ve malzemelerin ekrana eklenebilmesini sağlayan iki farklı buton geliştirilmiştir. ARKit üzerinde butonların geliştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmanın ekran görüntüsü Şekil 3.16'da bulunmaktadır.

```

18 func setupButtons() {
19     let image = UIImage(named: "Icon-61")
20     let addButton:UIButton = {
21         let button = UIButton(type: .system)
22         button.setImage(image?.withRenderingMode(.alwaysTemplate), for: .normal)
23         button.tintColor = UIColor(white: 1.0, alpha: 0.7)
24         button.layer.cornerRadius = view.bounds.width*0.5*0.1
25         button.layer.masksToBounds = true
26         button.addTarget(self, action: #selector(handlePlusButtonTapped), for: .touchUpInside)
27         return button
28     }()
29
30     view.addSubview(addButton)
31
32     addButton.anchor(nil, left: view.safeAreaLayoutGuide.leftAnchor, bottom: view.safeAreaLayoutGuide.bottomAnchor, right: nil, topConstant: 0, leftConstant: 24, bottomConstant: 12, rightConstant:
33     0, widthConstant: view.bounds.width*0.1, heightConstant: view.bounds.width*0.1)
34
35     let imageRemove = UIImage(named: "Icon-60")
36     let removeButton:UIButton = {
37         let button = UIButton(type: .system)
38         button.setImage(imageRemove?.withRenderingMode(.alwaysTemplate), for: .normal)
39         button.tintColor = UIColor(white: 1.0, alpha: 0.7)
40         // button.layer.cornerRadius = view.bounds.width*0.5*0.1
41         button.layer.masksToBounds = true
42         button.addTarget(self, action: #selector(handleDeleteButtonTapped), for: .touchUpInside)
43         return button
44     }()
45
46     view.addSubview(removeButton)
47
48     removeButton.anchor(nil, left: nil, bottom: view.safeAreaLayoutGuide.bottomAnchor, right: view.safeAreaLayoutGuide.rightAnchor, topConstant: 0, leftConstant: 0, bottomConstant: 12,
49     rightConstant: 24, widthConstant: view.bounds.width*0.1, heightConstant: view.bounds.width*0.1)
50
51     let imageInventory = UIImage(named: "Icon-63")
52     let inventoryButton:UIButton = {
53         let button = UIButton(type: .system)
54         button.setImage(imageInventory?.withRenderingMode(.alwaysTemplate), for: .normal)
55         button.tintColor = UIColor(white: 1.0, alpha: 0.7)
56         // button.layer.cornerRadius = view.bounds.width*0.5*0.1
57         button.layer.masksToBounds = true
58         button.addTarget(self, action: #selector(handleInventoryButtonTapped), for: .touchUpInside)
59         return button
60     }()
61
62     view.addSubview(inventoryButton)
63
64     inventoryButton.anchor(nil, left: view.safeAreaLayoutGuide.leftAnchor, bottom: view.safeAreaLayoutGuide.bottomAnchor, right: nil, topConstant: 0, leftConstant: view.bounds.width/2 ,
65     bottomConstant: 12, rightConstant: 0, widthConstant: view.bounds.width*0.1, heightConstant: view.bounds.width*0.1)
66
67     let imagePipe = UIImage(named: "Icon-62")
68     let pipeButton:UIButton = {
69         let button = UIButton(type: .system)
70         button.setImage(imagePipe?.withRenderingMode(.alwaysTemplate), for: .normal)
71         button.tintColor = UIColor(white: 1.0, alpha: 0.7)
72         // button.layer.cornerRadius = view.bounds.width*0.5*0.1
73         button.layer.masksToBounds = true
74         button.addTarget(self, action: #selector(handlePipeButtonTapped), for: .touchUpInside)
75         return button
76     }()
77
78     view.addSubview(pipeButton)
79
80     pipeButton.anchor(nil, left: view.safeAreaLayoutGuide.leftAnchor, bottom: view.safeAreaLayoutGuide.bottomAnchor, right: nil, topConstant: 0, leftConstant: view.bounds.width/2 ,
81     bottomConstant: 12, rightConstant: 0, widthConstant: view.bounds.width*0.1, heightConstant: view.bounds.width*0.1)
82
83     return view
84 }

```

Şekil 3.16. Uygulama butonlarının oluşturulması

Uygulama üzerinde kameranın açılması ile bulunan konumdaki nesneler, hat ve malzeme butonlarına tıklanarak ekran üzerine getirilmektedir. Doğal gaz altyapı verileri çap ve tiplerine göre farklı özellikte olmaktadır. Verilerin özniteliği olarak saklanan bu bilgilere göre harita üzerinde görüntülenen veriler renklendirilmiştir. Böylelikle nesneden bilgi almadan ilk bakışta haritanın okunması sağlanabilmektedir. Örneğin, uygulama üzerine hatlar çaplarına göre kırmızı, yeşil ve sarı renkte görüntülenmektedir. ARKit üzerinde nesnelerin öznitelik bilgilerine göre renklendirme işleminin yapılması ile ilgili ekran görüntüsü Şekil 3.17’de bulunmaktadır.

```

public init(polyline: MKPolyline, altitude: CLLocationDistance, type: Int) {
    self.polyline = polyline
    self.altitude = altitude
    self.capacity = type
    constructNodes()
}

fileprivate func constructNodes() {
    let points = polyline.points()
    var color: UIColor
    for i in 0 ..< polyline.pointCount - 1 {
        let currentLocation = CLLocation(coordinate: points[i].coordinate, altitude: altitude)
        let nextLocation = CLLocation(coordinate: points[i + 1].coordinate, altitude: altitude)

        let distance = currentLocation.distance(from: nextLocation)

        let box = SCNBox(width: 0.3, height: 0.3, length: CGFloat(distance) + 0.3, chamferRadius: 1)

        switch capacity {
        case 0...2:
            color = UIColor.darkGray
        case 3...5:
            color = UIColor.brown
        case 6...21:
            color = UIColor.purple
        case 25...35:
            color = UIColor.yellow
        case 50...65:
            color = UIColor.green
        case 100...130:
            color = UIColor.red
        default:
            color = UIColor.white
        }

        box.firstMaterial?.diffuse.contents = UIColor(red: 47.0/255.0, green: 125.0/255.0, blue: 255.0/255.0, alpha: 1.0)

        box.firstMaterial?.diffuse.contents = color
        let bearing = -currentLocation.bearing(between: nextLocation)

        let boxNode = SCNNode(geometry: box)
        boxNode.pivot = SCNMatrix4MakeTranslation(0, 0, 0.5 * Float(distance))
        boxNode.eulerAngles.y = Float(bearing).degreesToRadians
        boxNode.categoryBitMask = 3
        boxNode.addChildNode(lightNode)
        boxNode.addChildNode(lightNode3)

        let locationNode = LocationNode(location: currentLocation)
        locationNode.addChildNode(boxNode)

        locationNodes.append(locationNode)
    }
}

```

Şekil 3.17. Nesnelerin çap ve tiplerine göre renklendirilmesi

Uygulama üzerinde hatlar ya da malzemeler görüntülendikten sonra, ekran üzerinde seçilen herhangi bir nesnenin üzerine tıklandığında o nesneye ait çap, tip, imalat tarihi, yüklenici gibi öznitelik bilgilerinin görüntülenmesi sağlanmıştır. ARKit üzerinde, uygulama üzerinden tıklanan nesnenin öznitelik bilgilerinin ekrana getirilmesi ile ilgili yapılan geliştirmenin ekran görüntüsü Şekil 3.18’de bulunmaktadır.

```

// Touch events on nodes
override func touchesBegan(_ touches: Set<UITouch>, with event: UIEvent?) {
    if let touch = touches.first {
        let touchLocation = touch.location(in: sceneLocationView)

        let hitResults = sceneLocationView.hitTest(touchLocation, options: [.boundingBoxOnly : true])
        // var annotationTextNode: InfoTextAnnotationNode
        var annotationNode: InfoAnnotationNode

        for result in hitResults {
            let nodeId = result.node.name
            if nodeId != nil {
                let nodeName = Int(nodeId!)
                if nodeName != nil {
                    if nodeName! > 1000 {

                        if nodeName != -1 {

                            let infoNode = "info\\(nodeName ?? 1000)"
                            let isContains = sceneLocationView.isSceneContainsNode(locationNodeName: infoNode)
                            if isContains {
                                sceneLocationView.removeInfoNode(name: infoNode)

                            } else {

                                let min = result.node.boundingBox.min
                                let max = result.node.boundingBox.max
                                let w = CGFloat(max.x - min.x)
                                let h = CGFloat(max.y - min.y)
                                let l = CGFloat(max.z - min.z)

                                let index = nodeName! - 1001
                                annotationNode = InfoAnnotationNode(location: inventoryDatas[index].location, width: w, height: l, length: h, info: inventoryDatas[index])
                                annotationNode.annotationNode.name = "info\\(nodeName ?? -1)"
                                sceneLocationView.addLocationNodeWithConfirmedLocation(locationNode: annotationNode);
                                print("HIT:-> Name: \\(String(describing: result.node.name) )")
                                print("HIT:-> description \\(String(describing: result.node.description) )")

                            }
                        }
                    } else {
                        if nodeName != -1 {

                            let infoNode = "info" + result.node.name!
                            let isContains = sceneLocationView.isSceneContainsNode(locationNodeName: infoNode)
                            if isContains {
                                sceneLocationView.removeInfoNode(name: infoNode)

                            } else {

                                let min = result.node.boundingBox.min
                                let max = result.node.boundingBox.max
                                let w = CGFloat(max.x - min.x)
                                let h = CGFloat(max.y - min.y)
                                let l = CGFloat(max.z - min.z)

```

Şekil 3.18. Nesnelerin öz nitelik bilgilerinin görüntülenmesi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında, doğal gaz altyapı şebekesine ait mekânsal verilerin artırılmış gerçeklik teknolojisi ile entegrasyonunun sağlanarak, mobil cihazlar üzerinden görselleştirilmesini sağlayan yazılımın geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Son yıllarda eğitim faaliyetleri başta olmak üzere, sağlık, reklam, pazarlama, bakım ve onarım, inşaat gibi alanlarda sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojisi ile geliştirilmiş olan farklı uygulamalara rastlanılmaktadır. Tez konusu kapsamında incelenen literatürdeki çalışmalara bakıldığında özellikle yurtiçi çalışmalarda işaret tabanlı sanal gerçeklik ya da artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmiş olduğu, az sayıda gerçekleştirilen konum tabanlı uygulamanın da temel düzeydeki nesne bilgisinin alınması üzerine geliştirildiği sonucu ile karşılaşmıştır. Yurtdışı çalışmalara bakıldığında ise özellikle tez konusu kapsamındaki altyapı verilerinin görüntülediği uygulamalar ile karşılaşmış ve hatta bu uygulamaların kurumsal olarak da kullanıldığı yönünde bilgilere erişilmiştir. Bu nedenle yapılan literatür araştırması sonucunda artırılmış gerçeklik teknolojisinin altyapı bilgi sistemlerine uygulanarak, kurumsal olarak da kullanılabilen prototip bir uygulama geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Günümüzde artık çoğu elektrik, doğal gaz, kanalizasyon, vb. altyapı kurumu coğrafi bilgi sistemleri temelinde bir veri yapısına ve depolama sistemine sahiptir. Doğal gaz altyapı kurumlarında ise doğal gaz altyapı bilgi sistemlerinin kurulması Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından zorunlu hale getirilmiştir. Bu şekilde bir yapıya sahip olmayan altyapı kurumları için ise zaten bu başlı başına bir sorunu teşkil etmektedir. Çünkü bir altyapı kurumunun sahada var olan bir altyapı tesisinin konumundan, bu altyapı tesisinin hangi aboneleri beslediğinden, altyapının ne zaman ve kim tarafından yapıldığından, vb. bilgilerinden haberdar olmaması birçok problemi de beraberinde getirecektir. Özellikle altyapı kurumlarının kazı çalışmaları sırasında var olan hatta zarar verilmesi, ya da yeni bağlantı yapılması esnasında bağlantı noktasının konumunun bilinmemesinden kaynaklı fazla kazı yapılması gibi saha faaliyetleri ekonomik açıdan zarara sebep olmaktadır. Yine aynı şekilde var olan şebekenin hangi aboneleri beslediğinin bilinmemesi, herhangi bir hat hasarı durumunda hangi vanaların kapatılması gerektiği, hangi abonelerin gazsız kalacağına bilinmemesi de varlık yönetiminin etkin bir şekilde yapılamamasına sebep olacaktır. Bu nedenle altyapı kurumları için CBS'nin varlığı kaçınılmaz bir ihtiyaçtır.

Altyapı şebekesi yönetimindeki konum bilgisinin varlığı, mekânsal analizlerin ve sorgulamaların yapılması gerekliliğini de ortaya çıkarmaktadır. Ancak mevcut durumda iki boyutlu haritalar ile yürütülen çalışmaların, üç boyutlu gerçek dünya verilerinden ayrı tutularak yorumlanıyor oluşu, doğru ve etkin karar verme sürecini dolayısı ile müdahale yöntemlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle mekânsal olarak varlık yönetimine ihtiyaç duyan altyapı kurumlarının, alanlarındaki etkinliğini artırmaları için mevcut sistemleri ile entegre çalışabileceği yeni üç boyutlu teknolojilere yönelmesi gerekmektedir.

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, uygulandığı alandaki insan-cihaz etkileşimi artırarak, olayların ve konuların farklı açılardan algılanması sağlamakla birlikte üzerinde çalışılan verinin daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Tez konusu kapsamında özellikle artırılmış gerçekliğin konum ile ilişkilendirilmesi üzerinde durulmuş ve herhangi bir işaret ya da simge yardımı olmadan, mobil cihazın konum sensörleri yardımıyla bulunulan ortamdaki gerçek dünya verileri ile doğal gaz hatlarının ve malzemelerinin mobil cihaz üzerinde görüntülenmesi sağlanmıştır.

Günümüzde artırılmış gerçeklik ile uygulama geliştirmek için farklı platformlar bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen pilot uygulama da ise ARKit ve CoreLocation kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Bu nedenle geliştirilen pilot uygulama iOS işletim sistemine sahip mobil cihazlarda kullanılabilir. Uygulama geliştirildikten sonra saha testleri sırasında bulunulan konumda doğal gaz altyapı verilerinin görüntülediği ancak bazı kaymaların ve sapmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu kayma ve sapmaların en önemli nedeni, cihazın koordinatının değişimi ile objelerin sürekli ekrana çizilmesi durumu, bir diğeri de cihaz üzerindeki GPS sapmalarıdır. Uygulama testleri için kullanılan mobil cihazın konum hassasiyeti 3-4 metre civarındadır. Bu nedenle altyapı saha faaliyetlerinde kullanılacak bir mobil cihazın sahip olduğu GPS ve jireskop sensörleri özelliklerinin güçlendirilmesi gerekmektedir.

Tez konusu kapsamında artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanılarak, doğal gaz altyapı şebekesinin mobil cihazlar üzerinde görüntülenmesini sağlayan prototip bir uygulama geliştirilmiştir. Örnek çalışma için Eskişehir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş.'den temin edilen .tab formatındaki doğal gaz altyapı şebekesi verileri, çizgi ve nokta olacak şekilde iki ayrı tabloda düzenlenmiş ve artırılmış gerçeklik ortamına aktarılabilmesi için WKT formatına dönüştürülmüştür. WKT formatına dönüştürülen veriler ile, Xcode yazılım geliştirme platformunda Swift 4.2 programlama dilinde ARKit ve CoreLocation

kütüphaneleri kullanılarak mobil bir uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulama iPhone 7 mobil cihaz ile test edilmiştir. Uygulama ilk açıldığında kamera izni istemekte ve diğer açılışlarda direkt olarak kamerayı aktif hale getirmektedir. Daha sonra bulunulan konumdaki doğal gaz hatlarının görüntülenmesi için hatları görüntüleyen araca, doğal gaz bağlantı elemanlarının görüntülenmesi için bağlantı elemanlarını gösteren araca tıklanması gerekmektedir. Uygulama ve araçlarını gösteren ekran görüntüsü Şekil 4.1’de bulunmaktadır.



Şekil 4.1. Geliştirilen uygulama ve araçlarına ait ekran görüntüsü

Gerçekleştirilen uygulama geliştirme çalışmalarında, çözülmesi gereken en önemli sorun iki boyutlu altyapı şebekesinin, üç boyutlu gerçek dünya verileri ile birlikte gerçek konumlarında ve üç boyutlu olarak nasıl görüntülenebileceğinin hangi yöntem ile

hesaplanması gerektiği. Bu konuda ARKit kütüphanesinde bulunan ve benzer uygulamalarda da kullanılan bir yöntem olarak transform matrisi ile iki boyutlu doğal gaz altyapı şebekesi verileri üç boyutlu ortama aktarılması sağlanmıştır. Geliştirilen uygulamaya ait ekran görüntüsü Şekil 4.2’de bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Geliştirilen pilot uygulama ekran görüntüsü

Çalışmadaki en önemli husus geliştirilen yazılımdan çok, yazılımın çalışacağı mobil cihazın seçimidir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesi için farklı geliştirme ortamları bulunmaktadır. Ancak geliştirilen her yazılım her mobil cihazda kullanılmamakta, kullanılabilen cihazların sahip olduğu donanım özellikleri arasındaki farklılardan dolayı da farklı görüntülere ulaşılabilmektedir. Bir artırılmış gerçeklik uygulaması her mobil cihazda çalışmayacağı gibi, yazılımın çalıştığı cihazlarında

yüksek donanıma sahip olması gerekmektedir. Çünkü artırılmış gerçeklik uygulamalarında kamera sürekli açık durumdadır. Bu durum da cihazın bataryasının daha hızlı tükenmesine neden olmaktadır. Diğer bir yandan artırılmış gerçeklik ile entegre çalışan bir altyapı bilgi sisteminin kurumsal olarak saha faaliyetlerinde kullanılabilmesi için seçilecek cihazın ergonomik ve kullanıcıyı yormayan bir tasarıma sahip olması, kazı çalışmalarında altyapı şebekesine ait verilerin tespitinde herhangi bir hasara sebep olunmaması için ölçüm hassasiyeti yüksek bir GPS sensörüne sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle mobil teknolojilerin sahip olduğu donanım özelliklerinde yaşanacak hızlı gelişmeler artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımının da hızlı bir şekilde gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, tez çalışması kapsamında geliştirilen prototip uygulama çalışmaları ışığında edinilen sonuçlar değerlendirildiğinde, doğal gaz altyapı şebekesi yönetiminde, özellikle saha faaliyetlerindeki çalışmaların etkinliğinin artırılması amacıyla üç boyutlu gerçek dünya verileri üzerine eklenen şebeke verileri sayesinde daha kolay ve hızlı kararların alınmasına büyük katkı sağlayacağı öngörülmüştür. Mevcut durumda iki boyutlu haritalar ile yapılan kazı çalışmaları sırasında doğal gaz şebekesinin konumunun belirlenebilmesi için harita üzerinden alınan konum bilgisinin sahada aplikasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu durum zaman kaybına sebep olduğu gibi, fark etmeden yapılacak yanlış konum aplikasyonları da kazı sırasında istenmeyen maddi ve manevi zararlara yol açabilecektir. Buna karşılık bahsedilen süreçlerin yönetiminde artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalandığı düşünüldüğünde, herhangi bir ek işleme gerek kalmadan ve harita bilgisine sahip olunması gerekmeden bakım-onarım faaliyeti gerçekleştiren saha operatörünün kullanacağı mobil bir artırılmış gerçeklik teknolojisi tüm sürecin sağlıklı ve doğru bir şekilde yürütülmesine olanak sağlayacaktır. Ancak bu şekilde tasarlanan bir yapının altyapı kurumları tarafından kullanılabilmesi için, mevcut teknolojilerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Özellikle konum tabanlı artırılmış gerçeklik uygulamaların geliştirilmesine olanak sağlayacak olan daha etkin yöntem ve yazılımın geliştirilmesi, var olanların iyileştirilmesi ve yaygınlaştırılması, mobil cihazların artırılmış gerçeklik teknolojisi ile uyumlu bir şekilde çalışması ve yüksek konum hassasiyetine sahip olması konusundaki geliştirmelerin hızlı bir şekilde yapılarak, hayata geçirilmesi önemli bir konudur.

KAYNAKÇA

- Ağuş, M. ve Dinç, A. O. (2011). Altyapı bilgi sistemleri ve ülkemizde uygulamalarının değerlendirilmesi. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26 (1), 165-174.
- Akbaş, M. F. ve Güngör, C. (2017). Arttırılmış gerçeklikte işaretçi tabanlı takip sistemleri üzerine bir literatür çalışması ve tasarlanan çok katmanlı işaretçi modeli. *Journal of Science and Engineering*, 19 (56), 599-619.
- Albayrak, M. ve Altıntaş, V. (2017). Arttırılmış gerçeklik teknolojisinin veritabanı dersinde kullanımı. *İstanbul Eğitimde Yenilikçilik Dergisi*, 3 (1), 13-23.
- Altadmory, A. (2013). Using geographic information system to maintenance and upgrading public utility networks using technology AM/FM. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 3(3), 651-661.
- Altınpulluk, H. (2015). Arttırılmış gerçekliği anlamak: kavramlar ve uygulamalar. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 1 (4), 123-131.
- Arslan, A. ve Elibol, M. (2015). Analysis of educational augmented reality applications: The case of Android operating system Eğitsel arttırılmış gerçeklik uygulamalarının incelenmesi: Android işletim sistemi örneği. *Journal of Human Sciences*, 12 (2), 1792-1817.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence: *Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *Naval Research Lab Washington DC*.
- Bank, E. (1997). Coğrafi bilgi sistemlerinde topoloji. *Harita Dergisi*, 113.
- Bayram, H. (2016). Altı serbestlik dereceli elektromekanik hareket simülatöründe 6x9 matris yöntemine göre iterasyon. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 20(2), 399-407.
- Behzadan, A. H. ve Kamat, V. R. (2009). Interactive augmented reality visualization for improved damage prevention and maintenance of underground infrastructure. *In Construction Research Congress 2009: Building a Sustainable Future*, 1214-1222.

- Behzadan, A. H., Dong, S. ve Kamat, V. R. (2015). Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications. *Advanced Engineering Informatics*, 29 (2), 252-267.
- Burdea, G. C. ve Coiffet, P. (2003). Virtual reality technology. John Wiley and Sons.
- Coppens, A. (2017). Merging real and virtual worlds: an analysis of the state of the art and practical evaluation of Microsoft Hololens, Yüksek Lisans Tezi, Belçika, Mons Üniversitesi, Bilgisayar Bilimi Anabilim Dalı, 13-19.
- Craig, A. B. (2013). Understanding augmented reality: concepts and applications. *Newnes*.
- Curran, C. (2016). How will people create content for augmented reality? <http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/how-will-people-create-content-for-augmented-reality/> (Erişim tarihi: 25.04.2019)
- Çabuk, A., Bektöre, E., Işık, Ö., Ersoy, M. (2016). Dünyayı modelleme ve CBS projelerinde karar üretilmesi. A. Çabuk ve H. Uyguçgil (Editörler), *Coğrafi Bilgi Sistemleri içinde* (184-237). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Çakal, M. A. ve Eymirli, E. B. (2012). Artırılmış gerçeklik teknolojisi. *Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı*.
- Çetinkaya, H. H. ve Akçay, M. (2013). Eğitim ortamlarında arttırılmış gerçeklik uygulamaları. *Akademik Bilişim Kongresi, Antalya*, 11, 2015.
- Demirer, V. ve Erbaş, Ç. (2015). Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının incelenmesi ve eğitimsel açıdan değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11 (3).
- Ekin, E. ve Çabuk, A. (2011). OGC olanakları ile CBS tabanlı hizmet yönetimi: akıllı altyapı. *In 6th International Advanced Technologies Symposium*, 16-18.
- Eldem, H. ve Eldem, A. (2015). Artırılmış gerçeklik ile mobil uygulamalar. *XVII. Akademik Bilişim Konferansı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir*.
- Erbaş, Ç. ve Demirer, V. (2014). Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları: Google Glass örneği. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 3 (2).
- Göçmen, P. Ö. (2018). Artırılmış gerçeklik uygulamaları ile yeni medya reklam tasarımı. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, (22), 175-191.

- Höllerer, T., Feiner, S., Hallaway, D., Bell, B., Lanzagorta, M., Brown, D., Julier, S., Bailiot, Y., Rosenblum, L. (2001). User interface management techniques for collaborative mobile augmented reality. *Computers and Graphics*, 25 (5), 799-810.
- Höllerer, T. ve Feiner, S. (2004). Mobile augmented reality. *Telegeoinformatics: Location-based Computing and Services*, 21.
- İbili, E. ve Şahin, S. (2013). Artırılmış gerçeklik ile interaktif 3d geometri kitabı yazılımının tasarımı ve geliştirilmesi: ARGE3D. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13 (1), 1-8.
- İçten, T. ve Bal, G. (2017). Artırılmış gerçeklik üzerine son gelişmelerin ve uygulamaların incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5 (2), 111-136.
- Kaleci, D., Demirel, T., ve Akkuş, İ. (2016). Örnek bir artırılmış gerçeklik uygulaması Tasarımı. *XVIII. Akademik Bilişim Konferansı, Aydın, Türkiye*.
- Kapluhan, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri'nin (CBS) coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 29 (1), 34-59.
- Karaarslan, S. V. (2014). Arkeoloji ve bilişim teknolojilerinin yakınsaması. *TBD. 31. Ulusal Bilişim Kurultayı*.
- Karapınar, B. (2018). Dijital dönüşüm sürecinde endüstride artırılmış gerçeklik/sanal gerçeklik (AR/VR) uygulamaları. *Makinatek*. <http://makinatek.com.tr/bolumler/imalat/dijital-donusum-surecinde-endustride-artirilmis-gerceklik-sanal-gerceklik-ar-vr-uygulamalari/> (Erişim tarihi: 25.02.2019)
- Karaş, İ. R. ve Batuk, F. (2007). CBS'de kullanılmak üzere sayısallaştırılan verilerin geometrik/topolojik hatalarının otomatik olarak düzeltilmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Keleş, A. E. ve Keleş, M. K. (2018). İnşaat sektöründe kullanımı artan bilgisayar yazılımları ve bilgi teknolojilerinin irdelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 5 (2), 610-617.
- Keskin, M. E. ve Yılmaz, A. G. (2005). Altyapı şebekelerinin yönetiminde kent bilgi sisteminin önemi. *4. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu*, 45-46.
- Kıvrak, S. ve Arslan, G. (2017). İnşaat proje imalatlarında artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulamaları. *Politeknik Dergisi*, 21 (2), 379-385.

- Kipper, G. ve Rampolla, J. (2012). Augmented reality: an emerging technologies guide to AR. *Elsevier*.
- Köseoğlu, Ö. ve Demirci, Y. (2018). Akıllı şehirler ve yerel sorunların çözümünde yenilikçi teknolojilerin kullanımı. *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 40-57.
- Kroll, C. (2018). Communicating augmented reality devices improving technology acceptance among electric utility field workers. *Doctoral Dissertation, Marquette University*.
- Küçükpehlivan, T. (2014). Altyapı bilgi sistemleri ve CBS entegrasyonları. *ICSG 2014 Bildiri Kitabı*, 197-200.
- Küçüksaraç, B. ve Sayımer, İ. (2016). Deneyimsel pazarlama aracı olarak artırılmış gerçeklik: Türkiye'deki marka deneyimlerinin etkileri üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (51), 73-95.
- Küpçü, S. ve Çabuk, A. (2016). Temel kavramlar. A. Çabuk ve H. Uyguçgil (Editörler), *Coğrafi Bilgi Sistemleri içinde* (2-49). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Kwan, M. P. ve Lee, J. (2004). Geovisualization of human activity patterns using 3D GIS: a time-geographic approach. *Spatially integrated social science*, (27), 721-744.
- Livingston, M. A., Rosenblum, L. J., Julier, S. J., Brown, D., Baillot, Y., Swan, J. E., Gabbard, J.L., Hix, D. (2002). An augmented reality system for military operations in urban terrain. *Proceedings of the Interservice Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC '02), Orlando, FL*.
- Ludwig, C. ve Reimann, C. (2005). Augmented reality: information at focus. *C-Lab Report*, 4 (1).
- Meehan, B. (2017). NJ utility on forefront with new mixed reality application. *ESRI WhereNext Magazine*, <https://www.esri.com/about/newsroom/publications/wherenext/nj-utility-on-forefront-with-new-mixed-reality-application/> (Erişim tarihi: 18.01.2019)
- Meyers, J. (1999). GIS in the utilities. *Geographical Information Systems: Management Issues and Applications*, 2, 801-818.

- Neuville, R., Poux, F., Hallot, P., Billen, R. (2016). Towards a normalised 3D geovisualisation: The viewpoint management. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4.
- Orlandi, L., Sevegnani, D., ve Conci, N. (2018). Improving the efficiency of on-site operators in utility management: combining hololens and AR for real-time check of electricity meters. *Electronic Imaging*, 2018 (2), 264-1.
- Ömerali, M. (2018). Artırılmış gerçeklik kullanmak isteyen firmalar hangi adımları izlemeli? *Harvard Business Review, Türkiye*. <http://hbrturkiye.com/sponsorlu-icerik/artirilmis-gerceklik-kullanmak-isteyen-firmalar-hangi-adimlari-izlemeli> (Erişim Tarihi 27.02.2019)
- Özel, C. ve Uluyol, Ç. (2016). Bir artırılmış gerçeklik uygulamasının geliştirilmesi ve öğrenci görüşleri. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (3), 793-823.
- Özgüneş, R. E. ve Bozok, D. (2017). Turizm sektörünün sanal rakibi (mi?): artırılmış gerçeklik. *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2 (2), 146-160.
- Polat, M., Karaş, İ. R., Kahraman, İ., Alizadehashrafi, B. (2016). Safranbolu Eski Çarşı tarihi noktaları için CBS tabanlı artırılmış gerçeklik uygulaması. 6. *Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016)*, 5-7.
- Poupyrev, I., Tan, D. S., Billinghurst, M., Kato, H., Regenbrecht, H., Tetsutani, N. (2001). Tiles: A mixed reality authoring interface. *In Interact*, 334-341
- Rao, J., Qiao, Y., Ren, F., Wang, J., Du, Q. (2017). A mobile outdoor augmented reality method combining deep learning object detection and spatial relationships for geovisualization. *Sensors*, 17 (9), 1951.
- Reitmayr, G. ve Schmalstieg, D. (2003). Data management strategies for mobile augmented reality. *na*.
- Roth, R. E., Robinson, A., Stryker, M., MacEachren, A. M., Lengerich, E. J., Koua, E. (2008). Web-based geovisualization and geocollaboration: Applications to public health. *Joint Statistical Meeting, Invited Session on Web Mapping*, 2-5.
- Sabah, L. ve Şimşek, M. (2017). Artırılmış gerçeklik yöntemleri ile konumsal mobil kampüs bilgi sistemi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(3), 637-649.

- Schall, G., Schmalstieg, D., ve Junghanns, S. (2010). Vidente-3d visualization of underground infrastructure using handheld augmented reality. *GeoHydroinformatics: Integrating GIS and Water Engineering*, 207-219.
- Schall, G., Mendez, E., Kruijff, E., Veas, E., Junghanns, S., Reitinger, B., Schmalstieg, D. (2009). Handheld augmented reality for underground infrastructure visualization. *Personal and ubiquitous computing*, 13 (4), 281-291.
- Selvi, H. Z. ve Bildirici, İ. Ö. (2005). CBS açısından topolojinin önemi ve alan çizgi geometrik dönüşüm yöntemleri. *Ege CBS Sempozyumu*, 229-238.
- Selvi, H.Z. (2012). Konum tabanlı hizmetler teknolojisi ile yönlendirme sistemi tasarımı: Selçuk Üniversitesi Kampüsü örneği, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Sertalp, E. (2018). Ören yerlerinde artırılmış gerçeklik standlarının kullanımı: Ankara Roma Hamamı ARtur* Örneği. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, (22), 273-289.
- Shamsi, U. M. ve Fletcher, B. A. (2000). AM/FM/GIS applications for stormwater systems. *Journal of Water Management Modeling*.
- Sırakaya, M. (2016). Artırılmış gerçekliğin uygulamalı eğitimde kullanımı: anakart montajı. *Journal of Kirsehir Education Faculty*, 17 (3).
- Sırakaya, M. ve Seferoğlu, S.S. (2016). Öğrenme ortamlarında yeni bir araç: bir eğitilence uygulaması olarak artırılmış gerçeklik. A. İşman, H. F. Odabaşı ve B. Akkoyunlu (Editörler), *Eğitim teknolojileri okumaları 2016 içinde* (417-433). Ankara: Salmat Basım Yayıncılık.
- Somyürek, S. (2014). Öğretim sürecinde z kuşağının dikkatini çekme: artırılmış gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 4 (1), 63-80.
- Stylianidis, E., Valari, E., Smagas, K., Pagani, A., Henriques, J., Garca, A., Jimeno, E., Carrillo, I., Patias, P., Georgiadis, Ch., Kounoudes, A., Michail, K. (2016). LBS augmented reality assistive system for utilities infrastructure management through GALILEO and EGNOS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41.
- Sürücü, O. ve Başar, M. E. (2016). Kültürel mirası korumada bir farkındalık aracı olarak sanal gerçeklik. *Artium*, 4 (1).

- Tecim, V. (1999). Bilgi teknolojilerinde yeni bir gelişme: coğrafi bilgi sistemleri ve bilgi sistemleri arasındaki yeri. *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi*, 14 (1), 1-12.
- Tao, C. V. ve Li, J. (2007). *Advances in mobile mapping technology*. CRC Press.
- Uğur, İ. ve Apaydın, Ş. (2014). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının reklam beğeni düzeyindeki rolü. *Humanities Sciences*, 9 (4), 145-156.
- Uluğtekin, N. ve Bildirici, İ. Ö. (1997). Coğrafi bilgi sistemi ve harita. 6. *Harita Kurultayı*. 1-4.
- Unwin, D. J. (2008). Encounters with geovisualization. M. Dodge, M. McDerby ve M. Turner, M. (Editörler). *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* içinde (s. 11-16). Chichester: Wiley and Sons.
- Uyguçgil, H. (2016). Konumsal veritabanı. A. Çabuk ve H. Uyguçgil (Editörler), *Coğrafi Bilgi Sistemleri* içinde (78-102). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Vlahakis, V., Ioannidis, M., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Stricker, D., Almeida, L. (2002). Archeoguide: an augmented reality guide for archaeological sites. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 22 (5), 52-60.
- Webster, A., Feiner, S., MacIntyre, B., Massie, W., Krueger, T. (1996). Augmented reality in architectural construction, inspection and renovation. *In Proc. ASCE Third Congress on Computing in Civil Engineering*, 996.
- Wursthorn, S., Coelho, A. H. ve Staub, G. (2004). Applications for mixed reality. *In XXth ISPRS Congress*, 12-23.
- Yomralıoğlu, T. (2003). Coğrafi bilgi sistemi politikası. *TUJK CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Konya.
- Yomralıoğlu, T. (2010). Coğrafi bilgi teknolojileri. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 48-51.
- Yomralıoğlu, T. ve Döner F. (2005). Mobil GIS: Gezici coğrafi bilgi sistemleri ve uygulamaları. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, (93), 30-37.
- Zlatanova, S. (2002). Augmented reality technology. *GIS Report No. 17, Delft*, 72.
- http-1:** <http://holonext.com/karma-gercelik-nedir/> (Erişim tarihi: 19.02.2019)
- http-2:** <http://medium.com/digitaldonem/karma-gerceklik-nedir-ne-isimize-yarar-8389a66bc6a7> (Erişim tarihi: 21.02.2019)

- http-3:** <http://sunsavunma.net/artirilmis-gerceklik/> (Erişim tarihi: 23.02.2019)
- http-4:** <http://www.teknoyolcu.com/2017/04/artirilmis-gerceklik-uygulamaları/> (Erişim tarihi: 22.02.2019)
- http-5:** <http://roboturka.com/wp-content/uploads/arkeoloji.jpg> (Erişim tarihi: 22.02.2019)
- http-6:**
http://media.wired.com/photos/59545903be605811a2fdcbac/master/w_1132,c_limit/Example-of-holographic-storytelling.jpg (Erişim tarihi: 28.02.2019)
- http-7:** http://www.arkeotekno.com/pg_189_augmented-reality-ile-arkeoloji (Erişim tarihi: 25.02.2019)
- http-8:** <http://holonext.com/ar-kullanım-alanları/> (Erişim tarihi: 25.02.2019)
- http-9:** <http://artirilmisdunya.blogspot.com/2016/03/mimari-alannda-artırlms-gerceklik-kullanm.html> (Erişim tarihi: 26.02.2019)
- http-10:** http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/imagens/010150040512-cidade_virtual.jpg (Erişim tarihi: 26.02.2019)
- http-11:** <http://www.elektrikport.com/universite/jiroskop-sensoru-nasil-calısır/16721#ad-image-0> (Erişim tarihi: 01.04.2019)
- http-12:** <http://www.barissamancı.net/Makale/26/accelerometer-gyroscope-imu-nedir/> (Erişim tarihi: 01.04.2019)
- http-13:** <http://www.kulturportali.gov.tr/türkiye/eskisehir/genelbilgiler> (Erişim tarihi: 04.03.2019)
- http-14:** <http://www.sivrihisar.com.tr/eskisehir-genel-bilgiler.html> (Erişim tarihi: 04.03.2019)
- http-15:** <http://eskisehir.tarimorman.gov.tr/Menu/34/Genel-Bilgiler> (Erişim tarihi: 04.03.2019)
- http-16:** <http://www.nufusu.com/il/eskisehir-nufusu> (Erişim tarihi: 04.03.2019)
- http-17:** <http://esgaz.com.tr/tr/Eskisehir-Dogalgaz/Tarihçemiz.html> (Erişim tarihi: 05.03.2019)
- http-18:** <http://developers.google.com/ar/discover> (Erişim tarihi: 06.03.2019)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fulya DEMİRCİOĞLU
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya / 1987
E-Posta : fulyademircioglu@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2014- , Coğrafi Bilgi Sistemleri Şefi, Eskişehir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş., Coğrafi Bilgi Sistemleri Şefliği
- 2011-2014, Coğrafi Bilgi Sistemleri Sorumlusu, İzmir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş., Altyapı Bilgi Sistemleri Şefliği
- 2005-2009, Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- 2018, Uluslararası Sempozyum Bildiri, ISUEP2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük, Eskişehir, TÜRKİYE.

Ağaçsapan, B., Demircioğlu, F., Uyguçgil, H. (2018). Eskişehir İlinde Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin CBS Destekli Tanımlanması.

- 2018, Ulusal Sempozyum Bildiri, VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, Eskişehir, TÜRKİYE.

Bilgen, S.G., Demircioğlu, F., Özaşık, E., Sunerli, E., Yıldız, C., Tıraşcıoğlu, G. (2018). ESGAZ ve İZMİRGAZ Bütünleşik Altyapı Bilgi Sistemleri Projesi: Web Tabanlı CBS Uygulaması Örneği.